

AKADEMIE MÚZICKÝCH UMĚNÍ V PRAZE

**FILMOVÁ A TELEVIZNÍ FAKULTA**

Filmové, televizní a fotografické umění a nová média

Katedra kamery

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**AUDIOVIZUÁLNÍ DIGITÁLNÍ KOPIE**

**Simon Todorov**

Vedoucí práce: MgA. Martin ŠEC

Oponent práce: prof. Mgr. Jiří MYSLÍK

Datum obhajoby: 11.6.2020

Přidělovaný akademický titul: MgA

Praha, 2020

ACADEMY OF PERFORMING ARTS IN PRAGUE

**FILM AND TV SCHOOL**

Film, television, photography and new media

Cinematography department

**MASTER'S THESES**

**AUDIOVISUAL DIGITAL COPY**

**Simon Todorov**

Thesis advisor: MgA. Martin ŠEC

Examiner: prof. Mgr. Jiří MYSLÍK

Date of thesis defense: 11.6.2020

Academic title granted: MgA

Prague, 2020

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou/magisterskou/disertační práci na téma

<h3><b>AUDIOVIZUÁLNÍ DIGITÁLNÍ KOPIE</b></h3>
---

vypracoval(a) samostatně pod odborným vedením vedoucího práce a s použitím uvedené literatury a pramenů.

Praha, dne .....

.....  
podpis diplomanta

## **Upozornění**

Využití a společenské uplatnění výsledků diplomové práce, nebo jakékoliv nakládání s nimi je možné pouze na základě licenční smlouvy, tj. souhlasu autora a AMU v Praze.







## **Abstrakt**

V dnešním multimediálním světě existuje spousta prezentačních možností audiovizuálního díla a každý z nich má svá specifika. Tato diplomová práce se zabývá parametrickým popisem, co je audiovizuální digitální kopie a jaké jsou vhodné kopie pro různé účely, jaké jsou procesy zpracování a uchování digitální kopie. Účelem této práce je vybudovat kompletní představu o audiovizuální kopii a porovnat digitální proces s klasickým laboratorním filmovým procesem u vzniku, prezentaci a archivaci audiovizuálního díla.

## **Abstract**

In our modern, multimedia world, there are variety of ways to present audiovisual content and every medium has its own specifics. This thesis is exploring the parameters of audiovisual digital copy and its definition, as well as the diverse types of audiovisual digital copy, there purposes, how are they elaborated and archived. The aim of this theses is to create a complete picture of what an audiovisual digital copy is and to compare the digital a film process of an audiovisual copy creation, presentation, and archiving.



# Obsah

1. Úvod .....	1
2. Parametry digitálních kopií .....	4
2.1 Formát kontejneru .....	5
2.1.1 TIFF, DPX, DNG, JPEG, JP2 a PNG .....	7
2.1.2 WAV, AIFF, M4A a MP3 .....	9
2.1.3 EDL, XML a AAF.....	10
2.1.4 AVI.....	12
2.1.5 MOV .....	13
2.1.6 MP4 .....	14
2.1.7 MXF .....	15
2.1.8 M2TS a VOB.....	16
2.1.9 MKV.....	17
2.1.10 Tabulka kontejnerových formátů .....	18
2.2 Komprimace .....	20
2.2.1 Kompresní Algoritmus.....	21
2.2.2 Kódovací formáty .....	23
2.2.3 Barevné podvzorkování.....	25
2.3 Barevné prostory .....	27
2.3.1 CIE XYZ.....	29
2.3.2 REC 601 .....	30
2.3.3 REC709 .....	31
2.3.4 REC 2020 .....	32
2.3.5 REC 2100 .....	33
2.3.6 DCI P3 a DCI XYZ .....	34
2.3.7 sRGB .....	36
2.3.8 Adobe RGB.....	37
2.3.9 ACES.....	38
2.3.10 Barevné prostory s logaritmickou charakteristikou .....	40
2.3.11 Shrnutí .....	42
2.4 Gama, barevná hloubka a tonální mapování signálu .....	43
2.5 Rozlišení a poměr stran digitálních kopií .....	45
2.6 Progresiv a Interlaced.....	47
2.7 Datový tok .....	48
2.8 Ochrana .....	49
(DRM, CSS, TPM, AES, vodoznak, HDCP, DPCP link encryption) .....	49
2.9 HDR .....	50

3. Dělení dle účelu mezi digitální kopíí náhledovou, distribuční a archivní.....	52
3.1 Náhledová kopie.....	54
3.2 Distribuční kopie.....	56
3.3 Archivní kopie.....	61
4. Vznik digitální kopie .....	63
4.1 Výroba náhledová kopie .....	65
4.2 Výroba distribuční kopie .....	68
4.2.1 Color managment .....	69
4.2.2 Kontrolní zobrazovač .....	71
4.2.3 Pozorovací podmínky .....	73
4.2.4 Mapování úrovně signálu .....	74
4.2.5 Digitální master .....	75
4.3 Výroba archivní kopie .....	76
4.4 Kontrola vyhotovení kopie .....	79
5. Prezentace digitální kopie .....	80
5.1 Technologie obrazovek .....	81
5.1.1 LCD displej .....	82
5.1.2 LED displej.....	84
5.1.3 Plasma display.....	85
5.1.4 OLED display.....	86
5.2 Technologie promítací .....	87
5.2.1 LCD .....	88
5.2.2 DLP.....	89
5.2.3 Laser projektory .....	90
5.2.4 LED projektory .....	91
5.3 Pozorovací podmínky v reálu .....	92
6. Ukládání, přenášení a archivace digitální kopie .....	94
6.1 Media ke krátkodobému uchování .....	95
6.2 Média k dlouhodobému uchování .....	97
7. Závěr .....	100
Poděkování.....	101
Bibliografie.....	102

## 1.Úvod

Digitální kopii nazýváme digitální soubor obsahující multimediální produkt, jako například fotografii, film nebo hudební alba. Tato práce se zabývá pouze digitální kopii filmovou neboli audiovizuální a jejích parametry, zpracování, prezentací a uchování, v obrazové složce. Za digitální kopii se nedá považovat zdrojová data, cash soubory nebo preview soubory. Jejich určení jsou - primární nezpracovaná data k účelu zpracování nebo to jsou dočasné soubory, které pomáhají v různých procesech u zpracování. Cash soubory a preview soubory jsou specifické ke konkrétnímu programu a nemají možnost samostatného zobrazování mimo něj. Za kopii, můžeme považovat náhledové kopie, které obsahují jak synchronní zvuk, tak i primární barevné korekce. Jejich význam je totožný s denní prací u klasického filmového zpracování. Digitální kopie distribuční a archivní rozumíme finální vzhled filmu neboli audiovizuální dílo s veškerými finálními opravami. Liší se dle toho, zda jsou data omezená pro konkrétní distribuční medium nebo ne.

Abychom celkově pochopili audiovizuální digitální kopie tak musíme zvážit veškeré parametry obsažené v procesu a stejně takto pochopit samotný digitální soubor od vzniku až k zobrazení. Tento proces je velmi komplexní a s mnoha různými možnostmi. Rozdělíme ho na tři období - vznik, prezentace a archivace a popíšeme, které parametry kopie ovlivňuje a jak. Popíšeme také metody, které jsou vhodné vůči různým účelům kopie, jako jsou náhledy, distribuce a archivace.

Musíme si položit velmi důležitou otázku, kde kopie vzniká? U klasického filmového procesu odpověď může znít jednoduše – v laboratoři. Ano, ale kde přesně? Je to moment, ve kterém kopii čísujeme/vyrovnáváme nebo moment ve kterém exponujeme vyčíslovaný negativ na pozitivní surovinu anebo je to moment

ve kterém kopie vyvoláme? Správná odpověď je, že všechny tyto počiny jsou nezbytnou součástí vzniku kopie. U digitální kopie tyto procesy jsou principiálně stejné, akorát je nazýváme jinak a spočívají ve zpracování založené na digitálních principech. Číslování či vyrovnání v dnešní době nazýváme barevné korekce nebo color grading. Jeho vliv je naprosto stejný – původní záznam ovlivníme barevně pomocí kopírovacího zařízení – program na barevné korekce. Na rozdíl od číslování či vyrovnání dnešní proces nám nabízí mnohem větší škálu možností od složité masky, se separací barev, kontrast, saturace až po stabilizaci obrazu. Exponování pozitivu můžeme porovnat s kódováním – vzniká latentní obraz, který není samostatně viditelný a potřebuje další proces, aby obraz byl viditelný. U filmu tento proces nazýváme vyvolávání, v digitálním prostředí dekódování. Vyvolávání nebo dekódování obrazu se v dnešní době liší v tom, že každý přístroj, který kopii obdrží, tak ji vyvolá. Můžeme si to představit tak, že v kapse nebo doma na stole máte malou vlastní laboratoř. Latentní obraz vezme a vyvolá do podoby viditelného obrazu, či enkódovaný obraz dekóduje. Dalším krokem je kopie prezentovat. Pokud se pokusíme založit filmový pás 16mm do projektoru 35mm tak zjistíme, že z toho na plátně nic nevznikne, akorát kopii poškodíme. Tento problém u digitální technologie zní, zdali formát kódování naší malé kapesní laboratoře je schopen přehrát neboli dekódovat. Pokud ale založíme 35mm kopii do 35mm projektoru tak z opticko-mechanického hlediska je garantován 5% úspěch, protože máme možnost u 35mm mít 4 perforační, 3 perforační a 2 perforační formát a k tomu anamorfotický formát s faktorem 2.0x a s faktorem 1.3x a taky zvukový a nezvukový, Opengate či Letter Box formát. V digitálním prostředí se setkáváme s kódovacím formátem neboli 35mm filmem, což je celková norma. Tato norma má svá odvětví, která nazýváme úrovně. Konkrétní dekodér neboli naše malá laboratoř, může umět konkrétní formát kódování, ale to neznamená, že umí

veškeré jeho úrovně. Přeloženo do filmové technologie - do projektoru, který teoretický umí 4 a 3 perforační strhy nebudeme schopni přehrát film s 2 perforačním strhu. U klasického filmového projektoru 3 a 2 perforační strh neexistuje a všechny kopie byly opticky zkopírovány na 4 perforační formát. Tato celková norma u filmové kopie je nazývána projekční formát. Máme několik projekčních formátů které, jsou definované a jsou standartní pro promítání. U digitálních kopií existují ty samé projekční normy. Je naprosto zásadní vědět co dekodér umí a enkódovat do daného možného formátu vůči distribučnímu kanálu. V našem porovnání, filmovou kopii jsme dokázali do projektoru založit a projektor ten formát umí přehrát. Jakou má výbojku, svítí dost, je sklo před projektorem čisté a má neutrální propustnost? Tyto parametry řešíme u zobrazovače a celkově u prezentace. Její parametry se velmi liší od filmového projektoru. Výkon a barevnost výbojky jsou jedna malá součást finálního obrazu. V dnešní době existuje mnoho zobrazovačů a většina z nich neodpovídá žádné normě, jakou jsou například barevný prostor, svítivost či ostrost. Výrobce se snaží své produkty dělat finančně dostupné na úkor kvality, a nastavení se odvíjí od vůle spotřebitele a jeho vlastního expertního pohledu. U klasického filmového procesu, celé dílo bylo uloženo pouze na jeden konkrétní druh nosiče - filmový pás. V dnešní době máme těchto možností spousty. Ukládání obecně můžeme rozdělit na krátkodobé a dlouhodobé. Krátkodobé uchování je vlastně uchování, které nám umožňuje dílo transportovat nebo číst. Dlouhodobé uchování nazýváme archivace.

Abychom mohli soudit správné postupy, v těchto třech různých obdobích, a sice vzniku, prezentace a archivace, musíme znát všechny parametry, které nám kopie definuje, popsat je a oddělit je vůči účelu na který ji budeme potřebovat.

## **2. Parametry digitálních kopií**

Audiovizuální digitální kopie můžeme rozdělovat podle různých parametrů, jako jsou formát kontejner, komprimace, barevný prostor, rozlišení, poměr stran a další. Každý parametr rozebereme zvlášť a určíme, jaké jsou jeho funkce. Nadefinujeme jeho možnosti a určíme, které podoby jsou výhodné nebo nevýhodné a k čemu se dají nebo nedají použít. Každý parametr nám udává určitou kvalitu daného souboru.

## 2.1 Formát kontejneru

Formát souboru nebo formát kontejneru definuje jak se různá data a metadata spolu ukládají. Kontejnerové rodiny můžeme rozpoznat dle přípony za jménem souboru - obecně se dá říct, že každý formát kontejneru má vlastní. V jednom kontejnerovém formátu můžeme mít více proudů informací, jako například zvuková stopa, video stopa, titulky a informace o těchto souborech. Různé kontejnerové formáty mají odlišné specifikace a účely, neboli jsou schopny ukládat určité druhy dat, několik nebo pouze jeden proud. Existují i kontejnerové formáty, které jsou schopny ukládat libovolné druhy dat. V audiovizuální praxi z kontejnerových formátů, které jsou schopny ukládat pouze jeden druh informace a mají specifický účel jsou například:

- .TIFF (Target Image Format)
- .DPX (Digital Picture Exchange)
- .DNG (Digital Negative)
- .JPEG (Joint Photographic Experts Group)
- .JP2 (JPEG 2000) (.MJ2)
- .PNG (Portable Network Graphics)
- .WAV (Waveform Audio File Format)
- .AIFF (Audio Interchange file format)
- .M4A (MPEG-4 Audio)
- .MP3 (MPEG-1 nebo MPEG-2 Audio Layer III)
- .EDL(Edit decision list)
- .XML(Extendable markup language)
- .AAF(Advance Authoring Format)
- .MPV(MPEG video)
- .M2V (MPEG-2 video)

Kontejnerové formáty, které jsou schopné ukládat více druhů informací jsou například:

.AVI (Audio Video Interleave)

.MOV (Quick time file format)

.MXF (Material exchange format)

.MP4 (MPEG-4 part 14)

.M4V (MPEG-4 Video)

.M2TS (Blue ray Disc Audio Video MPEG-2 Transport Stream)

.VOB (Video Object)

.MKV (Matroska Multimedia Container)



### 2.1.1 TIFF, DPX, DNG, JPEG, JP2 a PNG

Kontejnerové formáty, které jsou určeny pouze pro statický fotografický obrázek z vyjmenovaných výše jsou TIFF, DPX, DNG, JPEG, JP2 a PNG. Obrázek bereme jako jeden druh informací. U těchto kontejnerových formátů se bavíme také o kódovacích formátech, protože v některých případech jsou spjaty a mají stejné jméno. Část problémů a zmatků kolem formátu kontejnerů a kódovacích formátů vzniká právě z těchto formátů, jako je JPEG. Je to zároveň formát kontejnerů a kódovací formát. Formát kontejnerů JPEG je schopen ukládat pouze kódovací formát JPEG. Kódovací formát JPEG, ale umíme ukládat i do kontejnerových formátů TIFF, MOV, MXF a dalších.

Kontejnerový formát **TIFF** je schopen ukládat data komprimovaně a nekomprimovaně, ztrátově a bezztrátově, jinými slovy je schopen používat různé kompresní formáty. Hlavně se používá v nekomprimované nebo bezztrátové podobě. Jeho výhodou je, že obrázek je ve velké nebo v maximální kvalitě, ale zato je datově velmi náročný. Další výhodou TIFF je rozdíl od ostatních, že podporuje Alfa kanál - informace o průhlednosti, který může být zásadní při postprodukční práci. TIFF je většinou použit pro fotografie, vytváření DSM nebo jak bylo zmíněno pro postprodukční účely.

**DPX** je velmi podobný co se týče kvality. Je vyvinutý na základě Kodak Cineon open file formátu (.cin), který ukládal naskenovaný filmový negativ. Výhodou DPX je, že umí ukládat denzitu jednotlivých barevných kanálů do nekomprimovaného logaritmického obrázku beze změny gamy naskenovaného negativu. Díky této vlastnosti je jedním z oblíbených formátů, co se týče statického obrazu. S ním se setkáváme hlavně v digitální postprodukci, jako intermediát pro bezztrátové přenášení VFX záběru. Používáme ho také jako formát pro archivaci. Po různých obnovení od roku 1994 do roku 2018 DPX umí ukládat nově HDR obraz.

Jeho nevýhoda je stejná jako u ostatních bezztrátových a nekomprimovaných formátů - množství dat.

Pokud budeme vnímat DPX jako digitální podobu filmového negativu tak jeho nejbližší formát je **DNG** Dle jeho názvu, digitální negativ, je nám zřejmé, že je to nejbližší formát v digitálním prostředí, jako je filmový negativ v laboratorním procesu. Liší se od ostatních v tom, že primární účel DNG je ukládání bezztrátových surových dat, stejně jako **.R3D**, **.ARI**, **.ARW** a další. DNG je formát, který se používá jak u primárního záznamu v kameře tak i jako archivační formát. Další jeho výhodou je, že je volný k použití a nejsou s ním spojeny žádné poplatky pro implementaci na rozdíl od většiny kontejnerových formátů a kompresních formátů.

**JPEG** a **JP2** jsou kontejnerové formáty spojené se jménem stejných kompresních formátů. Jejich výhodou je, že jsou schopny ukládat komprimovaně. Ziskem jsou mnohem menší data s vizuálně podobným výsledkem. JPEG je formát z roku 1992 a JP2 je formát, který je vyvinutý na základě JPEG, ale používá jinou komprimační metodu. Jeho výhodou je, že je datově menší a má lepší obrazové charakteristiky oproti JPEG. Nevýhodou samozřejmě je, že nenesou celou informaci a při opakované editaci se pokaždé soubor komprimuje znovu – dochází k větším ztrátám. U souboru JP2 jsme, schopni také komprimovat do vizuálně bezztrátové komprese a díky tomu je volba pro DCI kompresní formát.

Co se týče obrazu, mnohem lepší a úspornější je kontejnerový formát **PNG** Možností které nám nabízí u komprese je mnohem víc a díky tomu, za stejnou kvalitu obrazu využíváme pouze třetinu úložného prostoru. Tento formát je určen primárně pro internet, z toho vyplývá jeho nevýhoda a to sice ta, že podporuje pouze RGB nebo RGBA barevné modely a nepodporuje YUV barevný model, který je u audiovizuální workflow zásadní. PNG také pracuje pouze v 8bitové hloubce.

## 2.1.2 WAV, AIFF, M4A a MP3

Další kontejnerové formáty, které ukládají jeden druh informace, jsou WAV, AIFF, M4A a MP3. Všichni čtyři jsou výhradně zvukové formáty. Mezi WAV a AIFF je rozdíl pouze historický, oba jsou kontejnerové formáty, které jsou určeny pro bezztrátový nebo většinou nekomprimovaný zvuk. Jeden je vyvinutý ze společnosti IBM a Microsoft a druhý ze společnosti Apple. Výhody a nevýhody mají stejné jako ostatní bezztrátové formáty. Další dva kontejnerové formáty M4A a MP3 nesou komprimovaný ztrátový audio signál podle formátu MPEG-4 part 14 a většinou MPEG-2 (MPEG-1 se téměř nepoužívá). Vzhledem k velikosti souboru se MP3 používá velmi rozšířeně již od roku 1998 jako formát hudby. MP3 formát udělal revoluci v spotřebitelském trhu díky zařízením, které ho uměly přehrávat a ty byly mnohem menší než ostatní přehrávače té doby a zároveň uměly ukládat mnohem víc alb. MP3 se dodnes používá v mnoha případech. M4A stejně jako MP3 byl původně myšlen jako doprovodný soubor k danému video souboru. Ukládá pouze zvukovou stopu ve standardu MPEG-4 part 14, ale jeho zajímavé deriváty se používají i jinak, například .M4P má schopnost ochrany DRM, která se používá při prodeji hudby na iTunes. Pouze prémiový uživatelé jsou schopni dostat nechráněné verze a sice .M4A. Další derivát je .M4B který se používá u audioknih a má cenou schopnost zapamatovat si, kde jste naposledy poslouchání ukončil a pokračovat z tohoto časového bodu. Další derivát je .M4R který se používá na melodie při vyzvánění vašeho mobilního telefonu.

### 2.1.3 EDL, XML a AAF

V kategorii kontejnerových formátů s jedním druhem informací další jsou EDL, XML a AAF<sup>1</sup>. Všechny tři jsou schopny ukládat pouze textové informace. Kontejnery **EDL** a **AAF** jsou specifické a jsou používány pouze v audiovizuálním průmyslu. Kontejner **XML** se používá pro mnoho různých účelů, jde o obecný značkovací jazyk. Z historického hlediska je nejstarší EDL, pochází z doby filmové. Edit decision list nebo česky stříhová soupiska, je informace o stříhu. V roce 1995 se začala rozšířeně používat v digitální podobě .EDL<sup>2</sup>. Stejně tak jako na papírovém nosiči EDL se ukládají informace o čísle stříhu, z které laboratorní role pochází, jak je záběr dlouhý a kde leží v časové ose. V minulosti existovalo spousta standardu EDL od společnosti jako např. CMX, GVG, Sony a další. V dnešní době používáme CMX3600<sup>3</sup> jako standard, který vyhovuje dnešním potřebám. Rozdíl mezi EDL a AAF spočívá v množství video stop, které umí ukládat. EDL umí pouze jednu video stopu. AAF na druhé straně společně s XML jsou schopny ukládat informace o více video stopách a současně i zvukový stříh, prolínačky, informace o transformaci obrazu, použité filtry a další parametry. EDL je již dlouho používaný formát a díky tomu je spolehlivý. Většina ne-li všechny počítačové programy pro zpracování obrazu s ním umí zacházet. Jeho nevýhoda je limitace pouze na jednu video stopu. AAF a XML to na druhou stranu umí. Jsou to jejich výhody, ale zároveň tvoří i jejich nevýhody - u těchto souborů může přejít ke špatnému čtení a nám může způsobit nepřesnosti či úplně špatné přenášení informací. Spolehlivost je menší než u EDL a ne všechny programy s nimi umí zacházet. U XML je také důležité vědět, že je schopen ukládat i pouze titulky a je k tomu dost často používán.

---

<sup>1</sup> AAF je binární formát a umí ukládat ji obraz a zvuk ale se k tomu nepoužívá

<sup>2</sup> První EDL formát byl stanoven společností CMX v roce 1971

<sup>3</sup> Ve formát FILE 32, další rozšíření standard je FILE 16

Poslední dva kontejnerové formáty s informací jednoho druhu, které v seznamu máme jsou **MPV** a **M2V**. Tyto dva kontejnerové formáty, jsou určeny výhradně pro MPEG-1 video stopu a MPEG-2 video stopu. Jejich výhodou je, že hned na první pohled jsme schopni říct, co obsahují za informaci, to je i zároveň jejich nevýhoda a sice ta, že může obsahovat pouze ten svůj kódovací formát. To je liší od všech ostatních kontejnerových formátů videa, které obsahují video stopu, zvukovou stopu a další proudy informací jako titulky, timecode a další.

## 2.1.4 AVI

Jako první pravý audiovizuální kontejnerový formát rozebereme i zároveň ten pravděpodobně nejstarší a sice .AVI. Vzniknul v roce 1992 ve společnosti Microsoft jako její multimedialní kontejnerový formát, byl využíván v programu Video for Windows. AVI je pod formát RIFF-u stejně jako je WAV a funguje na stejném principu. U kontejnerového formátu AVI jsme teoreticky schopni ukládat libovolný druh komprimační metody, ale díky tomu, že některé součásti funkce chybí, se to musí dělat skrze nestandardní proces, což dělá takový soubor mnohem méně podporován. Takový příklad je kódovací formát MPEG-4. Jsme schopni ho do něho ukládat, ale je to metoda která se nepoužívá. Pro MPEG-4 již existují mnohem pružnější kontejnerové formáty. Nevýhod AVI je spousta, jako například absence informací o poměru stran obrazu, absence podporování timecodu, absence možnosti použití variabilního datového toku u komprese a další. I přestože jeho nevýhod jsou spousta, v roce 2010 Národní Archiv Spojených Států oznámil AVI jako oficiální kontejner pro archivaci filmového obrazu, hned po ukládání jednotlivých snímků ve formátu DPX. Z toho nám vyplývá jeho použití, je sice nevhodný pro náhledové či distribuční kopie, ale v dnešní době je vhodný pro archivační kopie.

### 2.1.5 MOV

MOV je možná jeden z nejrozšířenějších kontejnerových formátů v audiovizuální produkci, díky své schopnosti ukládat nekomprimovaně a komprimovaně. Kódovací formáty které umí jsou MPEG-4 AVC, MPEG-H HEVC a také, jako jeden ze dvou kontejnerových formátů umí AppleProRes a QuickTime Animation. Jeho využití najdeme jak u primárního záznamu tak i u kopie, která slouží jako DSM i přesto, že tato metoda je nesprávná. Jeho nevýhody jsou velice malé, a sice že umí pouze dva druhy titulků a neumí mnoho kódovacích formátů, jinak jeho schopnosti jsou variabilní datový tok u zvuku i obrazu, variabilní počet obrázků za vteřinu, je schopen rozdělovat audiovizuální soubor na kapitoly, metadata, interaktivní menu a je vhodný k streamování či jako příloha, dále pak umí pro něj nestandardní 3D. Další výhodou je, že ho umí číst hardwarové přehrávače. Díky všem těmto vlastnostem je kontejner nejvíce preferován v audiovizuálních řetězcích.

### 2.1.6 MP4

MP4 je možná nejbližší kontejnerový formát k MOV, co se týče schopností. V podstatě umí parametricky všechno co MOV a navíc umí více kódovacích formátů. Ty co třeba MOV neumí a MP4 ano, jsou například Motion JPEG 2000, Microsoft MPEG4 V2, Real Video, Theora, VP8, VP9, AV1 a MVC. Samozřejmě existují i kódovací formáty, které neumí a to jsou právě ty nativní pro MOV Apple ProRes a Animation. Co se týče audio kódovacího formátu, MP4 má větší možnosti než MOV. Odvětví kontejnerového formátu MP4 od společnosti Apple je M4V. Je v podstatě identický k MP4, jediný velký rozdíl je, že M4V umí být chráněn pod normu DRM, což používá iTunes ve svém ochranném programu FairPlay.



### 2.1.7 MXF

MXF je kontejnerový formát který vzniknul pro profesionální využití na základě požadavků lidí pracujících v audiovizuální sféře. Jeho vývoj začal v roce 1999 na schůze SMPTE. Jeho první specifikace vyšli v roce 2002. Jako profesionální kontejnerový formát je velmi konzervativní. Jeho možnosti na rozdíl od MOV a MP4 jsou omezené, což tvoří jeho výhody a nevýhody. Je schopen ukládat pouze několik druhů kódovacích formátů, jak zvukový tak i obrazový, málo druhů titulků, není možné ho streamovat, nemá možnost implementaci interaktivního menu a také neexistuje spotřebitelský hardwarový přehrávač, kromě DCP projektoru. Je velmi spolehlivý při přenášení dat a práce s nimi. MXF je vhodný pro mezi krokovou fázi zpracování a je zároveň i volbou DCI pro obrazový kontejnerový formát. Od roku 2017 se specifikací SMPTE RDD 44:2017-11, MXF podporuje Apple ProRes, jako druhý kontejnerový formát. MXF byl nejvíce používán ve stříhovém programu Avid Media Composer. Od roku 2019 si společnost ARRI zvolila tento formát kontejneru pro záznam u Alexa LF.

### **2.1.8 M2TS a VOB**

M2TS a VOB jsou dva kontejnerové formáty v principu velmi podobné. Oba jsou určeny pro prezentaci a pro konkrétní druh prezentace. Jako první si popíšeme kontejnerový formát VOB, který je určený pro DVD-Video. Je velmi omezen ve svých možnostech a to správně vůči jeho účelu. Vzhledem k tomu, že je určen hlavně pro prezentaci, VOB umožňuje kódovací formáty obrazové a zvukové, titulky či další funkce které jsou DVD přehrávače schopné přečíst. Kontejnerový formát M2TS je identický VOB v tom, že umí to samé, co se týče jeho určení a sice Blu-Ray Disk Audio-Video. Jeho faktické možnosti jsou více než VOB, ale nepřesahují možnosti přehrávače. VOB je kontejnerový formát vyvinutý od DVD Fórum a M2TS od Blu-Ray Disk Association.

### 2.1.9 MKV

Poslední multimedialní kontejnerový formát, který rozebereme je MKV (Matroska Multimedia Container). Je to jeden z mála kontejnerových formátů, který je volný k použití, neboli open source. Jeho specifikace nám dovoluje uložit virtuálně neomezený druh dat a díky tomu je schopen ukládat největší množství kódovacích formátů, obrazové a zvukové. Jeho schopnosti metadat, streamování či jiných nemají konkurenci. Tyto jeho výhody, jsou velmi nevhodné pro profesionální použití. To množství možností tohoto kontejnerového formátu nám ukazuje na první pohled neidentifikovatelný soubor. Možnosti přečtení v daném programu nejsou samozřejmé, což v profesionálních podmínkách může způsobit velké problémy a zpomalení procesu. Jeho určení většinou vidíme při prezentaci, hlavně ve volné distribuci v internetovém prostředí. Jednou jeho vlastností je, že podporuje neomezené množství videostop, což by se dalo použít ve vzdělávacím procesu a také i u prezentací s více možnostmi výsledného produktu. Ve vzdělávacím procesu by se dalo v jednom souboru mít jak původní záznam, tak i každý krok až k finální podobě. Díky této možnosti by byl divák nebo student schopen přepínat mezi jednotlivými fázemi v reálném čase. Tato vlastnost by z něj udělala neuvěřitelný nástroj pro výuku. Podobně by se to dalo použít u prezentace před klientem či autorem jako před/po neboli několik variant barevných korekci či triků. Tato možnost se v současné době ještě nepoužívá.

### **2.1.10 Tabulka kontejnerových formátů**

Po přehledu těchto jednotlivých kontejnerových formátů se nám nabízí přehledná tabulka pouze audiovizuálních kontejnerových formátů a jejich možností. Jsou kontejnerové formáty, které nejsou součástí této kapitoly a většina z nich jsou určeny k primárnímu záznamu, jako jsou různé RAW kontejnerové formáty, anebo jsou to kontejnerové formáty, které jsou málo používané v dnešní době.

# MULTIMEDIALNÍ KONTAJNEROVÉ FORMÁTY

Obrázové Kódovací Normy

	AVI	MOV	MP4	MXF	VOB	M2TS	MKV
DV	✓	✓	✓	✓			✓
MPEG-1 Video	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MPEG-2 Video (H.262)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
H.263	✓	✓	✓				
MPEG-4 Visual	✓	✓	✓	✓		✓	✓
MPEG-4 AVC (H.264)	✓	✓	✓	✓		✓	✓
MPEG-H HEVC (H.265)	✓	✓	✓				✓
Motion JPEG	✓	✓	✓				✓
Motion JPEG 2000			✓	✓			
Apple ProRes		✓		✓			
QuickTime Animation		✓					
HuffYUV	✓						✓
AOMedia Video 1 (AV1)			✓				✓
YCbCr	✓	✓	✓	✓			✓
VC-3			✓	✓			

Zvukové Kódovací Normy

	AVI	MOV	MP4	MXF	VOB	M2TS	MKV
AAC	✓	✓	✓	✓		✓	✓
FLAC	✓						✓
LPCM	✓	✓	✓	✓	✓		✓
MP3	✓	✓	✓	✓	✓		✓
WMA Lossless	✓						✓
WMA	✓						✓
MP1	✓		✓	✓			✓
MP2	✓		✓	✓	✓		✓
DV-Audio		✓	✓	✓			
Dolby TrueHD			✓			✓	✓
DTS-HD			✓			✓	✓
AC-3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Funkce

	AVI	MOV	MP4	MXF	VOB	M2TS	MKV
Metadata	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Volná licence				✓			✓
Variabilní FPS	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Variabilní BitRate pro zvuk	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Kapitoly		✓			✓	✓	✓
Interaktivní menu		✓	✓		✓	✓	
Streaming		✓	✓			✓	✓
3D		✓	✓	✓		✓	✓
Komerční zařízení na přehrávání	✓	✓	✓		✓	✓	✓

Format Titulek

	AVI	MOV	MP4	MXF	VOB	M2TS	MKV
ASS, SSA							✓
DVB-SUB				✓			✓
PGS						✓	✓
SMIL		✓					
SMPTE-TT				✓			
SubRip							✓
TextST						✓	✓
TTXT		✓	✓				
VobSub			✓		✓		✓
WebVTT			✓				✓

## 2.2 Komprimace

O video souborech můžeme přemýšlet vzhledem obsahu dat jako o komprimovaných a nekomprimovaných. Nekomprimované soubory jsou soubory, které obsahují plnou informaci a nevyužívají žádný kompresní algoritmus. Komprimované jsou naopak soubory, které využívají komprimační algoritmus za účelem kódování a můžeme je zásadně rozdělit na dva druhy - ztrátové a bezztrátové. Bezeztrátové můžeme popsat jako druh komprimace, u které se o žádnou informaci nepřijde, ale jsou datově náročné. Jejich kompresní poměr je většinou 1:2. Ztrátové komprimace jsou naopak druh komprimace, u které ne celá informace je uchována za účelu snížení objemu dat. U ní se můžeme pohybovat v kompresním poměru 1:4 až 1:100. Audiovizuální kopie může existovat jak v komprimované tak i v nekomprimované, ztrátové a bezztrátové podobě, ve většině případech se setkáváme se komprimovanou ztrátovou kopií.

## 2.2.1 Kompresní Algoritmus

Kompresní algoritmus je princip jak se data ukládají tak abychom nemuseli zapsat veškeré informace, zjednoduší je skrz nějaký matematický princip. Jednoduchý příklad je zkomprimovat 11122111. Můžeme to vyjádřit jako  $1^3 2^2 1^3$  nebo  $3^2 2^3$ . V tomto příkladě je vidět, že využíváme 2/3 nebo 1/2 znaků, abychom popsaly jednu a tu samou věc, na základě které můžeme původní soustavu identicky zrekonstruovat. Tento příklad můžeme nazvat bezztrátovou kompresí. Pokud vezmeme ten samý příklad a zprůměrujeme hodnoty 11122111, tak můžeme tuto číselnou soustavu zapsat jako 1.25, anebo dokonce jako 1. U tohoto druhu komprese se bavíme o ztrátové kompresi. U ní by byla zrekonstruovaná data přibližná - 12111121, anebo 11111111. Tento samotný příklad je velmi nepřesný, ale dává nám představu jak zhruba komprese můžou fungovat. Celkově obrazovou kompresi můžeme rozdělit na dva druhy/části a sice Intra Frame in Inter Frame. Intra Frame znamená, že obrázek komprimujeme pouze v rámci jednoho snímku, jako například u JPEG. Inter Frame znamená že využíváme návaznosti mezi oddělnými snímky, neboli komprimujeme je v časové ose. Princip spočívá v tom že zaznamenáváme pouze změny, který nastaly. Používáme k tomu 3 typu snímků - I frame, P frame a B frame. I frame je klíčový snímek, u kterého zaznamenáváme celou informaci a je v Intra kompresi. P frame je snímek, u kterého zaznamenáváme pouze změny, který nastávají. Třetí druh snímku je B frame, u kterého se informace dopočítávají. Pokud bereme, že I frame nosí celou informaci o snímku tak P frame nosí poloviční a B frame nosí pouze čtvrtinu původní informace. Tento princip komprese je velmi rozšířený. Konkrétní kompresní algoritmy které používáme u různých formátů kódování jsou například DPCM(Diferenční pulsně kódovaná modulace), DWT(Diskrétní vlnková transformace), DCT(Diskrétní kosinová transformace) a MC (Pohybová komprese).

Nejvíce používány jsou DCT a MC a jejich hybridní forma označovaná jako MC DCT(Motion-Compensated DCT ) nebo BMC(Block Motion Compensation). Například DPCM je kódovací formát H.120 z roku 1984. Příklad pro DWT je MotionJPEG2000 z roku 2001, který je vylepšenou verzí MotionJPEG z roku 1992, u které se používá DCT algoritmus. Příklady pro DCT a MC algoritmy a jejich hybridní formu jsou H.261, H.262/MPEG-2 part2 , H.263, H.264/MPEG-4 AVC, H.265/MPEG-H HEVC, H.266/VVC, AppleProRes, MPEG-1 Part 2, MPEG-4 part 2, DV, Theora, VC-1, AV-1 a další. Nad kompresním algoritmem můžeme přemýšlet jako nad laboratorním zpracováním suroviny, neboli jaký použijeme chemický proces a také jakou použijeme kopírku.



## 2.2.2 Kódovací formáty

Kódovací formáty jsou stanovené normy, standardy které používají kompresní algoritmus, aby ukládaly zvolený druh dat svým vlastním jazykem, systémem. Abychom mohli data do určitého kódovacího formátu dostat, tak data kódujeme skrz zařízení nebo program, který nazýváme Enkodér. Abychom mohli původní data zobrazit tak používáme Dekodér. Obě zařízení nebo programy nazýváme obecně kodek. O kódovacím formátu můžeme přemýšlet jako o formátu filmového pásu. Jestli je to 8mm, 16mm nebo 35mm jsou fyzicky dané normy stejně tak jako jsou kódovací formáty. Každý má své parametry a možnosti. Většina kódovacích formátů jsou pod určitou licenci, kterou výrobce enkodéru a dekodéru platí. Z historického hlediska se jedná o dost podobný případ, jako jsou patentní práva Edisona na 35mm film v letech 1896-1902. Rozdíl najdeme v tom, že Edisonův patent se vztahoval na 35mm šířku pásu s 4 perforačním strhem, na rozdíl od dnešní kódovací normy, která nám definuje mnohem větší spektrum možností. Kódovací formát ve filmu je například KODAK VISION 2383/3383. V něm je definováno množství a druh světlo citlivé látky, druh krystalů halogenidů stříbrného, barevné podání, množství antireflexní vrstvy, neboli je definován konkrétním způsob a vzhled uložených informací. Když si to vezmeme tak, ale mezi Kodak VISION 2383 a Kodak VISION PREMIER 2393 jsme schopni určit rozdíly. Jsou to dvě různé emulze s různými parametry. Tyto jednotlivé emulze nazýváme úrovně kódovacího formátu. Například Apple ProRes je formát kódování a konkrétní úroveň je Apple ProRes 422 HQ.

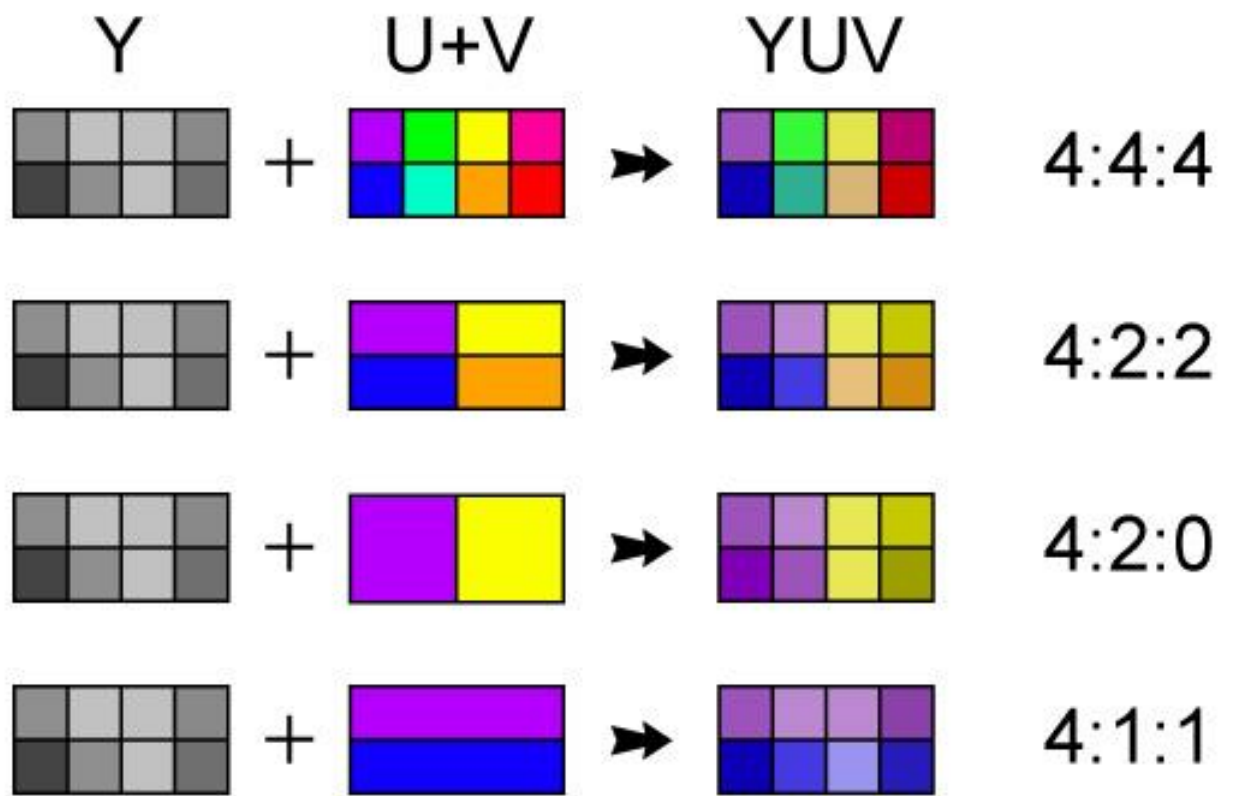
Tabulka níže nám názorně ukazuje korelaci mezi kompresním algoritmem, kódovacím formátem a jejich úrovně.

# KOMPRESSE

		NEKOMPRIMOVANE		
		RGB 4:4:4		
		YCbCr/YUV 4:4:4		
KOMPRIMOVANE	BEZEZTRATOVÉ	KOPRIMACNI ALGORITMUS	FORMAT KODOVANI	ÚROVEŇ
		RLE (Run-length encoding) + CR (conditional replenishment)	QuickTime Animation/ Quicktime RLE	Animation
		MC i DCT (Motion -Compensated integer-Discrete cosine transform)	H.264	H.264 lossless / Hi444PP, 244
		DCT (Discrete cosine transform) + DST (Discrete sine transform )	H.265	H.265 lossless / Main 4:4:4 16 intra
		DWT (Discrete Wavlete Transform)	JPEG 2000	Motion JPEG 2000 lossless
		BMC (Block Motion compresion)	AOMedia Video 1 (AV1)	AV1
		Huffman coding	HuffYUV	HuffYUV
	ZTRATOVÉ	KOPRIMACNI ALGORITMUS	FORMAT KODOVANI	ÚROVEŇ
		DCT + variace	Motion JPEG	MJPEG
			MPEG-1 part 2	MPEG
			H.262 / MPEG-2 part 2 (MPEG 2 Video)	MPEG2
			MPEG-4 part 2 (MPEG-4 Visual) MPEG-4 ASP	-DivX -Xvid -FFmpeg MPEG-4 -Nero Digital a další
			Advance Video Coding / H.264 / MPEG-4 AVC	-AVCHD -AVC-intra -XAVC -QuickTime 7 H.264 a další (že výrobce, implementace, použitého profilu a úrovní.
			High efficiency video coding / H.265 / MPEG-H HEVC	-arowana xvc -Bytedance -HW265 -Intel MS DK HEVC (GA) -sz265 -Kingsoft HEVC Encoder -Tencent Shannon Encoder -UC265 -x265 -xin265 a neznáme množství dalších (v řadě tisíce)
AppleProRes			-Apple ProRes 422 Proxy -Apple ProRes 422 LT -Apple ProRes 422 -Apple ProRes 422 HQ -Apple ProRes 4444 -Apple ProRes 4444 XQ -Apple ProRes RAW a další budoucí	
AOMedia Video 1 (AV1)		AV1		
		VC-3	DNxHD	
DWT (Discrete Wavlete Transform)	JPEG 2000	Motion JPEG 2000 lossy		
Ještě neznámí	Versatile Video Coding / H.266 / MPEG I part 3	Ještě neznámí		

### 2.2.3 Barevné podvzorkování

Barevné podvzorkování je způsob komprese barevné informace, vychází z fyziologie lidského zraku, a to sice tak, že máme větší schopnost vnímat jas než barvu a dále pak lidské oko je mnohem citlivější na zelenou část spektra. Barevné podvzorkování má za účel komprimovat barevnou informaci v obraze a zanechávat u pozorovatele stejný obrazový vjem. Uskutečňuje se to tak, že se informace o barvách zprůměruje a informace o jasu se zachová. Barevné podvzorkování využíváme pouze v barevném modelu YUV, respektive Y'CbCr, u kterého Y je informace o jasu, a Cb Cr jsou hodnoty/koordináty o barvě. Barevné podvzorkování se označuje v hodnotách 4:4:4, 4:2:2, 4:2:1, 4:1:1, 4:2:0, 4:1:0, 3:1:1 a další. U audiovizuální kopie a u primárního záznamu se můžeme setkat se všemi variacemi. Celkově nejpoužívanější podvzorkování v dnešní době jsou 4:4:4, 4:2:2 a 4:2:0. **4:4:4** znamená to, že barvy nejsou podvzorkované ani horizontálně ani vertikálně – jinými slovy bez podvzorkování. Používáme tento model u DCP distribuce jen s výjimkou na 2K 48fps. 4:4:4 je také správný model pro výrobu archivních kopií. **4:2:2** znamená, že v horizontální rovině jsou barevné složky na polovině. Jinými slovy, pokud si představíme, blok 2x4 pixelu tak u 4:4:4 každý pixel má svoji barvu. U 4:2:2 vertikální barvy zůstávají stejné, ale v horizontální rovině každé 2 pixely mají stejnou barvu. Toto podvzorkování je velmi rozšířené u nahrávacích zařízení, i přestože to není úplně správné. Setkáváme se s ním hlavně na internetu a TV distribuci. 4:2:0 znamená podvzorkování ve vertikální i v horizontální rovině, výsledek je že 4 pixely vedle sebe mají stejnou barvu. Toto podvzorkování se využívá u DVD a Blu-Ray.



## 2.3 Barevné prostory

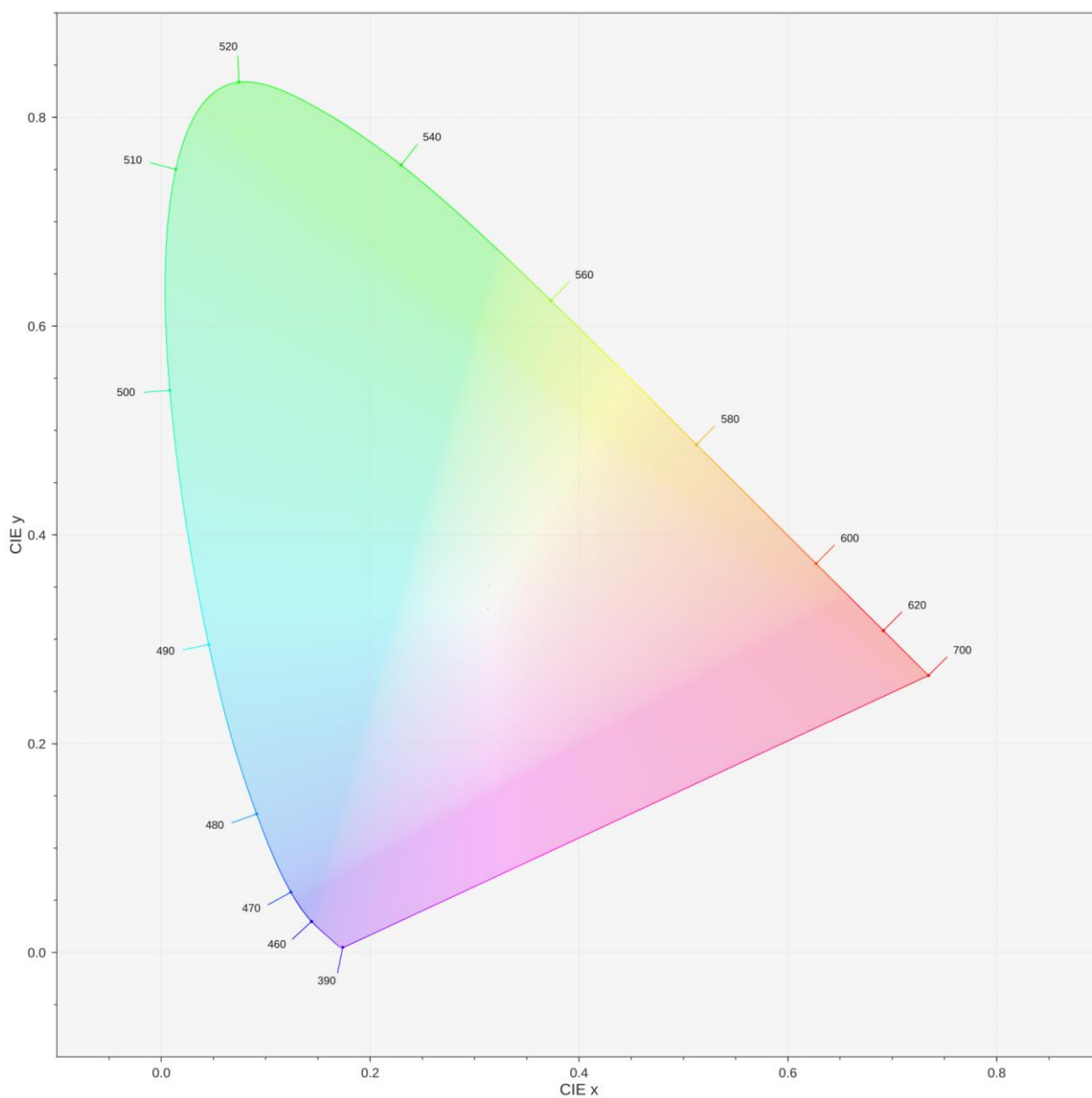
Barevný prostor definuje konkrétní množství barev, které je určité zařízení schopno zaznamenat, zobrazovat či reprodukovat a jeho gamut je přesně definován za pomoci CIEXYZ nebo CIELAB společně s jeho barevným modelem. Gamut nebo barevný gamut je vlastně dosažitelná oblast barev, kterou je barevný prostor schopen reprezentovat správně a barvy mimo něj budou zobrazovány přibližně. Barevné prostory můžeme rozdělit na dva druhy - obecný barevný prostor a absolutní barevný prostor. Obecný barevný prostor je prostor, který je vytvořen na základě nějakého barevného modelu jako RGB, ale jeho parametry nejsou definované. Naopak absolutní barevný přesně definuje mapování barev ve spektru viditelného světla. Z obecného barevného prostoru můžeme udělat absolutní barevný prostor pomocí měření parametrů a vytvoření ICC profilu. Nadefinujeme jeho bílý bod, který je podmínkou pro absolutní barevný prostor. Když z obecného barevného prostoru uděláme absolutní barevný prostor jsme schopni reprodukovat barvy správně. Právě tento problém je jeden ze základních úskalí správné prezentace audiovizuálního díla v dnešní době. Spousty spotřebitelských zobrazovačů nemají od výrobce nadefinován absolutní barevný prostor a zobrazovač mapuje barvy dle přibližné hodnoty, což samozřejmě obraz zkresluje. Toto samozřejmě platí vzhledem k továrnímu nastavení a preferencí diváka a do rovnice nepočítáme jeho prostředí, které je velkou součástí výsledného vjemu.

S barevným prostorem se setkáváme ve veškerých zařízeních, které jsou součástí tvorby audiovizuálního produktu a každé zařízení má svůj barevný prostor, u některých je volitelný. Celý tento proces nazýváme Color Management a je to velmi křehký proces vzhledem k veškerým možnostem které nám nabízí, technologickým úskalím a požadavkům které se něj kladou. Abychom pochopili jak

je Color management složitá disciplína, musíme se seznámit s prostory, které v dnešní době jsou nejčastěji používány. Podíváme se na jejich parametry, ale hlavně na jejich gamuty.

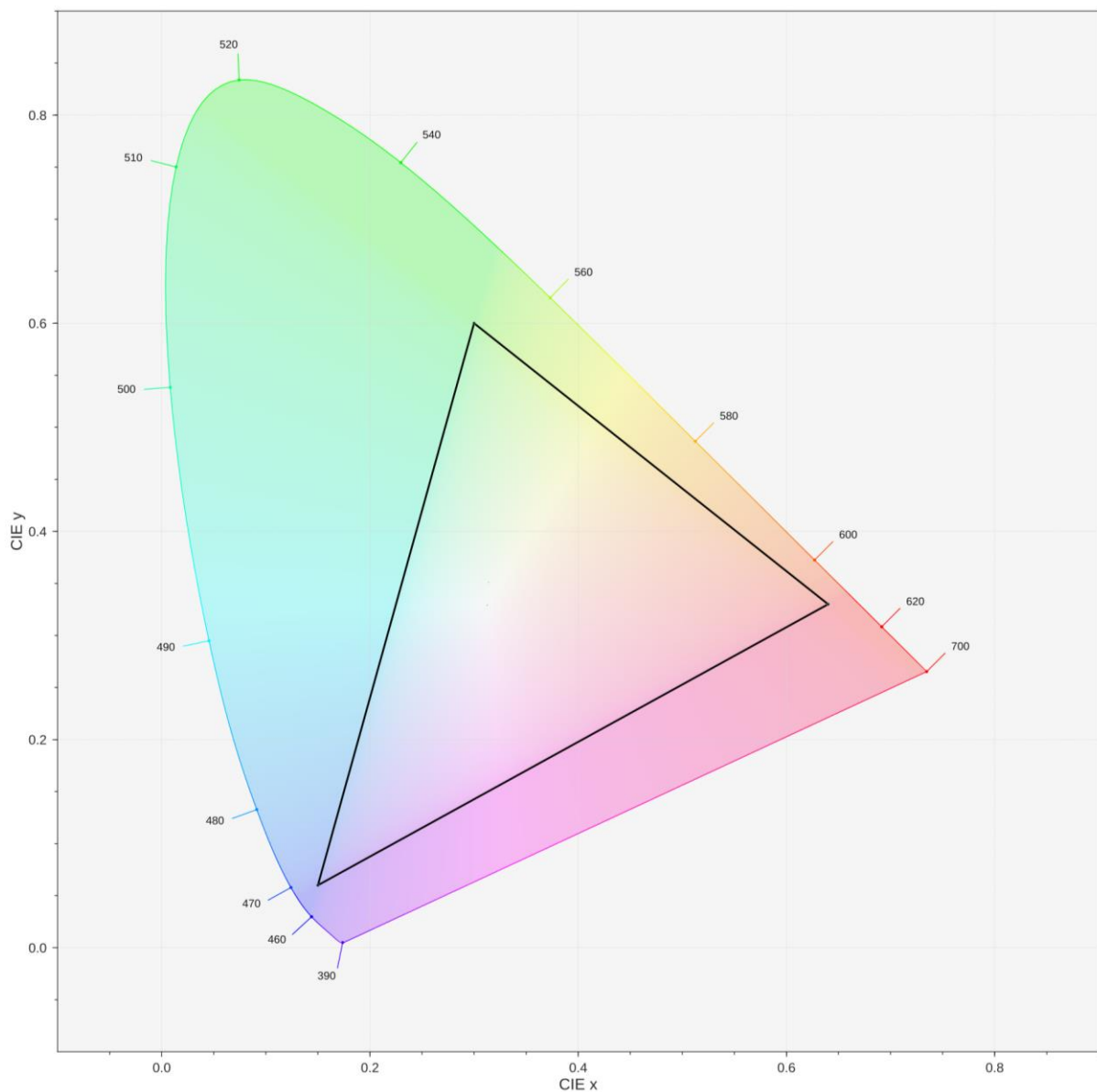
### 2.3.1 CIE XYZ

CIE XYZ je barevný prostor vytvořený v roce 1931 od Mezinárodní komise pro osvětlování (Commission internationale de l'éclairage) na základě experimentu začínající v roce 1920. CIE XYZ se také nazývá Diagram chromatičnosti, CIE1931 anebo XYZ. Jeho nejzásadnější funkce je, že nám popisuje veškeré barvy viditelného spektra. Barevný prostor je používán jako základ pro porovnání veškerých ostatních barevných prostorů.



### 2.3.2 REC 601

REC601 vzniknul v roce 1982 jako standard pro půl snímkové analogové video. Existují dvě modifikace tohoto prostoru, které jsou definovány pro PAL a pro SECAM, ale až v roce 2007. Oba barevné prostory sdílejí stejný bílý bod, ale jejich parametry se v primárních barvách trochu liší. Od vzniku této normy až do roku 2007 nebyl definován gamut přesně.



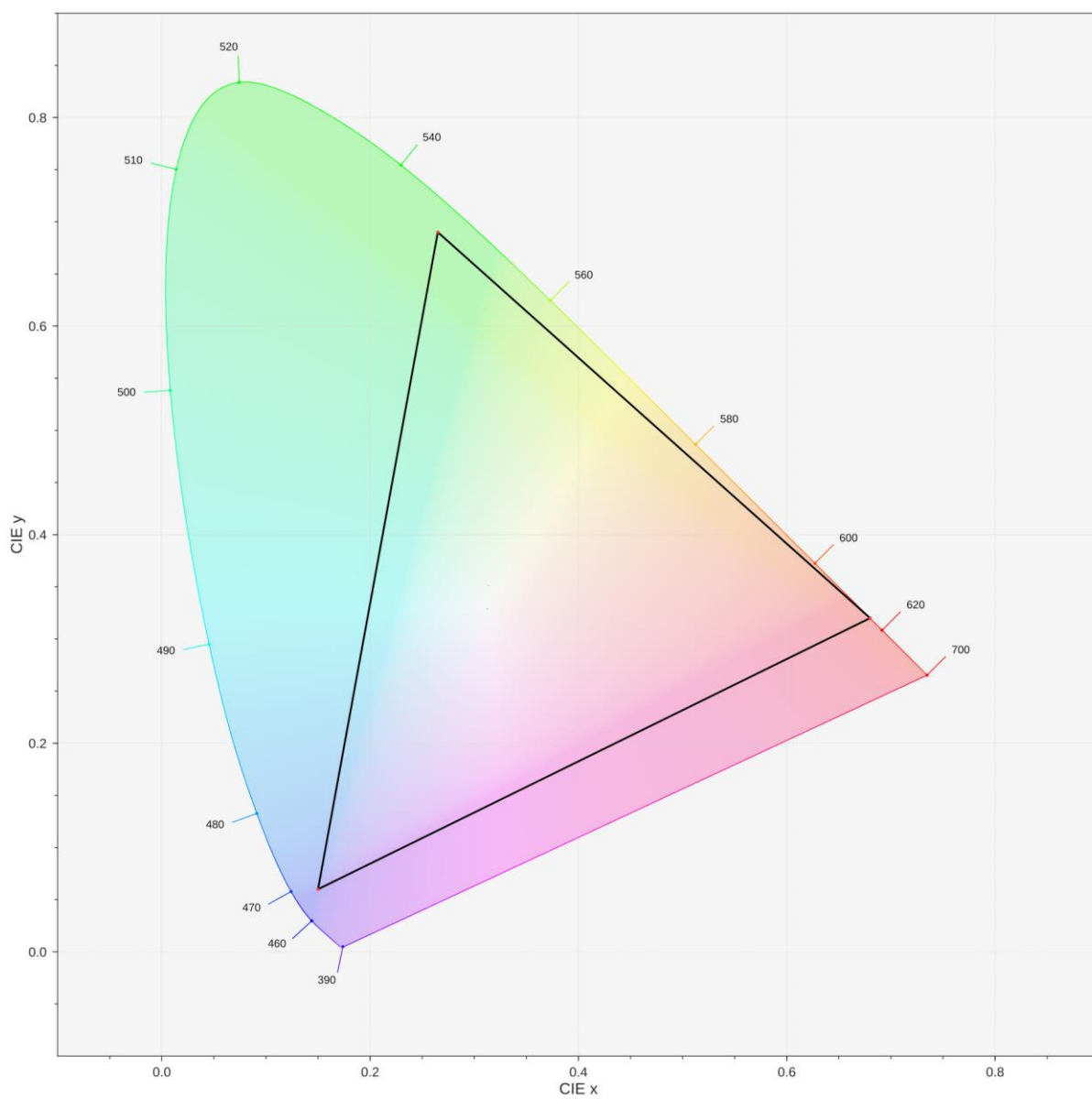


### 2.3.3 REC709

REC709 je dodnes jeden z nejpoužívanějších barevných prostorů a je to absolutní barevný prostor. Jeho první publikace byla v roce 1990. Jména pod kterým ho můžeme potkat jsou také BT.709, ITU.709 a ITUR BT709. Tento barevný prostor je součástí větší specifikace ITU-R Recommendation BT.709, která nám také definuje rozlišení, počet snímku za vteřinu, barevné schéma, hloubku barev a další. ITU-R 709 je standard pro HD televize a to je důvod proč se s ním často setkáváme. Bílý bod tohoto barevného prostoru je D65. Jako barevný prostor vzniknul na základě REC601 a jeho gamut je téměř stejný. Ve srovnání s jiným prostorem jako je Adobe RGB, REC709 má malý barevní gamut. Velmi podobný prostor v porovnání s REC709 je Apple RGB, jejich gamuty jsou téměř stejné. V dnešní době vnímáme gamut REC709 jako standard a všechny prostory s větším gamutem nazýváme WCG (Wide color gamut).

### 2.3.4 REC 2020

Specifikace REC2020 je naprosto identická, co se týče vzniku a smyslu v porovnání s REC709. Je definovaná v roce 2012 a její určení je UHDTV. ITU-R Recommendation BT.2020 opět definuje všechny parametry, které byly definované REC709, ale s aktuálními potřebami UHDTV. Barevný gamut a prostor je v porovnání s REC709 dva krát větší. Specifikace REC.2020 také nám definuje 10 a 12bit barevnou hloubku na rozdíl od REC709 který nám definuje 8 a 10bit.



### **2.3.5 REC 2100**

REC2100 je specifikace vyvinutá na základě REC2020 a většina parametrů se neliší, co se týče gamutu a barevné hloubky. Její rozdíl spočívá hlavně v gamě, jelikož REC2100 byl vyvinutý pro HDR a používá HLG - hybrid log gama. Rozdíl také je, že podporuje ICtCp barevný model, který byl vyvinutý pro účely REC2100.

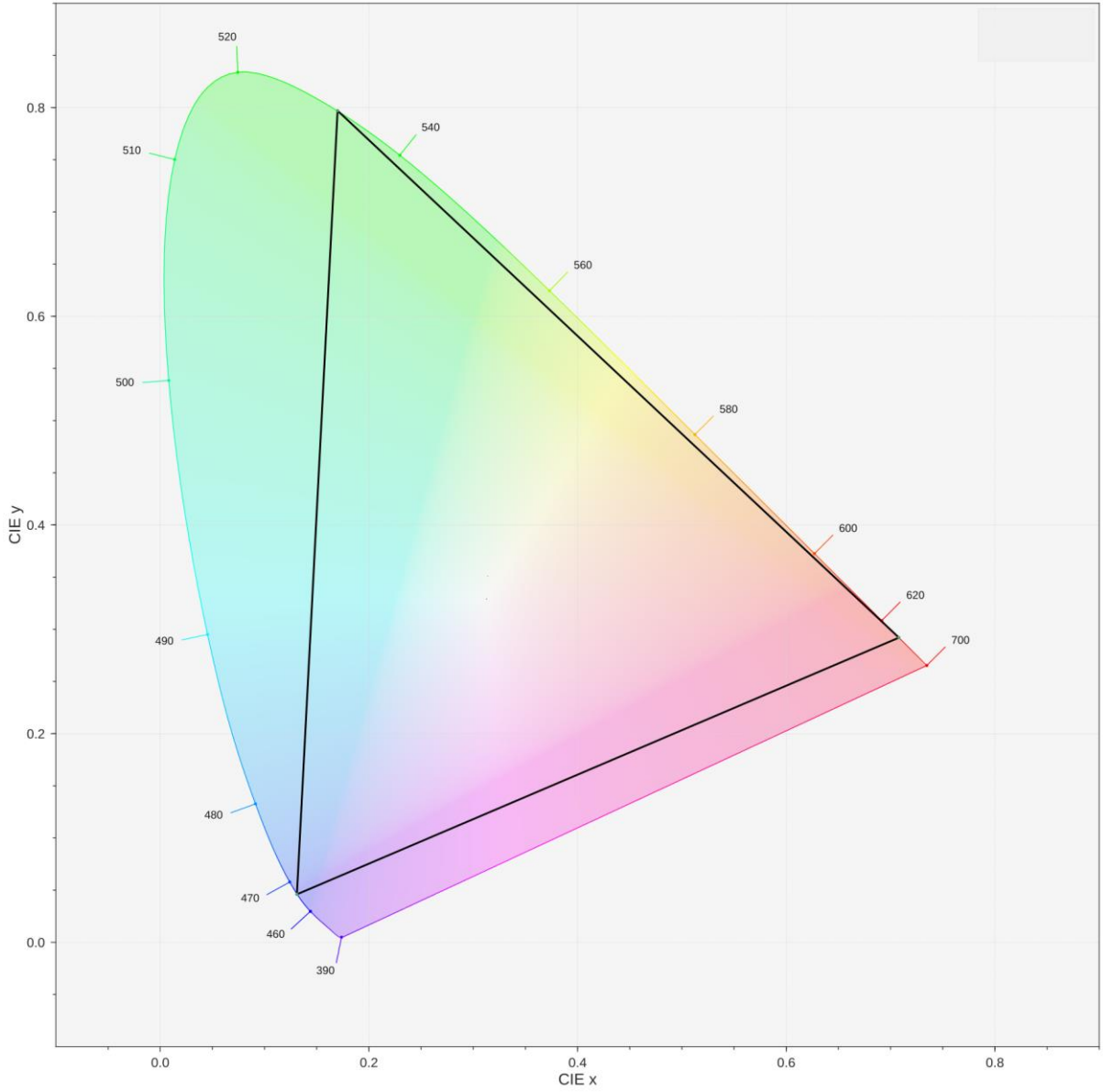
### 2.3.6 DCI P3 a DCI XYZ

DCI-P3 je barevný prostor určený pro kino distribuci a byl vyvinutý od Digital Cinema Initiative(DCI) v roce 2010. Jeho barevný gamut je oproti REC709 1.5 x větší, ale je o tolik menší oproti REC2020 a pokrývá 53.6% CIEXYZ. U DCI-P3 můžeme rozlišovat 3 různé modifikace vzhledem k bílému bodu a sice P3-D65, P3-DCI<sup>4</sup> a P3-D60. Každá modifikace se týká druhu prezentace a sice D65 je pro monitory, DCI pro kina a D60 pro ACES. DCI-P3 je prostor ve kterém DCP projektory zobrazují. Samotné soubory jsou uloženy v DCI XYZ. Jak i jeho jméno napovídá tak využívá souřadnice XYZ a koordináty totožné s CIE. V tomto prostoru ukládáme obraz s již uříznutým gamutem do DCI-P3, který projektor následně dekóduje a mapuje. Do budoucna, v momentě v kterém budeme mít projektory s větším barevným gamutem, tak stejně budeme schopni ukládat do XYZ a budeme zobrazovat do nového barevného prostoru.

---

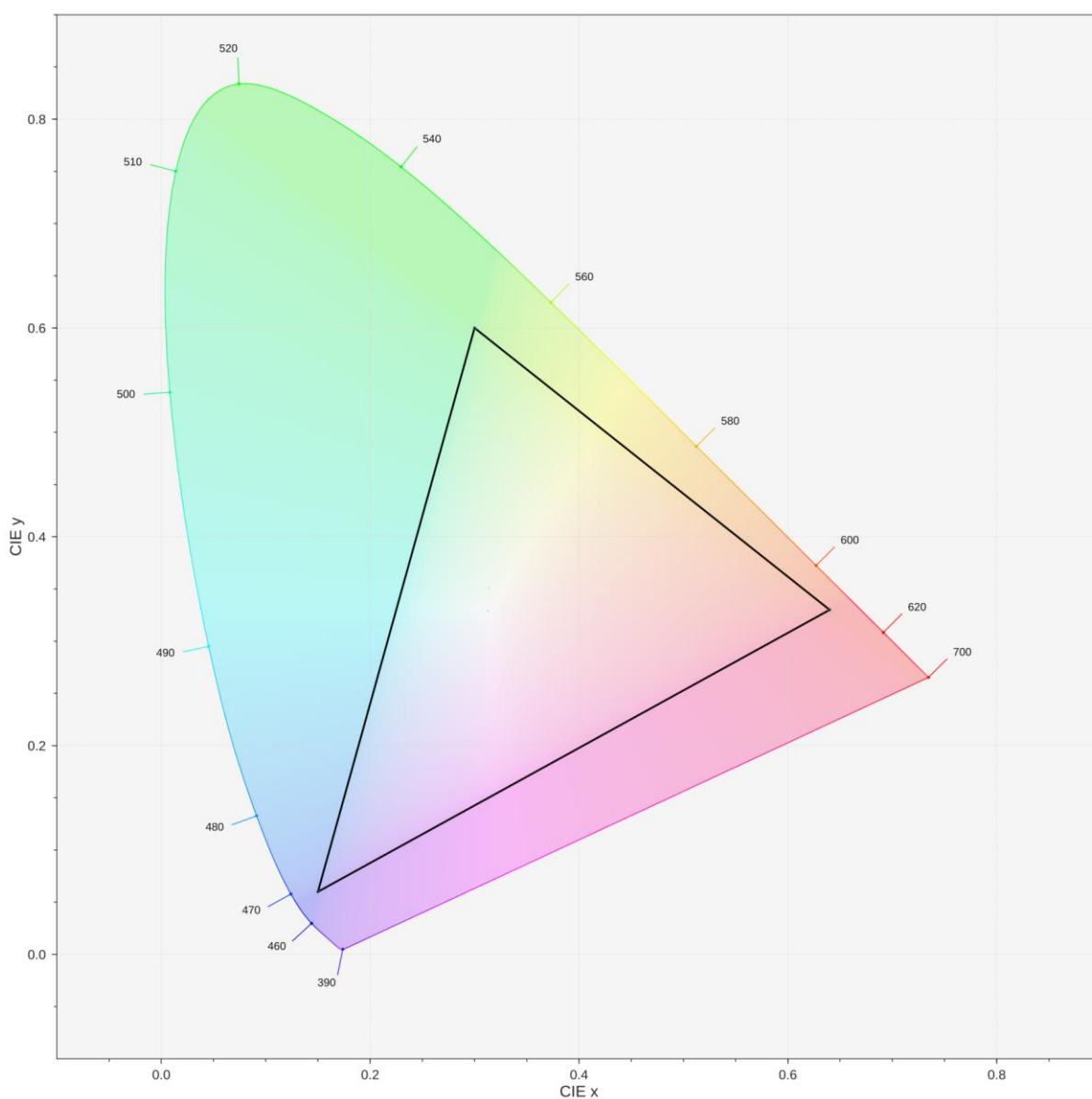
<sup>4</sup> 6300 kelvinu

# DCI P3



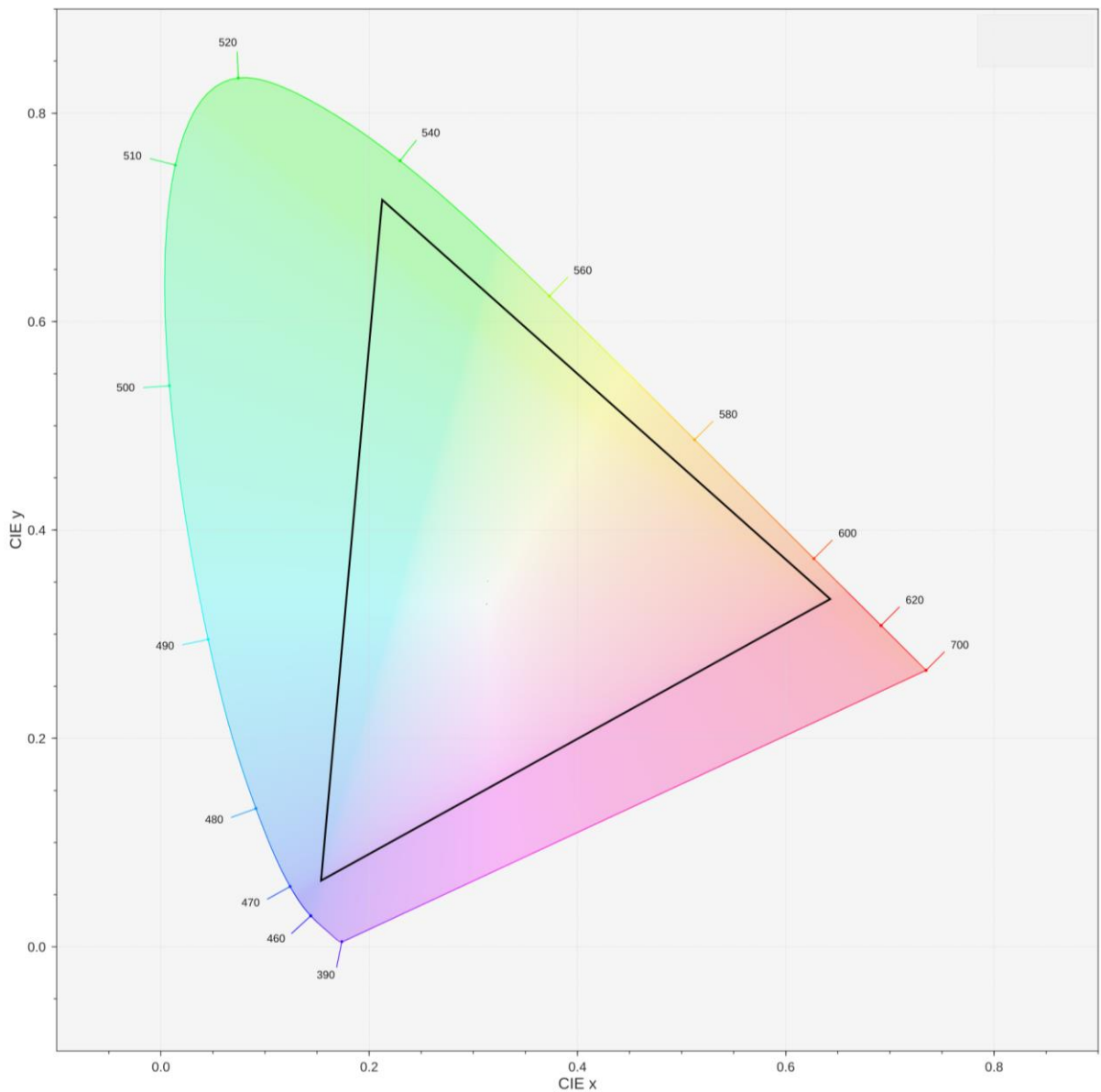
### 2.3.7 sRGB

sRGB neboli Standartní RGB je prostor vyvinutý v roce 1996 od společností HP a Microsoft a standardizován v roce 1999 od IEC. Jeho gamut je vyvinutý na základě REC709 a jeho hlavní rozdíl je v tom, že používá jinou gamu a sice 2.2. sRGB byl vyvinutý hlavně pro monitory, internet a tiskárny. Je barevný prostor pro uživatele, který počítá s možností libovolného nastavení.



### 2.3.8 Adobe RGB

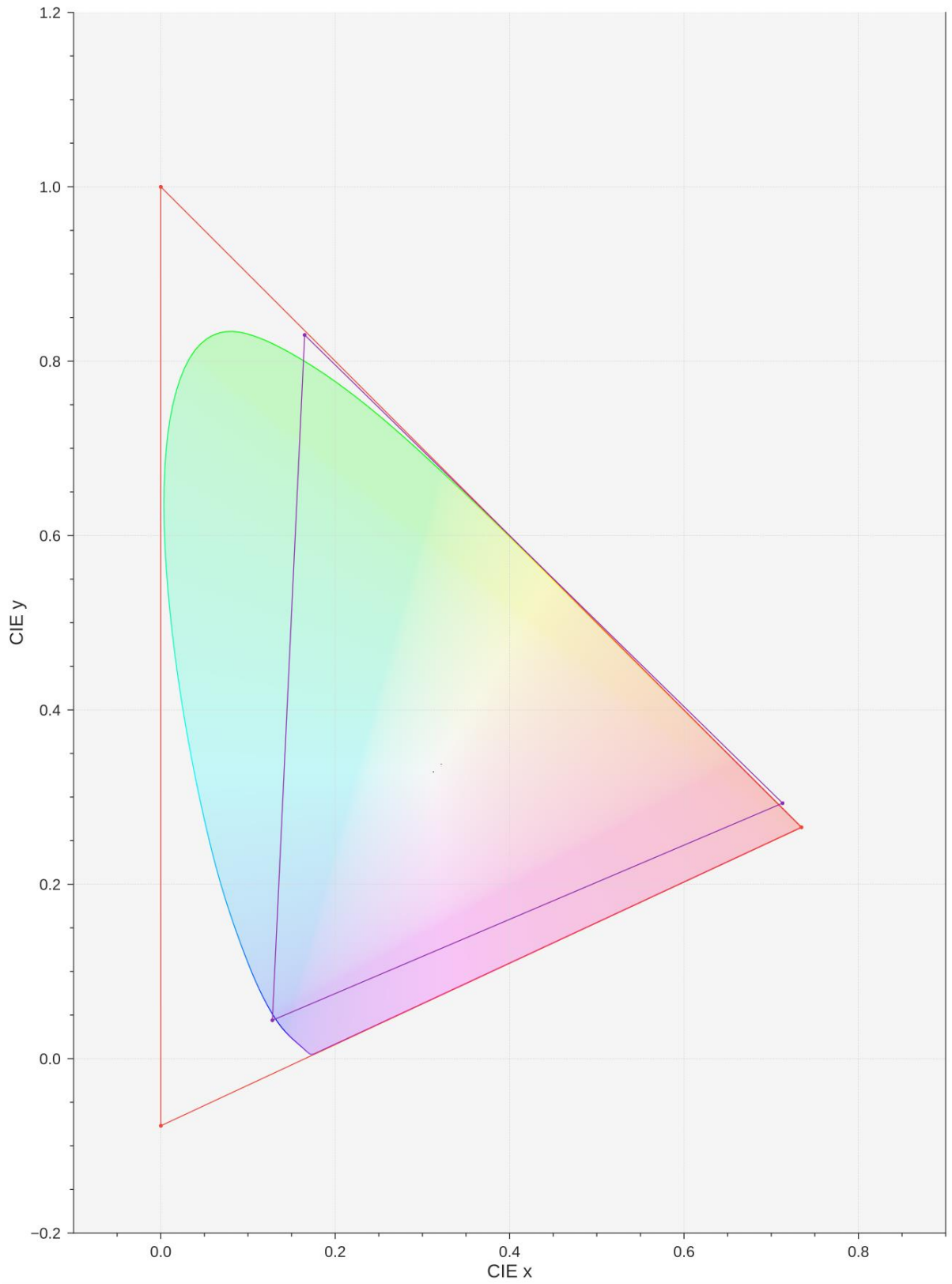
Adobe RGB je barevný prostor vyvinutí ve společnosti Adobe v roce 1998 a využívá se v jejich ekosystému. Tento prostor je jeden z prvních s větším gamutem než REC709 a v minulosti vytvářel poměrně dost problémů v audiovizuální tvorbě. Problém spočíval v Color Managementu - barvy se nereprezentovaly správně na zobrazovačích mimo ekosystém Adobe. Adobe RGB byl vyvinutí především kvůli potřebám lidí zabývajících se tiskem. Zahrnuje barvy z prostoru CMYK v RGB barevném schématu. Toto umožnilo lepší reprezentaci tištěných barev - subtraktivní CMYK, na obrazovce – aditivní RGB.



### 2.3.9 ACES

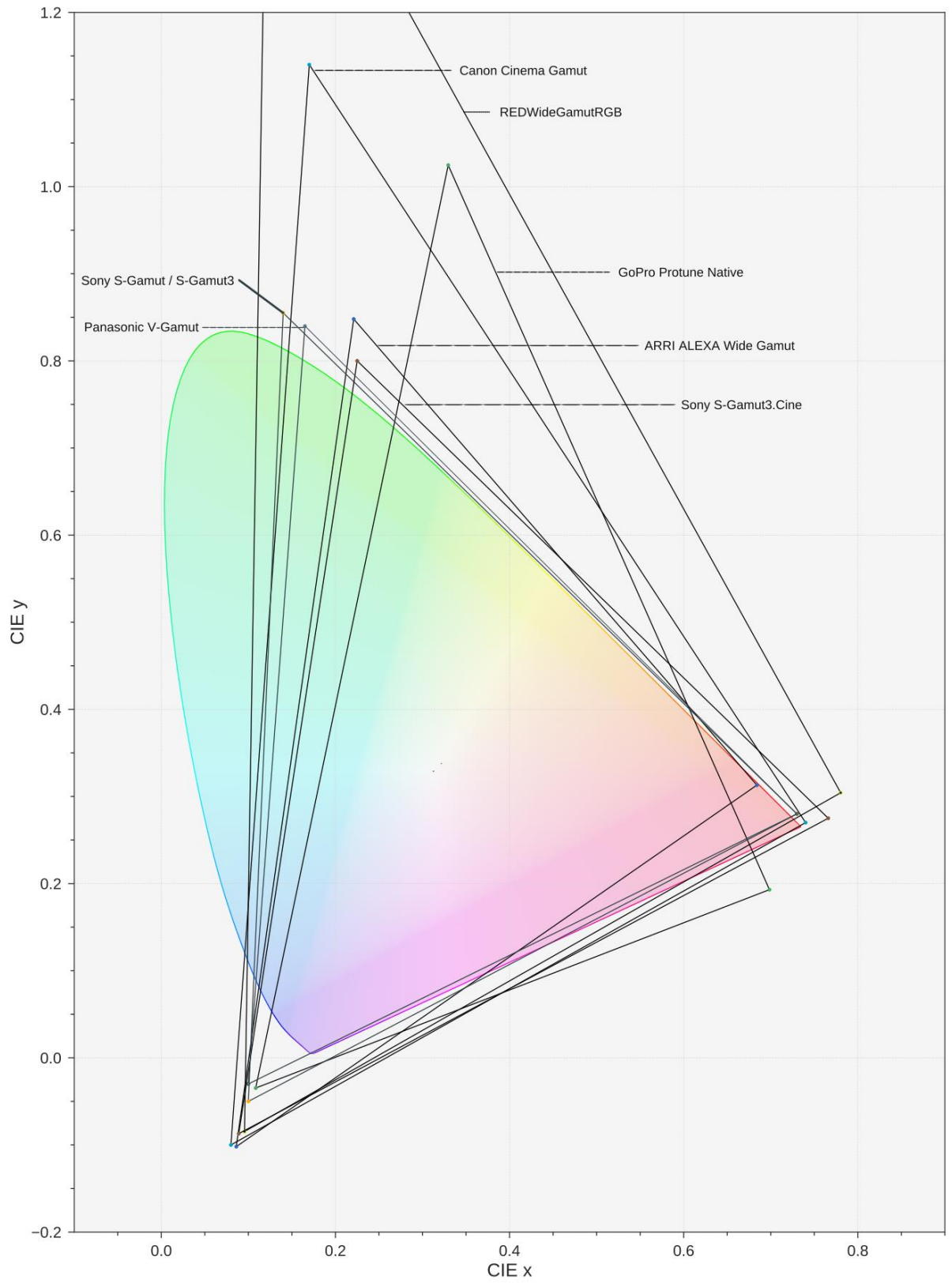
ACES (Academy color encoding system) je systém barevného enkódování, který má pod sebou nadefinovaných 5 barevných prostorů a sice ACES2065-1, ACESproxy, ACEScc, ACEScct a ACEScg. ACES jako systém používá záporné hodnoty v CIEXYZ, aby zmenšil nevyužitý prostor v celém CIE barevném prostoru pro jednodušší kódování. ACES má primárně 2 specifikace, co se týče barevného gamutu a sice AP0 a AP1 neboli ACES Primaries 0 a ACES Primaries 1. Pod AP0 spadá pouze ACES2065-1 a všechny ostatní spadají pod AP1. U ACES je zajímavé, že je barevný systém přímo vybudován pro audiovizuální práce a každý prostor má své funkce ve systému jako například ACEScc (Color Corection) je prostor pro barevné korekce a ACEScg (CGI rendering and compositing) je pro renderování vizuálních efektu. U něho je možnost velmi jednoduchého Color Managmentu. U vstupních dat je možné volit přímo barevný profil kamery, který je správně namapován v ACES2065-1. Pokud samotný čip kamery nemá odchylku stanovenou výrobcovo standardem, tak hodnoty které nám ACES namapuje odpovídají reálné kolorimetrické hodnotě. Tyto jednotlivé kamerové profily můžou být velký pomocník při práci se zdrojovými daty pocházejících z různých kamer. Nazýváme je IDT(Input device transform). Další profily který používáme jsou ODT(Output device transform), které nám zadávají cílený barevný prostor.



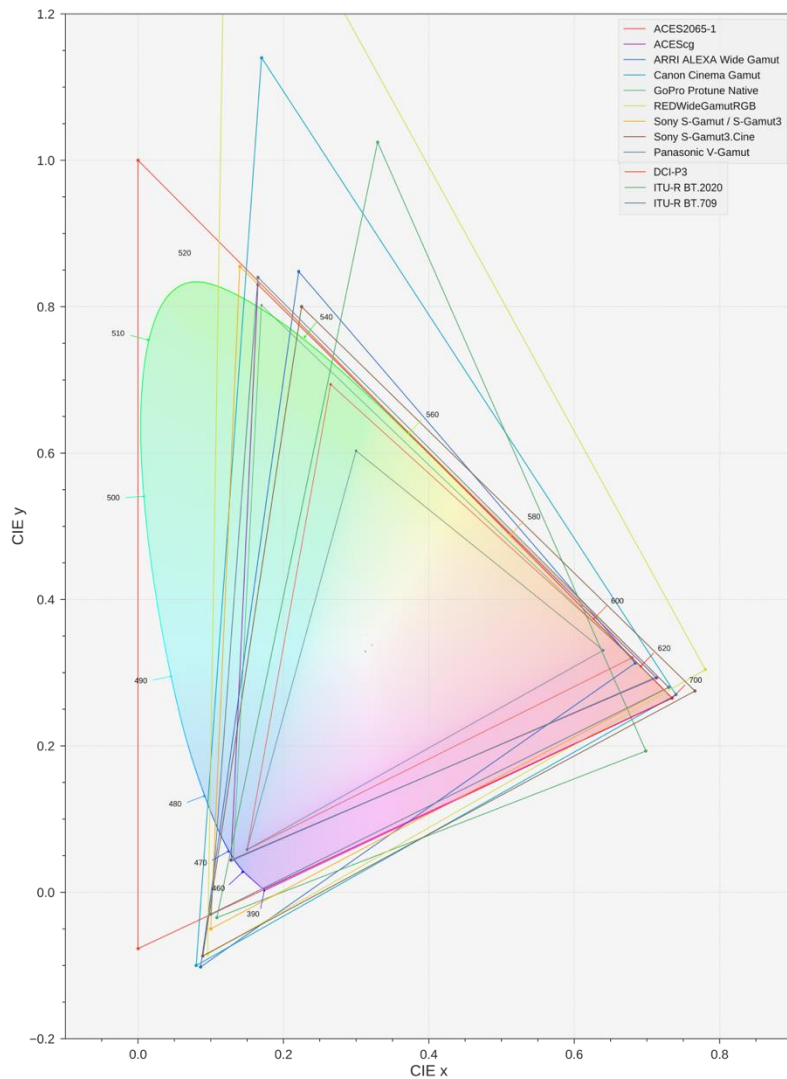


### **2.3.10 Barevné prostory s logaritmickou charakteristikou**

Barevné prostory s logaritmickou křivkou jsou obecně prostory, které jsou určeny pro záznam. Každý výrobce má svojí vlastní a občas i několik. Jejich parametry se odvíjejí od specifiků konkrétního snímače, od debayer který používají a od celkové kolorimetrické práci. Každý takový barevný prostor má vlastní charakteristiku a liší se od sebe. Logaritmická charakteristika, kterou tyto prostory mají, nám pomáhá snímat větší tonální rozsah vyjádření v EV – clonový rozsah. U zpracování nás hlavně zajímá správný tonální převod a správný převod gamutu. Jeden z prvních logaritmických prostorů je LogC od společnosti ARRI a je určen k primárnímu záznamu kamery ARRI. LogC je jeden z nejužívanějších barevných prostorů v profesionální praxi a většina konkurentů vždycky porovnává své produkty právě s tímto prostorem. Jeho gamut je AWG (ARRI Wide gamut) který používá podobně jako jiné Wide gamut prostory hodnoty v CIEXYZ neexistující ve viditelném spektru nebo dokonce záporné v CIE, aby obsáhly větší množství barev. Další příklady jsou Slog, Slog2, Vlog, Red Wide Gamut a další.



### 2.3.11 Shrnutí



V tomto grafu můžeme vidět všechny pojmenované barevné gamuty . Je zcela zřejmé proč je color management poměrně křehká disciplína a proč je tam možné se dopustit spousty chyb. Obecně můžeme barevné prostory rozdělit na tři. Barevný prostor pro záznam, barevný prostor pro zpracování a barevný prostor pro prezentace. Jejich závislosti rozebereme v kapitole o vzniku digitální kopie.

## 2.4 Gama, barevná hloubka a tonální mapování signálu

**Gama** korekce nebo Gama je nelineární operace v kódování jasu nebo hodnoty tristimulu. Její účel je optimalizovat způsob ukládání informace v bitech, v kterých je ukládán. Pokud by gama korekce neexistovala ukládali bychom velké množství informací v bílých tónech a použili bychom více bitů tam, kde zrak není tak citlivý, a naopak v černých tónech bychom měly míň bitů, míň informací, které nám budou scházet, jelikož zrak je tam více citliví. Co se týče obrazu, můžeme gamu rozdělit na dvě skupiny, a sice kódovací a dekódovací. Kódovací gama je gama, kterou používáme při kódování signálu, typický příklad gama 0.45 která je navázaná vztahem s dekódovací gamou, která pro tento případ by byla 2.2. Abychom správně nastavili gamu obrazu u vzniku digitální kopie, tak bychom měli vědět jaká je dekódovací gama na druhé straně, aby měl obraz správnou strmost - tonální reprezentaci. Dekódovací gama je u většiny prezentačních kanálů standardizovaná a díky tomu jsme ji schopni nastavit správnou kódovací gamu. Například pro DCI kino projekce je gama 2.6, pro sRGB gama 2.2, REC709 gama 2.4, REC2020 gama 2.4.

**Barevná hloubka** neboli Color Bit Depth videosignálu je velmi důležitá součást obrazu, jelikož nám definuje množství odstínů, které jsme schopni zaznamenávat či reprodukovat. U záznamu je tento problém velmi náročný, jelikož nám udává, jak probíhá kvantování analogového signálu neboli na kolik úrovní signál rozlišujeme. Barevnou hloubku můžeme označovat dvěma způsoby a sice Bit per channel - hloubka pro jeden barevný kanál nebo Bit per pixel – hloubka pro jeden pixel. U BPC každá barva má svůj rozsah v dané bitové hloubce a u BPP bitová hloubka je použita pro všechny kanály. U audiovizuální kopie se hlavně setkáváme s BPC. Obecně ve většině případů jsou hodnoty udány v BPC, jen zřídka u některých programů se můžeme setkat s BPP. Hodnoty barevné hloubky jsou

například 8bit, 10bit, 12bit, 14bit atd. Označení 8bit znamená  $2^8$  neboli 256 úrovní, 10bit 1024 úrovní atd. V minulosti jsme se hlavně setkávali s 8bit systémy a zobrazovači, v dnešní době už i spotřebitelské monitory umí 10bit.

Další parametr je **mapování úrovně signálu** = Legal a Full. Jsou to dva způsoby<sup>5</sup>, jak se v barevné hloubce dá ukládat a sice v rozpětí 16-235 nebo 0-255 v 8bitovém schématu nebo 64-940 a 0-1023 v 10bitovém schématu. Legal ještě známý jako TV Legal, SMPTE Legal range, Narrow Range, Video range a Head range byl vymyšlený na základě digitální reprezentace video signálu a nechávalo se místo pro případné omezení, klipování analogového signálu. V případě Full nebo ještě známé jako Data, mapování úrovně signálu se provádí v celém rozpětí bitových jednotek. Oba principy se používají až dodnes, ale je s tím poměrně velký zmatek. Celý problém spočívá v tom – jak signál je uložen a jak ho zařízení čte. Problémy, který můžou nastat, rozebereme v kapitole o výrobě audiovizuální kopii.

---

<sup>5</sup> Existuje jí třetí, který je čistě technicky, a hodnoty jsou zhruba 3 bity z obou stán

## 2.5 Rozlišení a poměr stran digitálních kopií

Rozlišení obrazu je parametr, který nám definuje kolik bodů neboli pixelů budeme mít v obrazu. U klasického filmového procesu – jaké je množství jednotlivých krystalů halogenidu stříbrného a jak jsou velké. Rozlišení se udává ve třech různých systémech. První systém nám definuje, jaké množství pixelů máme celkově, například 2 073 600 pixelu. Pro zjednodušení se používá X/1000000 a udává se v mega pixelech, zaokrouhleně k nejbližšímu číslu, jako v tomto příkladu - 2.1MP. Druhý systém nám definuje horizontální a vertikální množství pixelu v obrazu, například 1920x1080. Matematicky odpovídá 2.1MP<sup>6</sup>. Rozdíl mezi těmito dvěma systémy najdeme u druhém příkladu, který nám zároveň udává informace o poměru stran 1920:1080=1.78 nebo 1920:1080=16:9. Oba údaje o poměru stran se používají v praxi. Systém s mega pixelech se většinou využívá u fotografie a grafické práce. Existuje ještě třetí způsob vyjádření rozlišení a sice DPI(dot per inch) který je vztažený na velikost reálného tisku a používá se výhradně v tiskovém průmyslu. Systém udávající nám údaje o poměru stran je systém, který využíváme u audiovize. Jsou dvě normy popisování. Označení "1080", nám udává množství pixelů ve vertikální ose formátu. Další známé rozlišení jsou 720, 576 a 480. U ostatních formátů rozlišení se setkáváme s označením množství pixelů ve horizontální rovině, například 4K, 6K a 8K. Zajímavé je například rozdíl mezi 4K UHD a 4K DCI. V horizontální počtu pixelu se liší – 4K UHD má 3840 pix a DCI 4K má 4096 pix. Rozdíl spočívá v poměru stran obrazového kontejneru. Oba formáty mají 2160 pixelu vertikálně – zůstává jako konstanta pro 4K, ale u televize z poměru stran 1:1.78 horizontální počet pixelu vychází na 3840, když u DCI 4K má obrazový kontejner poměr 1:1.9, z čeho vychází, že horizontální počet pixelů je 4096.

---

<sup>6</sup> (1920x1080=2073600=2.1MP)

Obrazový kontejner jako takový je vlastně údaj o velikosti distribučního obrazu, a do toho ukládáme audiovizuální dílo. Například u televize, obrazový kontejner je v poměru 16:9. Do něho můžeme ukládat obraz 16:9, čímž naplňuje celou velikost zobrazovací plochy, tuto techniku nazýváme Full Container neboli plný kontejner. Do tohoto obrazového kontejneru můžeme ukládat obraz s jiným poměrem stran jako například 2.40. Vzniknou nám černé pruhy shora a zespoda = zůstane nevyužitý prostor. Tuto techniku nazýváme Letterbox. Existuje i další metoda, která obraz roztáhneme do plné velikosti obrazového kontejneru. Vznikne ořez z jedné a druhé strany originálního obrazu. Třetí možnost je obrazový kontejner s libovolnou velikostí a poměru stran. S tímto druhem obrazového kontejneru se setkáváme v internetové distribuci. Obrazový kontejner se dá definovat dle potřeby, jako například u internetové distribuce audiovizuálního díla, pozadí na webové stránky, vertikálního videa pro reklamy na mobilních telefonech atd. Zajímavé u internetové distribuce je, že autor má možnost vysílat své dílo v plné velikosti a divák má možnost ve svém přehrávači to zobrazovat v plné velikosti nebo obraz ořezat tak, aby naplnil obrazovku. Tato možnost bohužel ještě není adoptovaná v televizním vysílání, kde obraz je většinou ořezán dle předpokladu, že většina diváků chce svoji obrazovku naplnit, vzhledem k tomu že si platí "celou obrazovku". V tvorbě dnešní doby se setkáváme s následujícími poměry stran u horizontálních a vertikálních formátů<sup>7</sup>: 1:1, 1:1.19, 1:1.33, 1: 1.37, 1:1.5, 1:1.6, 1:1.66, 1:1.78, 1:1.8, 1:1.85, 1:1.9, 1:2.0, 1:2.35, 1:2.39, 1:2.40, 1:3.5 a 1:4. Jak je vidět škála je poměrně velká a televizní způsob zacházení je velmi obecný, vzhledem k tomu že naplňuje pouze jeden specifický poměr stran. Nejpoužívanější formáty jsou 1:1.78 pro televize, 1:1.85 a 1:2.39 pro kino.

---

<sup>7</sup> U Vertikálních formátů se většina setkáváme s 9:16 a 5:9



## 2.6 Progresiv a Interlaced

Další parametr, který video obraz má, je celosnímková nebo půlsnímková metoda ukládání obrazu – prokládání obrazu. Označujeme to jako P nebo I. P znamená progresiv (celé snímky) a I znamená interlaced (půl snímky). Rozdíl v obou systémech je v dnešní době pomalu historická záležitost, vzhledem k novému druhu vysílání DVB-T2, který odbavuje pouze v progresívu na rozdíl od svého předchůdce DVB-T, který měl schopnost odbavovat v půlsnímkcích. Půlsnímky vznikly kvůli způsobu vysílání televizního signálu, v minulosti zjednodušoval a zlevňoval systém. V dnešní době využití půlsnímkového systému je skoro u svého konce, internet, kino a pomalu všechny televize budou odbavovat v Progresivním systému.

## 2.7 Datový tok

Datový tok je parametr, který definuje množství dat, která se přenáší v určitém čase. Nejčastější jednotka, kterou požíváme je Mbit/s. Je pro nás zásadní, protože díky nim víme, jaké parametry potřebujeme na zápis a čtení daného souboru v reálném čase. Ještě podstatnější je funkce, díky ní můžeme odhadem zjistit kvalitu souboru. Je to čistě orientační, protože u H264 je datový tok dvojnásobný než u H265, ale kvalita je stejná. Datový tok společně s kódovacím formátem nám udává přesný kvalitativní parametr. Obecně čím vyšší datový tok tím kvalitnější komprese. Datový tok může být variabilní (VBR) a konstantní (CBR). Výhody variabilního toku je jeho pružnost u komprese. Zachází jinak s obrazem než konstanty datového toku. U složitějšího obrazu, obraz s více detaily, je schopen zvýšit svou hodnotu, aby docílí lepší komprese a u jednodušších obraz naopak snížit svoji hodnotu. U enkódování s VBR zadávají dva parametry a sice cílený datový tok a maximální datový tok. CBR naopak svou hodnotu vůbec nemění a komprimuje obraz bez detailu do stejné množství dat, jako jsou obrazy s větším množstvím detailu. Vznikne tím pádem větší komprese tam, kde vlastně potřebujeme menší komprese. Abychom u CBR měli porovnatelnou kvalitu obrazu, tak musíme zvolit dvojnásobný datový tok, a kvůli tomu se skoro nepoužívá.

## **2.8 Ochrana (DRM, CSS, TPM, AES, vodoznak, HDCP, DPCP link encryption)**

Jeden z největších problémů producentů a distributorů od doby, co se film dostal na samostatný nosič až do domu diváků, je, jak ho ochránit od nelegitimních neboli „pirátských“ kopií. Chráněné kopie jsou takové kopie, co jsou zabezpečené, enkryptované či označené v obrazu. U různých medií jsou tyto problematiky různé. Chránění kopie se používají k bezpečí distribuce. Například internetový stream je většinou chráněn DRM (Digital rights management) a u filmových projekci DCP jsou zabezpečené AES (Advanced Encryption Standard) nebo HDCP (High-bandwidth Digital Content Protection) a DPCP (Display Port Content Protection). U této kopie se používá metoda enkryptování, aby obraz nebyl nějakým způsobem zdegenerován nebo ovlivněn. Například náhledové kopie bývají velmi často ochráněny vodoznakem neboli ochranou před tak zvaným analog loophole. Takové kopie můžeme například vidět u festivalových ukázek. U nich občas problikne “For your consideration only/not for sale or rental” a podobně. Další příklad s vodoznakem je vidět u denních prací filmové produkce. Na nich se zobrazuje skrz celý obraz, jméno daných členů štábu. Nechráněné kopie jsou kopie, které nemají žádné prvky ochrany, většinou jsou to kopie v uzavřeném prostředí jako je postprodukční společnost nebo soukromý počítač, samozřejmě jsou distribuční kopie, které nejsou chráněné, ale jsou tím pádem velmi lehký cíl pro nelegitimní kopírování.

## 2.9 HDR

HDR(High dynamic range) je technologie nám známá z doby klasické fotografie. Jedná se o techniku a technologie které nám umožňují reprezentaci většího tonálního rozsahu. Tato potřeba vzniká na základě nedokonalostí technologie a její neschopnost reprezentovat větší kontrastový rozsah než 1:100 nebo 6+ clonových čísel. U klasické fotografie se používala technika, nazývaná Sendvič. Jednalo se o několik různých expozic stejné scény, které byly kopírované dohromady. Docílilo se kresby ve výších a nižích denzitách. Ve fotografii se stejná technologie používá až do dnes. Ve filmové tvorbě tato samotná technologie nebyla snadná do nedávna. Bylo několik podmínek, které se museli naplnit, aby se v obrazu neprojevovaly anomálie. Snímání HDR a zobrazování HDR jsou dvě různé věci. U snímání HDR se jednalo kolik clonových čísel informací jsme schopni zaznamenat. Vytvořený HDR obraz můžeme zobrazovat na SDR (Standart dynamic range) zobrazovači. Schopnost HDR u zobrazovače je daná jejich schopností svítivosti, velikosti gamutu a barevnou hloubkou. Z těchto parametrů je nejdůležitější svítivost kvůli tomu, že nám udává kontrastové možnosti zobrazovače. Například u SDR normy svítivosti je stanovená na 100nit neboli 6+ clonových čísel. Současná technologie zobrazovače nám dovoluje svítivost až 5000nit – 12+ clonových čísel. Abychom správně reprezentovali toto tonální množství, potřebujeme i větší kvantizace - větší barevnou hloubku. Celá technologie, kterou potřebujeme, abychom mohli využít ten nový tonální rozsah, se zabývá hlavně tonálním mapováním signálu. U SDR signál zobrazujeme skrz mapování v daném rozsahu<sup>8</sup>, skrz dekódovací gamu<sup>9</sup>. U HDR mapování úrovně signálu probíhá v konkrétních hodnotách = každá hodnota má přesně definovanou

---

<sup>8</sup> Full nebo Legal

<sup>9</sup> REC709 gama 2.4, sRGB gama 2.2, DCI 2.6

svítivost. Standardy, které se v současnosti používají jsou HLG, HDR10, HDR+ a Dolby Vision.

**HLG** je standart volný k použití, který definuje hybridní logaritmickou gamu. Její charakteristika je stejná jako Gama 2.4 do úrovně 512, která se mapuje na úroveň svítivosti 100nit. Tato jeho vlastnost je vhodná k televiznímu vysílání, jelikož standartní obrazovka takový signál je schopná zobrazovat. Je volba pro REC2100.

**HDR10** je také volný standard k používání. Jeho mapování signálů probíhá na základě zpětné vazby s monitorem. Dle jeho svítivosti je signál mapován na základě metadat. Nevýhoda HDR10 je, že signál mapuje stejně pro celé dílo. Takový druh metadat nazýváme statické.

**HDR10+** je analogický standard HDR10 s tím rozdílem, že umí mapovat úroveň signálu rozdílně v časové ose. Tento druh metadat nazýváme dynamická. Jejich výhoda je, že můžeme být mnohem preciznější v určení, jak obraz vypadá.

**Dolby Vision** je licenční standard od společností Dolby. V porovnání s ostatními, je nejpreciznější a náročnější ve své požadavky. Využívá dynamická metadata a také nám stanovuje minimálně 1000 nitu svítivost, REC2020 barevný prostor a 12bitu barevnou hloubku.

### **3. Dělení dle účelu mezi digitální kopíí náhledovou, distribuční a archivní**

Digitální kopie můžeme zásadně rozdělit na tři – náhledové, distribuční a archivní. Náhledová kopie neobsahuje nebo částečně obsahuje autorský záměr – stříhová skladba, barevné korekce. Jsou velice komprimované. Distribuční kopie je kopie obsahující veškeré autorské úpravy a jsou komprimované ke konkrétnímu způsobu distribuce za poměru nejlepší výsledek k nejmenším datům. Archivní kopie by měly obsahovat veškeré autorské úpravy a měly by být nekomprimované, v plném rozsahu. U archivační kopie by objem dat neměl být brán v potaz. Kvality oddělných druhů digitální kopíí a jejich vzhled se velmi liší na základě jejich určení a konkrétních požadavků. Kvalita kopie je téma nám známé i od klasické filmové kopie. Filmová kopie mohla vzniknout dvěma způsoby. První a více preferovaný byl způsob kopírování z originálního negativu. Originální negativ byl vyčíslován a z něho vznikaly denní práce. Po sestřihu bylo celé dílo barevně vyrovnáno a z originálního negativu vznikaly distribuční kopie. Tato metoda se využívala při menším množství vyrobených kopíí<sup>10</sup>. Tyto kopie byly ostřejší, kontrastnější a s přesnějším barevným podáním. Jejich kvalita záležela také na to, zda byly kopírovány opticky nebo kontaktně. Další metoda byla vytvoření kopie v duplikačním procesu. Z vyrovnaného ON<sup>11</sup> se vytvořil IMP<sup>12</sup> a z něho se vytvořilo několik IMN<sup>13</sup>. Následně, distribuční kopie vznikaly z IMN. V tomto procesu doházelo k trojímu kopírování. Každé kopírování snižuje ostrost a kontrast, a kopii barevně posouvá. Pokud tyto postupy srovnáme se současným digitálním světem, náhledová kopie je první zkopírování primárního záznamu. Distribuční kopie je ta,

---

<sup>10</sup> Česká distribuce používala hlavně tuto metoda vzhledem počtu kopii – kolem 40.

<sup>11</sup> Originál negativ

<sup>12</sup> Intermediát pozitiv

<sup>13</sup> Intermediát negativ

co vzniká z intermediárního negativu. Archivní kopie by měla být ta, co vzniká z originálního negativu. Digitální technologie, na rozdíl od filmové technologie, nám dovoluje vytvářet distribuční kopie přímo z originálního negativu. I přesto velmi často v praxi můžeme vidět digitální verze IMN, které se nazývají Master. Tato metoda je velmi rozšířená a velmi nesprávná. Naprosto analogické problémy jak u trojnásobného kopírování ve filmovém procesu, tak v digitální podobě obraz několikrát komprimujeme, a tím zanášíme chyby. Kvalita kopie nezáleží jenom na způsobu, jak vzniká. Zaleží na jakou surovinu je kopírována, nebo do jakého kódovacího formátu je uložena. Každá kopie má své specifika.

### 3.1 Náhledová kopie

Náhledové kopie můžeme rozdělit na dva druhy – kopie primárních dat a kopie polotovaru. Kopie primárních dat můžeme porovnat s klasickým filmovým procesem, a sice k denním pracím. Tento název kopie je zachován až dodnes v digitálním procesu. Jedná se o kopie, která je vyvážená převážně s jednou barevnou korekcí, bez ohledu na návaznosti mezi jednotlivými záběry. Je synchronizovaná se zvukem a je vyexportovaná v komprimovaném malém souboru vhodným pro střížnu nebo stream. Tato kopie obsahuje veškerý natočený materiál a stříhovou skladbu, triky či barevné korekce tím pádem nejsou obsaženy. Kopie vznikají buď jako jednotlivé natáčecí dny v jednom souboru nebo jednotlivé záběry v samostatných souborech. Kopie v celé délce se většinou používá pro náhled denního materiálu pro producenty, autory a štáb. Kopie jednotlivých záběrů se hlavně používá do stříhových programů, její účel je nezatěžovat program s velikostí původního souboru. Tento model u stříhové skladby se nazývá off-line stříh.

Náhledová kopie polotovaru může být jednotlivý záběr, scéna či celé dílo. Její účel je náhled části či hotový konkrétní úkon, jako je třeba trik, stříhová skladba scény či filmu nebo barevné korekce záběru či scény. Tato kopie se používá jako komunikační prostředek mezi jednotlivými postprodukčními odvětvími a autory a je z pravidla nekompletní v nějaké své složce. Například kopie obsahující pouze stříhovou skladbu a triky se většinou dostane k zvukové postprodukce, kvůli paralelní dokončovací práci, jak ve zvukové složce, tak i v obrazové. Kopie náhledová většinou bývá v kontejnerovém formátu MOV, MFX nebo MP4 a v kódovacím formátu H.264, DNxHD nebo nižší odvětví AppleProRes. V tabulce se můžeme podívat, které varianty jsou vhodné ke konkrétnímu účelu či programu.



# Nahledová kopie

Kodovací formát	Úroveň	Bitrate UHD(2160) 25fps	Bitrate FullHD(1080) 25fps	Bitrate HD(720) 25fps	Kontejnerový formát	Kopie primárních dat			Kopie polotovarů			
						AVID Media composer	FinalCut Pro	Adobe Premier Pro	Offline previews	HTML5	Vimeo	YouTube
Apple ProRes	422	550 Mbps	138 Mbps	69 Mbps	mxf	✓		✓				
					mov		✓	✓	✓			
	Proxy	171 Mbps	69 Mbps	21 Mbps	mxf	✓		✓				
					mov		✓	✓	✓			
DNxHR	HQ	728 Mbps			mxf	✓		✓				
	LB	150 Mbps			mxf	✓		✓				
DNxHD	36		38 Mbps	17 Mbps	mfxf	✓		✓				
	145		120 Mbps	54 Mbps	mfxf	✓		✓				
GoPro CineForum	422	317 Mbps	120 Mbps	68 Mbps	mov			✓	✓			
H265	Main, Level 5.2	VBR, 1 pass 35 Mbps / 40 Mbps			mp4			✓	✓	✓	✓	
	Main, Level 4.1		VBR, 1 pass 16 Mbps / 20 Mbps					✓	✓	✓	✓	
	Main, Level 3.1			VBR, 1 pass 4 Mbps / 8 Mbps				✓	✓	✓	✓	
H264	HIGH, Level 5.1	VBR, 1pass 80 Mbps / 96 Mbps			mp4			✓	✓			
	HIGH, Level 5.1	VBR, 1pass 48 Mbps / 60 Mbps						✓	✓		✓	
	HIGH, Level 5.1	VBR, 1pass 40 Mbps / 40 Mbps							✓	✓		✓
	HIGH, Level 5.2	VBR, 1pass 24 Mbps / 50 Mbps							✓	✓	✓	
	HIGH, Level 5.1	VBR, 2pass 40 Mbps / 40 Mbps							✓	✓		
	HIGH, Level 4.2		VBR, 1pass 20 Mbps / 24 Mbps						✓	✓		
	HIGH, Level 4.2		VBR, 1pass 16 Mbps / 20 Mbps						✓	✓		✓
	HIGH, Level 4.2		VBR, 1pass 20 Mbps / 20 Mbps						✓	✓		✓
	HIGH, Level 4.2		VBR, 1pass 12 Mbps / 16 Mbps						✓	✓	✓	
	HIGH, Level 4.1		VBR, 2pass 20 Mbps / 20 Mbps						✓	✓		
	HIGH, Level 4.2			VBR, 1pass 10 Mbps / 12 Mbps					✓	✓		
	HIGH, Level 4.2			VBR, 1pass 8 Mbps / 10 Mbps					✓	✓		✓
	HIGH, Level 4.2			VBR, 1pass 16 Mbps / 16 Mbps					✓	✓		✓
	HIGH, Level 4.2			VBR, 1pass 12 Mbps / 16 Mbps					✓	✓	✓	
HIGH, Level 4.1			VBR, 2pass 16 Mbps / 16 Mbps				✓	✓				
VP8		NI	10 Mbps	NI	webm					✓	✓	✓
VP9		NI	10 Mbps	NI	webm					✓	✓	✓
AV1	5.0	NI	30 Mbps	NI	webm					✓	✓	✓
Theora		NI	24 Mbps	NI	ogg, ogv					✓		

## 3.2 Distribuční kopie

Kopie distribuční je, jak už bylo zmíněno kopie obsahující veškeré autorské počiny a je finální tvar audiovizuálních díla. Existují normy, které nám určují konkrétní formáty ke konkrétnímu distribučnímu kanálu. Tyto normy jsou dané vzhledem k zobrazovacím metodám a dekodováním souboru. Konkrétní formáty kopií jsou DVD, Blu-Ray, DCP, MOV, MXF, MP4 a další budoucí. U kontejnerových formátů MOV, MXF a MP4, které jsou schopné uchovávat více kódovacích norem, jsou největší potíže. U kopie distribuční se velmi často setkáváme s problémem unifikace, a sice zachování stejného vzhledu audiovizuálního díla u různých prezentačních médií. Častá praktika je, že z jedné kopie nazývané Master se konvertuje do dalších kopie v jiném formátu. Tato metoda, i přesto že již v době vzniku této práce je celkem použitelná, je nedokonalá.<sup>14</sup> Dost často u této metody dochází k barevnému posunu obrazu nebo kódovacích nedokonalostí. Problém vzniká z prostého důvodu, že pro tento postup se používá komprimovaná ztrátová a zřídka bezztrátová kopie, která má konkrétní barevný prostor, který je jiný než cílený distribuční formát. Existují převodové charakteristiky, ale to neznamena, že původní Master naplňuje normy cíleného formátu, a že převodová charakteristika je přesná. Nejčastější používaný formát pro takové kopie je Apple ProRes. Správný postup je, že jednotlivé kopie se vytvářejí z primárních dat a barevné korekce se korigují ke každému distribučnímu kanálu na základě kontrolní projekce. Další metoda je, že se použijí primární data z finální barevné korekce a posléze se použije pouze převodová charakteristika odpovídající distribučnímu kanálu bez korekcí. U této metody je výsledek závislý na kvalitě převodové

---

<sup>14</sup> Ve většina profesionálních strukturách se nepoužívá

charakteristiky daného programu, který také nemusí odpovídat u všech výrobců či verzí programu cílenému výsledku.

Další parametr, který potkáváme u distribuční kopie je rozdíl mezi poměrem stran díla a poměrem stran obrazového kontejneru daného distribučního kanálu. Jak již jsme popsali v podkapitole o rozlišení a poměru stran, můžou existovat velké počty různorodých kombinací. Do televize a kina jsou tyto limity dané, internetová distribuce má větší možnosti. U poměru stran záznamu může hrát velkou roli samotný distributor. Může být zavázaný k danému audiovizuálnímu dílu již od příprav a velmi často je schopen určit poměr stran díla již v tomto období. Další model je, že dílo je zakoupeno distributorem po jeho zakončení a v tomto případě je schopen klást požadavky vůči svému distribučnímu médiu, a sice v jakou podobu dílo dostane a s jakými parametry. Jeden z nejtypičtějších případů je dílo v poměru stran 1:2.39. Televize toto dílo zakoupí jako hotový produkt nebo v přípravách je podepsáno, že dílo musí naplnit kontejner jak vertikálně tak i horizontálně. Znamená to, že dílo pomocí zvětšovacího procesu je nataženo skrz celý obrazový kontejner 16:9, kde dojde k ořezání obrazu po obou stranách. Tato metoda je běžná praxe již z minulosti, kdy obrazový kontejner televize byl 4:3 a na obrazovkách se pouštěla díla z kino distribuce. V době PAL/NTSC bylo poměrně pochopitelné, že se filmy zvětšovaly do naplnění celého obrazového formátu, jelikož televize měla malé rozlišení. V dnešní době rozlišení již není tak zásadní problém, jelikož je dostačující a obrazovky jsou větší. Tato praktika stále zůstává z jiného důvodu a to, že divák si "platí celou obrazovku" a distributor musí splnit jeho požadavek, aby neměl černé pruhy v obraze (Letter box). Tento proces díla velmi poškozují jak obrazovou estetiku tak i děj. U komponování ve formátu 1:2.39 velmi často se hlavní děj odehrává po okrajích obrazu. Při využívání této metody, vznikají scény, u kterých divák není schopen filmové postavy vidět, ale

obraz naplňuje celou obrazovku. Byla na základě toho vyvinuta metoda pan-scan, která umožňuje selektivní překomponování, aby aspoň část děje byla zachována. Tato zvěřská metoda vůči tvůrcům a dílu, naplňování obrazového kontejneru pro televizní vysílání, pokračuje i do dnes. Existují kameramani, režiséři, producenti, kteří zastávají svá díla, a prodávají svá práva na základě dodržování velikostí, v kterém bylo dílo natočené. Další praxí je zobrazování v úvodních titulcích nápis, který diváka upozorní, že dílo není ve své primární podobě. Další metoda je, že poměr stran díla je zachován a je uložen do Letter Boxu. Divák je schopen si dílo zažít v plném rozsahu autorského záměru, jako například film "The Grand Hotel Budapest" režie: Wes Andersenem, u kterého poměr stran hraje jako časové měřítko. Tento prvek, by byl úplně ztracen, pokud by byla využita metoda zvětšování obrazu do plného obrazového kontejneru. V kino distribuci tento problém je vyřešen mnohem lépe. Do DCI obrazového kontejneru - 1:1.9, je obraz téměř vždycky v Letter boxu či Pillar boxu. Vůči formátu se každá jednotlivá projekce opravuje a to dvěma způsoby. Je to dáno schopností projektoru a velikostí plátna. DCP projektory mají velikost čipu 1:1.9. Plátna na druhou stranu jsou ve formátu 1:2.39 a 1:1.85.<sup>15</sup> Pokud promítáme kopie v obrazovém formátu 1:2.39 na plátno 1:2.39, projektor opticky zvětšuje promítací kontejner 1:1.9 v horizontální velikosti plátna. Nevyužitá část obrazového kontejneru je zakrývá v projektoru. Pokud ale promítáme 1:1.85 na plátno 1:2.39 tak se obraz opticky zmenšuje, aby obrazový kontejner 1:1.9 naplnil plátno vertikálně. Nevyužitá část obrazového kontejneru a plátna se zakrývají po stranách přímo u plátna za pomocí černé plochy/látky. U takového nastavení plátna a projektoru jsme schopni promítat lépe formáty z 1:1.9 směrem k obrazovému formátu 1:1 a vertikální formáty, jelikož můžeme přesně zakrýt nevyužití prostor. U plátna s velikostí

---

<sup>15</sup> Existují ji další, pro IMAX, Omnimax atd.

1:1.85 je to analogicky a přesně opačně. Plátno zakrýváme shora a zespoda, u promítání 1:1.85 obraz zvětšujeme a ořezáváme v projektoru a u 1:2.39 obraz zmenšujeme a zakrýváme nevyužitou část obrazového kontejneru přímo u plátna. U plátna 1:1.85 je výhodné promítat kromě 1:1.85 tak formáty z 1:1.9 směrem k obrazovému formátu 1:4, jelikož můžeme zakrýt přesně nevyužitou část obrazového kontejneru a plátna. Toto je samozřejmě teoretická představa, která nemusí v praxi fungovat u nestandardních formátů. Pro standardní poměry stran většina kin má přednastavené volby zakrývacích ploch.

V tabulce můžeme vidět, jaké jsou standardy pro jednotlivé distribuce a jejich variace.

# Distribuční kopie

Kodovací formát	Kodek	Bitrate UHD (2160)25fps	Bitrate FullHD (1080)25fps	Bitrate SD (576)25fps	Kontejnerová formát	Kino 2K	Kino 4K	Televize HD DVB-T	Televize HD DVB-T2	Televize UHD DVB-T2	DVD	BlueRay Disc	UHD BlueRay Disc	HTML5	Vimeo	YouTube
JPEG 2000	JPEG 2000	250 Mbit			mxp	✓	✓									
MPEG-2	MP@ML			9.8 Mbps	vob						✓					
	422@HL		50 Mbps		mxp			✓								
					m2ts							✓				
H265	Main, Level 5.2	VBR, 1 pass 35 Mbps / 40 Mbps			m2ts								✓			
					mp4				✓	✓				✓	✓	
	Main, Level 4.1		VBR, 1 pass 16 Mbps / 20 Mbps						✓					✓	✓	
	Main, Level 3.1			VBR, 1 pass 4 Mbps / 8 Mbps										✓	✓	
H264	HiP 100		VBR, 1 pass 50Mbps / 50Mbps		m2ts							✓				
					mp4			✓								
	HIGH, Level 5.1	VBR, 1pass 48 Mbps / 60 Mbps													✓	
	HIGH, Level 5.1	VBR, 1pass 40 Mbps / 40 Mbps														✓
	HIGH, Level 5.2	VBR, 1pass 24 Mbps / 50 Mbps												✓		
	HIGH, Level 4.2		VBR, 1pass 16 Mbps / 20 Mbps												✓	
	HIGH, Level 4.2		VBR, 1pass 20 Mbps / 20 Mbps													✓
	HIGH, Level 4.2		VBR, 1pass 12 Mbps / 16 Mbps											✓		
	HIGH, Level 4.2			VBR, 1pass 8 Mbps / 10 Mbps											✓	
	HIGH, Level 4.2			VBR, 1pass 16 Mbps / 16 Mbps												✓
VP8		NI	10 Mbps	NI	webm								✓	✓	✓	
VP9		NI	10 Mbps	NI	webm								✓	✓	✓	
AV1	5.0	NI	30 Mbps	NI	webm								✓	✓	✓	
Theora		NI	24 Mbps	NI	ogg, ogv								✓			

### 3.3 Archivní kopie

Kopie k uchování neboli archivní kopie je určena, jak i její název naznačuje, k archivaci. Archivace je nám známá s mnoha různých médií. Její účel je eliminovat čas jako faktor a zanechat stopu pro budoucí generace. U audiovizuální digitální kopie můžeme problém rozdělit na dvě části – jaký soubor ukládáme a kam ho ukládáme. Soubor, který ukládáme, může být jakýkoliv, ale správně bychom měli ukládat to nejlepší, co máme nebo umíme. Tady narazíme na první časový problém. Nejlepší technologie dnešní doby neznamenaají nejlepší technologie doby budoucí. Abychom to pochopili tak dáme příklad na americkém seriálu "Friends". V době jeho vzniku v roce 1994 byl televizní standard NTSC, a poměr stran 4:3, televize se hlavně zaznamenávala na Betacam, který naplňoval potřeby televizní produkce. Tento seriál byl natočený na naprosto neuvěřitelnou technologii v kontextu televizní výroby – 35mm negativ. V době HD a FULLHD byl seriál opět naskenován a byla možnost revitalizace a naplnění nové technologické normy. Díky tomu, že byl archivován původní zdrojový záznam, tak bylo možné dílo archivovat nadčasově. Tento postup můžeme definovat jako Nadčasový (Future proof). Můžeme porovnat dnešních médií a způsob zaznamenávání s nedávnou minulostí – první 4K technologií. V roce 2007, jedna z prvních dostupných 4K kamery, RED One, měla schopnost zaznamenávat v rozlišení, které nebylo možné distribuovat a v současnosti je to skoro běžné televizní vysílání. Filmy vzniklé na této technologii mají možnost v dnešní době být opět v rozpětí standardu. Otázka samozřejmě zní, zda existují původní data nebo kopie v tomto formátu? Je to bohužel velmi nepravděpodobné. Z tohoto příkladu nám vyplývá to, že můžeme mít dva druhy archivační kopie. První, která nosí své časové technologické omezení a nedokonalosti a druhá archivační kopie, která nám dovoluje budoucí revitalizace, neboli nám původní záznam nedegraduje. Z revitalizace starší technologie/

záznamu, do nového média, je dobrý příklad metoda DRA, která popisuje postup digitalizaci filmového záznamu. Abychom do budoucna mohli nechat náš "digitální negativ" s možností revitalizace tak bychom měli i archivovat v tomto duchu, pokud bychom chtěli udělat technologicky nadčasové dílo. Rozlišení a počet snímku za vteřinu, bychom měly zanechat s parametrem primárního záznamu. Kódovací formát má být minimálně bezztrátový ne-li nekomprimovaný, i v případech archivování komprimovaného ztrátového primárního záznamu. Zajistí nám to, že nepřijdeme o informace z primárního záznamu. Barevný prostor, bychom měly volit co největší. Tonální rozsah bychom měli volit také co největší – HDR nebo logaritmický. Pokud tyto podmínky splníme tak zajistíme do budoucna možnost vytvořit kopie distribuční do nového barevného prostoru.



## 4.Vznik digitální kopie

Audiovizuální digitální kopie, jak už jsme zmínili, vzniká v digitální laboratoři, kterou nazýváme postprodukce. Stroje nebo programy na kterých může vzniknout je několik druhů, například může vzniknout přímo ze stříhacího programu, z programu na barevné korekce či existuje specifický program určený ke konkrétní podobě kopii. Všechny tyto programy mají společné to, že obraz a zvuk enkódují. Stříhací programy jako jsou Avid Média Composer, Adobe Premier, FinalCut a programy na barevné korekce - BaseLight, Asimilate Scratch, DaVinci Resolve, Quantel Pablo mají schopnost enkódovat do více formátů. Enkóдеры které jsou určené pro konkrétní formát, umí pouze několik formátů například NERO Burning Rome, MacX DVD Ripper, DCP-o-matic, Easy DCP, WraCTOR, Cute DCP a mnoho dalších. Existují i enkóдеры, které umí enkódovat více formátů, například HandBrake, MPEGStreamClip, Adobe Média Encoder nebo samotný QuickTime, který je zároveň enkodér a dekodér. Z každého enkodéru jsme schopni vytvářet digitální kopie. Některé umí vytvářet i všechny druhy kopií, záleží na našich potřebách a složitosti našeho workflow .


V zjednodušené podobě workflow vypadá takto: >Import> Edit>Colorgrading>Delivery. Tuto workflow můžeme vykonávat i v jednom programu, jako je Adobe Premier nebo Avid Media Composer. Tato workflow je velmi používaná v nenáročných audiovizuálních produktech, jako jsou videa pro sociální média či internet kanál na YouTube a jiné platformy. Tato workflow může vzniknout i v mobilu, z média nahrané přímo na něm, editace, obarvené a rovnou distribuované. V profesionální praxi se většinou setkáváme s mnohem složitější workflow, která obsahuje off-line a on-line zpracování dat, trikovou postprodukci a další. Každý proces vzniká v jiném programu či zařízení určené přímo k tomu. Samotná workflow může obsahovat několik zdrojů záznamu jako jsou primární

záznam a již zpracovaná data v například trikové výrobě nebo archivním materiálu. Složitější workflow má mnohem více parametrů a problémů a to rozebereme, co je v souladu s tématem této práce, jelikož celá workflow je sama o sobě velmi rozsáhlé téma.

## 4.1 Výroba náhledová kopie

První krok u jakékoli workflow je zpracovat primární záznam do podoby vhodné k dalšímu procesu. V profesionální praxi vstupní data jsou datově náročné a je potřeba vyrobit náhledovou kopii, kterou jsme již popisovali. Vytváření náhledové kopie je v závislosti na tom, jaký máme vstupní záznam. Parametry, který nás zajímají jsou rozlišení, poměr stran, počet snímků za vteřinu, barevný prostor, název souboru a Time code. Každý z těchto parametrů se může lišit vůči následnému zpracování. Je to dané postupem práce – konkrétní workflow. Například rozlišení může zůstat jak nativní, tak i zmenšené. Odvíjí se to od požadavku stříhače a schopností jeho stroje, programu a jeho autorské potřeby jako například překomponování. Rozlišení u náhledová kopie v kontextu denních prací záleží na tom, do jakého distribučního kanálu se to bude prezentovat (projekce, internet). U poměru stran při náhledové kopii záleží na tom, jak je obraz původně komponován a do jakého snímacího poměru stran, například snímací formát má poměr 1:1.78, ale do ně se komponuje formát 1:2.39 (sféricky cinemascope). V tomto případě pro denní práce správně obraz ořezáváme do letterboxu, aby byla vidět finální kompozice. Do střížny můžeme nechat celý obraz pro možné překomponování. Z pravidla můžeme říct, že počet snímků za vteřinu bychom měli u vytvořené náhledové kopie nechávat stejný, ale existuje i příklad, který je výjimkou toho pravidla – zpomalené záběry. U některých snímacích zařízení zpomalené záběry se ukládají do projektových počtů snímku za vteřinu a obraz je rovnou zpomalený, ale některý tuto funkci nemají a je potřeba vytvořit náhledovou digitální kopii se správným přepočtem, například 150FPS přepočítat do 25fps. Další zásadní parametr je barevný prostor. Primární záznam může být jak logaritmický, tak lineární a je potřeba ho správně převést do náhledové podoby. Lineární obraz z pravidla pro náhledové účely se neopravuje, jen zřídka

pokud je nějaký specifický požadavek, naopak logaritmický obraz se správně převádí do lineární podoby. Existuje několik metod. První metoda je využití převodové charakteristiky výrobce, například ARRI LogC > REC709. V tomto případně máme převodovou charakteristiku danou výrobcem, která převádí obraz na základě jejich kolorimetrických parametrů. Tyto převody můžeme nazvat technické. Další metoda je využívat převodové charakteristiky k jinému účelu, například na materiál v barevném prostoru LogC, využít převodová charakteristika KODAK 2383, který je určen k simulacím, jak by kopie vypadala při vypalování na pozitivní materiál KODAK 2383. Dále můžeme využít vlastně vyrobenou převodovou charakteristiku z doby příprav při testování kamery. Tyto převody můžeme obecně nazvat umělecké. Setkáváme se u nich s možností použít několik pro jeden projekt. Záleží na autorovo uvažování, například rozdělit časové období, noční a denní scény, vzpomínky atd. Aplikování správné převodové charakteristiky je součástí vytváření náhledové kopie. Domluva, jaký typ převodové charakteristiky se používá na konkrétní scény, je součástí workflow. Obecně převodové charakteristiky nazýváme LUT - Lookup table. Existují dvoj a trojrozměrné. Další parametr je jméno souboru. U náhledových kopií většina zůstává stejná nebo s rozšířením na konci, například jmenosouboru\_proxy.mov Tím se soubory lépe dohledávají. Pokud zanecháme stejné jméno, tak se tyto kopie ukládají do oddělené složky, aby nedošlo k záměně se zdrojovým souborem. Poslední parametr je Timecode. Velmi zřídka měníme jeho hodnoty, než je v původním záznamu. Jméno a timecode souboru se dost často vkládají přímo do obrazu náhledových kopií. Pomáhá to u komunikace a kontroly. Poslední krok při tvorbě náhledové kopie je volba kódovacího formátu.

 Konkrétní stroje, v kterých náhledová kopie vzniká, jsou ve své podstatě čtyři. Náhledová kopie může vznikat přímo v kameře, například v kamerovém

systemu RED. Může vznikat ve stříhacím programu jako je AVID. Může vznikat v barevném korekturu jako je DaVinci anebo v programu určenému k vytváření náhledových kopií jako je RED Cine, Compressor nebo ARRIRAW. V poslední kategorii existují i celé samostatné služby pro náhled denních prací jako je DailiesViewer. Tato služba nám umožňuje jak enkódování denní práce, tak i cloud službu. Uživatel se může na náhledové kopie dívat, a zároveň může koukat na kamerové reporty, které jsou synchronizované a náhledová kopie je opatřena s veškerými metadaty z kamery. Celkově je možno využít veškeré stroje na tvorbu nahledových kopií. Častá metoda je vytváření náhledových kopii v programech k tomu určených. Výhoda je, že se dá použít stroj/počítač, který není využit v postprodukci na online či barevné korekce a není tak výkonný. Tato metoda je využita u větších projektů. Další rozšířená metoda je, enkodování primárního záznamu v stroji či programu určenému pro on-line. Výhoda je, že na počátku se zakládá projekt s odpovídajícím nastavení a po stříhu již máme mnohem snadnější přípravu na dokončovací práce – barevné korekce. Důležité je, že výroba náhledových kopií není závislá na prostředí, ve kterém se vytváří, může se vytvářet v prostředí nesplňující normy pro prezentace.

## 4.2 Výroba distribuční kopie

Výroba distribuční kopie je proces na konci celého postprodukčního řetězce. Je to proces, který může ovlivnit celkový vzhled a kvalitu práce veškerých lidí, kteří se na filmovém díle podíleli, a nejen z obrazové složky. Nesprávná výroba může poškodit výkon jak herců, tak i celkový dojem z audiovizuálního díla. Abychom pochopili, kde problémy mohou nastat tak si částečně rozebereme samotnou barevnou korekci jako proces a parametry na ní navázány.

Barevné korekce mohou probíhat ve dvou druzích programů, a sice stříhací programy a programy přímo určené k barevným korekcím. V profesionální praxi obě metody jsou využívány. Výhoda stříhacích programů je jen jedna - dílo není nutné převádět do dalšího programu a udělat tím pádem složitější a časově náročnější workflow. Nevýhod je spousta, ve svých funkcích jsou omezené, často není možnost nastavení vstupní, pracovní a výstupní barevný prostor. Velmi často nepodporují hardwarové zařízení na zpracování signálu. Neumí separátní výstupy a jejich nastavení do projektoru nebo do televize. Tuto metodu zahrnujeme do profesionální praxe jedině kvůli výrobě dokumentárních filmů a videoklipů, u kterých je dost často střihač i kolorista a pro ně by bylo velmi náročné naplňovat normy celé postprodukční společnosti. Klasický postup výroby digitální kopie je, že distribuční digitální kopie vzniká z programu na barevné korekce. Parametry, které ovlivňují kvalitu kopie je v tomto modelu několik a rozebereme je zvlášť.

### 4.2.1 Color management

U každého profesionálního programu na barevné korekce jeden z nejdůležitějších faktorů je správný color management. Color management je vlastně nastavení barevných profilu/barevných prostorů vstupních dat, programů a výstupních dat. Color management můžeme provádět několika způsoby. Nejrozšířenější způsob práce je z převodové charakteristiky – LUT.<sup>16</sup> Další metoda, kterou color management ovlivnil a zjednodušil je ACES. Tento systém nám dovolí nastavení všech třech zásadních barevných prostorů, s pouze jednou barevnou převodovou charakteristikou IDT>ODT. U předchozích systémů jsme mohli pozorovat několik interpretací mezi jednotlivými kroky. Definice správného nastavení procesu/color managementu, nezahrnující autorský záměr, je schopnost reprodukovat kolorimetricky odpovídající primární realitě. Znamená to, že víme, jak realitu snímáme, na jaké zařízení, s jakým barevným prostorem, v čem ho zpracováváme a na co ho prezentujeme. Každý výrobce kamery má svůj vlastní barevný prostor, ne-li několik. Každý barevný prostor je od výrobce kolorimetricky definován a má svůj název. U ACES, údaje jednotlivých barevných prostorů výrobce, jsou zaneseny jako parametry do ACES AP0 jako přednastavené profily, které můžeme volit – IDT. Toto nám umožňuje, abychom zdroje z různých kamer reprezentovali kolorimetricky stejně. Další prostor, který volíme je prostor, v kterém pracujeme. V ACES systému jsme v jeho počátcích byli schopni volit více prostorů jako DCIxyz, CIExyz a další, v dnešní době má standardizován prostor ACEScc odpovídající AP01. Prostor, ve kterém barevné korekce provádíme nám definuje, jaké množství barev ovlivňujeme a určuje chování určitých nástrojů. Například u XYZ víme, že zacházíme s celým viditelným spektrum. U REC709

---

<sup>16</sup> Metoda je popsána u výroby náhledové kopie

zacházíme s barvami vymezenými v tomto prostoru, a barvy mimo něj jsou staženy do jeho rámce. Gamut ACEScc je zvolen tak, aby v sobě zahrnoval gamu REC2020, jako největší gamut který v dnešní době využíváme u prezentací. Barevný prostor výstupních dat, do kterých kopie enkódujeme nebo rovnou prezentujeme je, jak již jsme zmínili prostor odpovídající prezentačnímu kanálu. Kopie do kina jsou v barevném prostoru DCI-P3, pro HD televize v REC709, pro UHD televize v REC2020. U ACES tyto profily nazýváme ODT. Tento příklad je pouze jeden způsob, jak color management můžeme provádět. Například převodovou charakteristiku vstupních dat můžeme použít stejně jak u náhledových kopií - nestandardní či umělecká, anebo žádnou. V tomto případě obraz ovlivňujeme takzvaně od nuly. Barevný prostor, ve kterém pracujeme, může být libovolný jako AdobeRGB nebo AppleRGB pokud jsme smířeni s jeho omezením. Nejdůležitější faktor je barevný prostor výstupu, protože podle něj se zobrazovače budou řídit. S toho vyplývá další důležitý parametr – kontrolní zobrazovač.



## 4.2.2 Kontrolní zobrazovač

Rozlišujeme dva druhy kontrolních zobrazovačů, a sice monitor a digitální projektor. V klasickém filmovém procesu existovaly dva kontrolní zobrazovače. První byl samotná filmová projekce, u ní jsme viděli obraz, tak jak by ho měl vidět divák – v prezentační kvalitě. Podle této projekce se prováděli obrazové úpravy – vyrovnávání. Nevýhoda byla nutnost výroby kopie, abychom obraz viděli. Další stroj, ve kterém jsme mohli obraz vidět, byl barevný analyzátor. Jeho kontrolní zobrazovač byl monitor s poměrně dost rozdílným obrazem než finální výsledek. U něho jsme viděli obraz přímo z negativu, v pozitivní podobě. Doba digitální nám umožňuje využít kontrolní zobrazovač, který zobrazuje distribuční kvalitu bez nutnosti výroby kopie. Aby byl odpovídající tak musí být správně nastaven. Znamená to, že monitor nebo projektor, musí projít barevnou kalibrací s externím zařízením, které nazýváme kalibrační sonda. Tento postup je velmi důležitý u kontrolních zobrazovačů, jelikož nám definují absolutní barevný prostor a víme, že zobrazovač jemu odpovídá. I u profesionálních zařízení, které jsou přímo určené ke kontrole obrazu a zkalibrovány již v továrně, opětová kalibrace je nezbytnou součástí pro správnou výrobu. Kalibrace a nastavení zobrazovače není nadčasová záležitost, kvůli čistě fyzikálnímu opotřebování různých součástí je jí potřeba pravidelně provádět. V momentě, v kterém máme nastavený a zkalibrovaný monitor nebo projektor do cíleného barevného prostoru, zasíláme do něj odpovídající barevný prostor, máme splněný jeden z důležitých parametrů – aby nedocházelo ke zkreslení barevné korekce. Další parametr zobrazovače je jeho technologie. Různé zobrazovací technologie nám můžou ovlivnit vjem, a kvůli tomu optimální cesta pro kontrolu je zobrazovat ve stejné technologii, v které budeme distribuovat, pro kino mít náhled na DCP projektoru, pro televize a internet mít náhled na OLED nebo HDR displeji.

U internetu a televize je možné zobrazovat na LCD či Plasmu, ale u nich můžeme samozřejmě mít mnohem víc odchylek dle kvality splněné výrobcem. Obrazový vjem je ovlivněn ještě jedním parametrem a to pozorovacími podmínkami.

### 4.2.3 Pozorovací podmínky

Pozorovací podmínky jsou obecně podmínky, v kterých jsme v interakci se zobrazovačem, například doma v obývacím pokoji s televizí, v kavárně s notebookem, v posteli s tabletem nebo v kině s projektorem. Množství těchto situací v dnešní době, na rozdíl doby nedávné, je opravdu hodně. Můžeme je rozdělit na dvě, a to kontrolované a nekontrolované. V běžné distribuci existuje pouze jedno medium, které má kontrolované podmínky, a to je kino sál, pokud vyloučíme, kolik diváku je v kině a jak jsou oblečení.<sup>17</sup> U ostatních distribučních kanálů jako je internet a televize pozorovací podmínky se můžou lišit ve velkém spektru, a to od parametrů kolik je tam světla, s jakou barevností, kde se odrazí nebo skrz co svítí. Tyto všechny podmínky jsou nekontrolovatelné. U zobrazovače existují metody které to berou v potaz. Rozebereme v kapitole o prezentaci. Přesto existují pozorovací normy pro televize, které nám definují optimální podmínky pro referenční zobrazování. Celková metodologie pro subjektivní evaluace kvalitního televizního obrazu je popsána v normě ITU-R BT.500 verze 14. Ta nám udává spousty parametrů, které ovlivňují vjem obrazu, ale i pozorovací podmínky a jejich parametry, které jsou popsány v odstavci 2.1.1 referenční prostředí a 2.1.2 domácí prostředí. Celková norma pro pozorovací podmínky pro HDTV můžeme také najít v ITU-R BT.710-4 z roku 1998 které jsou platné až dodnes. Norma pro kina, která nám definuje kvalitu projekce a respektive pozorovací podmínky je SMPTE-RP 431-2, je uvedena v DCI specifikacích.

---

<sup>17</sup> Pokud je kino plné, jenom odrazivost obličejů všech diváku, může nám změnit množství ambientního světla až dvojnásobně. Pokud by cíl sál měl být trička množství parazitního světla by teoretický mohlo být ještě větší.

#### 4.2.4 Mapování úrovně signálu

Mapování úrovně signálu spočívá v tom, zda signál, například v 8bit, ukládáme mezi úrovní 16-235 anebo 0-255. Rozdíl je také v tom, jaké množství úrovně použijeme. U úrovně 16-235 tzn. TV Legal, jsme nuceni použít menší množství, kvůli technickým potřebám u TV vysílání. Tyto potřeby v dnešní době nemáme, přesto většina spotřebitelských zobrazovačů mají buď dekódování rovnou do TV Legal nebo pokud je možné volit, jaký signál dostává, tak je tam přednastavení TV Legal. Z toho nám vyplývá, že kopie do televizní distribuce bychom měly ukládat do TV Legal, platí to i pro DVD a Blu-Ray distribuci. U kino distribuce ukládáme do úrovně 0-255 Data Range, respektive do 0-1023 v 10bit, protože DCI projektor je takhle přednastavený. Toto mapování úrovně signálu je výhodnější, protože má větší tonální škálu. Můžeme samozřejmě v tomto procesu udělat chybu, která je velmi častá, a to ta, že se obraz uloží do nesprávného mapování a vznikají obecně dvě situace. Pokud obraz uložíte do Data range 0-255 pro TV distribuce, tak nám to úrovně mezi 0-16 a 235-255 ořeže, neboli v těchto tónech nevidíme žádný rozdíl, budou reprezentování 0-16 čistě černou, 235-255 čistě bílou, obraz bude více kontrastní. Druhá možná situace je, že obraz z mapování úrovně signálu 16-235 se reprezentuje zobrazovačem v 0-255. Nastane to, že mezi 0-16 a 235-255 není žádná informace, což znamená, že zobrazovač úrovně mezi 0-16 nezobrazí a první úroveň, kterou zobrazí je 16, která je vyšší úroveň než černá. Znamená to, že pro nás uložená černá v TV-Legal s úrovní 16 bude reprezentovaná odpovídající šedou v Data Range a čistá bílá pro TV-Legal 235 bude reprezentovaná zašedlou bílou s úrovní 235 v Data range, výsledkem je méně kontrastní obraz.

## 4.2.5 Digitální master

Poslední krok ve výrobě distribuční kopie je vytváření samotného souboru, který budeme prezentovat – audiovizuální distribuční kopii. DCI specifikace je nejlepší příklad. Samotnou distribuční kopii do kina nazýváme DCP (Digital Cinema Package). DCP jako soubor v sobě obsahuje DCDM (Digital Cinema Distribution Master). DCDM je náš finální vzhled, naše distribuční kopie. Proces probíhá následovně – DCDM ukládáme do DCP a poté v přehrávači opět rozbalujeme do DCDM. Celá tato metoda vzniká na základě toho, že samotný DCDM z obrazového hlediska je uložen do MXF, který neumí žádnou ochranu. Abychom kopie chránili, musíme jí uložit do dalšího souboru/kontejnerového formátu. Můžeme si to představit jako vytváření souboru ZIP. U DVD, nosič informací je DVD disk, ale formát je DVD. Pokud vytváříme DCP kopie, která nebude chráněna tak do distribuce můžeme rovnou zaslat MXF a ostatní soubory zvukové, titulky a metadata. Můžeme ho rovnou přehrát, bez ukládání do DCP a opětovného rozbalování. Jinými slovy naší distribuční kopii je DCP a zároveň DCDM – MXF v JPEG2000. U DVD tak naší distribuční kopii je DVD, ale zároveň VOB v Mpeg-1. U vytváření DCDM, specifikaci nám popisuje metoda, která zahrnuje DSM (Digital Source Master). Rozdíl mezi těmito dvěma pojmy se velmi často plete. DSM, jak specifikace označuje, může být jakýkoliv soubor, na základě kterého vzniká DCDM. Specifikace nám nedefinuje normy toho souboru. Právě díky těmto dvěma pojmům vznikají velké nedorozumění a dost nesprávné postupy, které obraz poškozují, jak jsme již popisovali - obraz enkódujeme, dekódujeme a opět enkódujeme. Pokud nevytváříme DCDM rovnou z programu na barevné korekce, správně jako DSM používáme kopie archivní. Za DSM může být použit jakýkoliv formát, pokud nemáme dílo v archivní podobě. Tato metoda vznikla v dřívější digitální produkci a dílo bylo omezené na kvalitu odpovídající době vzniku.

### 4.3 Výroba archivní kopie

Výroba archivní kopie je ve své podstatě stejná jako výroba kopie distribuční vzhledem nástrojům a způsobu zpracování. Liší se v tom, že produkt, který vzniká, není určený k prezentaci ale k archivaci. Jak již jsme pojmenovali potřeby a druhy archivní kopie a sice, nadčasovou a archivní kopii nesoucí technologicky omezení doby vzniku, její výroba se liší. Výroba nadčasové archivní kopie může být ve své podstatě provedena několika způsoby. Jeden postup je, ukládat sestřih primárních dat včetně triku se soupiskou EDL. Ohledně barevných korekcí můžeme k tomu archivovat projekt, ve kterém jsme barvili v daném programu, nebo můžeme uložit CDL(color decision list) k projektu, aby do budoucna bylo jasné, jaké korekce byly provedeny. Můžeme k tomu uložit náhledovou kopii, která by reprezentovala vzhled díla. Tuto celou metodu nemůžeme považovat za archivní audiovizuální kopii, jelikož by vyžadovala restaurování. Restaurování u filmového procesu je snadnější, protože v době vzniku technické omezení bylo poměrně velké a nástroje, kterými byl obraz ovlivněn u dokončovacích prací, bylo jen několik, i přesto restaurování a digitalizaci filmu je velmi náročný proces. Pokud vezmeme v potaz všechny technologie, s kterými obraz v dnešní době ovlivňujeme, restaurování digitálního díla by bylo o mnohonásobně složitější. Z toho nám vyplývá, že archivní audiovizuální kopie by měla zaznamenat veškeré opravy, ale neměla by omezit technologické parametry její podoby. Tím se dostáváme do další metody, jak archivní kopie může vznikat. Obraz se enkóduje do nekomprimované podoby nebo minimálně do bezztrátového kódovacího formátu, v plném počtu snímku za vteřinu a do největšího barevného prostoru do kterého jsme schopni ukládat, s logaritmickou gamou. Největší barevný prostor nám zajišťuje to, že pokud nám v budoucnu zobrazovací technologie dovolí prezentovat ve větším barevném prostoru než je současný, tak budeme schopni dílo v tomto prostoru

prezentovat, například REC2020 nebo REC2100. Obecně můžeme kopie ukládat do většího barevného prostoru, i když je již v limitovaném barevném prostoru. Výsledek bude s menším množstvím barev, limitovaný dle primárního barevného prostoru, bude méně saturovaný. Logaritmická gama by nám zajistila větší tonální rozsah, který bychom do budoucna použili například u HDR. U této metody výroby můžeme obraz uložit jako video souboru nebo do jednotlivých snímků.

Pokud se podíváme opět na DCI specifikaci jako příklad, rozdíl mezi DSM a archivní kopií spočívá v technologických požadavkách daného distribučního kanálu. Například máme archivní kopie v rozlišení 8K, ale do distribuce potřebujeme pouze 2K. Z archivní kopie můžeme vytvořit 2K DSM, z kterého nám vznikne například 2K DCDM. Proces může existovat rovnou z 8K archivní kopie do 2K DCDM. Role ostatních parametrů jako poměr stran, počet snímků za vteřinu a další, nám určuje rozšířená praxe vytváření oddělní kopii, kterou nazýváme Master 2K DCI, Master TV FullHD atd. Tyto Mastry můžeme použít jako archivní kopie odpovídající technologicky omezené době vzniku, pokud vznikly v bezztrátové nebo nekomprimované podobě. Toto se nám dostává do velmi časté praxe v současnosti, archivace pouze těchto masterů. Častý problém je, že pod pojmem Digitální Master se rozumí velká spektra kódovacích a kontejnerových formátů. U DCI nazýváme Master distribuční kopie, která není vhodná k archivování, jelikož je vizuálně bezztrátová a není nekomprimovaná nebo bezztrátová. U televizní nebo internetové distribuce můžeme vidět tyto případy mnohem horší, a to že se archivuje například MPEG-2 DVD Master nebo XDCam, který ale rozhodně není k těmto účelům vhodný.

Další rozdíl mezi archivní kopií a kopií distribuční jsou rozdílná média, na které kopie ukládáme. Toto téma rozebereme v kapitole o ukládání a uchování audiovizuální kopie. Důležité u výroby je, zvolení média, na kterou kopie budeme

ukládat, protože nám může ovlivnit výběr, zda budeme vytvářet kopie v jednom video souboru nebo do jednotlivých snímků. Obecně volba ukládání do jednotlivých snímků je výhodnější, protože nám nabízí víc možností při výběru média.



## 4.4 Kontrola vyhotovení kopie

Jako při každé výrobě, v poslední fázi je kontrola kvality a kompatibility výrobku, v tom se audiovizuální tvorba neliší od jiného výrobního procesu. U všech druhů kopií probíhá nějaký druh kontroly. Kontrola spočívá v tom, zda je vyhotovený produkt kompatibilní s řetězcem, třeba u náhledových kopií denních prací, zda stříhový program formát umí. Tato kontrola většinou probíhá v rámci testování workflow na začátku postprodukčního období. Testování kompatibility probíhá i u distribuční kopie, například u DVD, zda daný výrobce má nastavený proces správně. Chyby jsou součástí řetězce a jediný legitimní způsob, jak ji zjistit, je udělat si zkoušku. Chyba může nastat nejen u kompatibility kódovacího formátu, ale i v color managementu, jak jsme již popsali. V ideálním případě každý derivát, každý druh kopie musí být zkontrolován zvlášť ve svém účelovém kanálu. Chyba může nastat i v datovém toku. Specifikace DCI určuje maximálně 250Mbit/s, ale dost kin to neumí, tak většina kopií se vyrábí s nižším datovým tokem. U správné nastavení enkódování, barevného prostoru atd, se může stát že kopie nemá v dané technologii správnou barevnost nebo tonalitu. Je potřeba, vůči danému médiu, zanechat opravy v programu na barevné korekce, a to i po jednotlivých záběrech či scén. Kontrola vyhotovení kopie je krok, který dost často bývá zanechán, kvůli časovým požadavkům a většinou je to na úkor díla.

## 5. Prezentace digitální kopie

Prezentace audiovizuální kopie je nejdůležitější část života jednoho díla. Je to moment, u kterého se divák setkává s dílem, o kterém autoři sní ihned od prvního nápadu. Přesto je to nejzanedbanější proces v řetězci. Jediná opravdu opatřená prezentační platforma / distribuční kanál je kino. I přesto že majitele kin dost často nemění výbojky v projektorech, a nekalibrují pravidelně, z finančních důvodů, existují i poctivá kina, která normy dodržují. U televizní a internetové distribuce tento problém je téměř neřešitelný. Jak již jsme popisovali, každý výrobce spotřebitelských obrazovek vyrábí dle přibližné normy, a většina obrazovek se mezi sebou obrazově neshodnou, bez kalibrace. Běžný spotřebitel svojí obrazovku nikdy nekalibruje. Celou zodpovědnost nestandardního zobrazení nemůžeme klást pouze na výrobce a na spotřebitele. Jsou v tom i jiné faktory jako je technologie zobrazení a pozorovací podmínky. Je pravda, že jak výrobce, tak i uživatel mohou tyto parametry ovlivnit. Rozebereme zobrazovací technologie samostatně, a co nám nabízí různé technologie.

## **5.1 Technologie obrazovek**

Celkově obrazovky jsou založené na principu vyzařování světla a jeho modulace v jasů a v barvě. Je několik způsobů, jak toho můžeme technicky docílit. Každá technologie má svoje výhody a nevyhody a používáme je i pro různé účely. Každou rozebereme zvlášť.

### 5.1.1 LCD displej

LCD technologie je založena na vlastnostech tekutých krystalů. Obrazovka se celkově skládá z podsvícení a obrazové matice. Podle obou parametrů můžeme definovat různé typy LCD displejů. Podle matice ji můžeme rozdělovat na aktivní a pasivní. LCD z pasivní matice jsou jednodušší na výrobu a typický příklad jsou starší digitální hodinky. Aktivní jsou složitější, ale nabízí nám mnohem větší možnost. V principu LCD matice funguje tak, že mezi dvěma polarizovanými filtry máme tekutý krystal. Tekutý krystal je oboustranně uzavřený mezi skly, které jsou drážkované, jedno horizontálně a druhé vertikálně. Díky tomu molekuly tekutých krystalů formují spirálu o 90 stupních. Tato vlastnost nám pomáhá v tom, že se polarizované světlo z jedné strany otáčí o 90 stupňů a prochází polarizované sklo na druhou stranu. Tekutý krystal má na sobě ještě průhledné elektrody z jedné a s druhé strany. Pokud přes ně pustíme proud, tak se molekuly srovnávají ve směru proudu, polarizované světlo zůstává ve svém směru a neprojde skrz druhou polarizační folii. Podle toho, kolik tam pustíme proudu, můžeme regulovat množství světla, které skrz krystaly prochází. V jednom pixelu máme skupinku 3 těchto tekutých krystalů, se svými vlastními elektrody. Každý z nich stojí za jedním barevným filtrem, a sice červeným, zeleným nebo modrým. Tato technologie LCD matice je ještě známa jako TN (Twisted nematic) Další technologie matice je IPS (In-plane switch) Tato technologie opravuje přepínání a uspořádání orientaci molekul ve vrstvách tekutých krystalů mezi skleněnými destičkami, a to tak že molekuly jsou paralelně se skleněnými destičky. IPS technologie prošla velkým vývojem a má spoustu druhů – IPS, S-IPS, AS-IPS, IPS-Pro, H-IPS, E-IPS, P-IPS a AH-IPS. Hlavní rozdíl mezi TN a IPS je ten že IPS má mnohem lepší barevné podání, mnohem lepší kontrast a mnohem lepší pozorovací úhel. IPS technologie má ještě jednu vlastnost, a sice mnohem větší svítivost. Je to dané tím, že IPS

technologie používá jiný druh podsvícení, který je na základě RGB LED diody po cele ploše obrazu.

Podsvícení u LCD technologie máme několik druhů. Rozlišujeme je podle toho, zda světlo do matice je odražené a zdroj je po stranách nebo podsvěcujeme celoplošně pod celou maticí. Většinou se používá metoda CCFL (Cold cathode florescent lamps) neboli fluorescentní zdroj. Další metoda je WLED, která je celá mříž ledkových diod, které skrz difuzor nám podsvěcují celou maticí. Nejdokonalejší technologie je RGB-LED, která zaměnila původní jednobarevný zdroj za tři barevné zdroje. U ní výhodou je, že jsme schopni reprodukovat mnohem větší barevní gamut. O této technologii se dost často říká, že je to LED obrazovka, ale je to pouze marketingový trik, jelikož LED obrazovka existuje na jiném principu, toto je obrazovka s LED podsvícením.

Celkově obrazovky LCD jsou nejpoužívanější, jelikož jejich výroba je mnohem levnější než jiné technologie. Máme tady celou škálu těchto technologií a možností. Celkový problém LCD je nemožnost mít hlubokou černou, čistě z principu, že podsvícení se dostává i skrz polarizaci světla v nějakém malém množství. U LCD s led podsvícením se používá další metoda, která může rozdělit celou obrazovku na sektory, u kterých sníží úroveň podsvícení a dostává tím pádem hlubší černou. Tuto metodu nazýváme FLAD (Full-area Local area diming).

### 5.1.2 LED displej

Technologie LED display, jak již jsme zmínili, nemá nic společného s obrazovkou s LED podsvícením, jediné společné je, že se u obou používá LED technologie. V tomto případě obrazovky vznikají přímo s třemi diody RGB, které svítí napřímo. Výhoda této technologie je mnohem větší svítivost displeje a velmi často je vidíme na exteriérových obrazovkách. Tuto technologii jsme schopni vidět kontrastní a jasově viditelný obraz i za přímého slunce. Nevýhoda této technologie je její PPI. Jednotlivé pixely jsou poměrně velké a u pozorování z blízka, se obraz rozpadá. Tato nedokonalost je řešena v technologii MicroLED, která funguje na stejné bázi, akorát jsou použité mikro led diody. V posledních letech je tato technologie ve vývoji, velký problém spočívá v náročnosti skládání jednotlivých diod. MikroLED úspěšně funguje na velkých formátech, u kterých je 99 % obrazovky čistě černá a pouze 1% jsou diody. Nevýhoda je stejná jak u LED obrazovek – z určité vzdálenosti není schopna naplnit rozlišovací schopnosti oka.

### 5.1.3 Plasma display

Plasma technologie funguje na základě buněk plné plasmy. Tyto jednotlivé buňky jsou schopné světlo vyzařovat. Z toho nám vyplývá její největší výhoda, a sice hluboká černá, jelikož můžeme každý pixel rozsvěcovat a zhasínat zvlášť. Je to mnohem dražší technologie, než je LCD, ale neznamená, že je lepší. Její nedokonalost spočívá ve svítivosti, příkonu a také v tom, že z technologických potřeb využívá sklo, které hází odlesky v nekontrolovaném prostředí. Využití této technologie vidíme u spotřebitelských obrazovek, pro které není úplně vhodná díky svým nedokonalostem, které jsme popsali. Můžeme ji využít v kontrolovaném prostředí jako je postprodukce, i přesto je velmi těžké naplnit potřebné normy u kalibrování. Její další nevýhoda je, že časem se jednotlivé buňky mohou poškodit, což způsobuje nerovnoměrný obraz na ploše obrazovky. Podobný vjem můžeme pozorovat i u další technologie a sice OLED.

#### **5.1.4 OLED display**

OLED technologie je založena na základě organicky vyzařující diody. Co se týče vlastností, tak je velmi podobná plasmě, akorát mnohem dokonalejší. Má hlubokou černou, každý jednotlivý pixel se rozsvěcuje a zhasíná. Svítivost těchto obrazovek je mnohem lepší než plasma. Nedokonalost u OLED technologie najdeme v tom, že u zobrazování stejného obrazu jednotlivé pixely zleniví a ztrácejí svoje vlastnosti. Tyto displeje nejsou vhodné k zobrazování statických elementů v ploše obrazu, protože to poškozuje obrazovku. Takové elementy můžou být lišta task-bar nebo jiné podobné graficky elementy. Pro využití jako kontrolní monitor je naprosto dokonalý, ale pokud obraz zůstává déle na obrazovce, je potřeba využít spořič obrazovky, který prodlouží životnost displeje.



## 5.2 Technologie promítací

Promítací technologie se skládá ze třech elementů – světelný zdroj, obrazová matice a optika. V principu je to naprosto stejné jako u klasického filmového projektoru. Je výbojka, před ní se posouvá film a za ním je optika, která obraz zvětšuje. U digitálních projektorů můžeme najít rozdíl v tom, jaký máme zdroj a jakou používáme matici. Rozebereme každý druh zvlášť. U projekce obecně máme potíže v poměru velikosti plátna a výkonu světelného zdroje. Abychom dosvětili na vzdálenost 15-30 metrů na plátno s uhlopříčkou 15-80 metrů za nekontrolovaných podmínek, bychom potřebovali velmi silný zdroj. Do nedávné doby nás tato technologická překážka velmi limitovala a to tak, že v kině musí být tma. Tento faktor vzniknul již na počátku kinematografie, aby divák obraz vůbec viděl, protože první projektory neměly silný zdroj. V dnešní době v digitálních projektorech jsou výbojky mezi 2 až 7kW. Obecně spotřeba energie je velmi náročná, kromě tepla, které tyto projektory vytváří a nutnost pořádného odvětrání. V současnosti jsme svědky nového druhu zdroje, který do projektoru můžeme dát, který je mnohem ekonomičtější a má velký světelný tok. Tma jako požadavek pro kino projekce do budoucna možná zmizí.

### 5.2.1 LCD

LCD projektory využívají stejně jako LCD obrazovky vlastnosti tekutých krystalů. U LCD projekce máme 3 samostatné matice pro každou barvu. Celý princip promítání je následující – světelný zdroj se za pomoci zrcadel s určitou spektrální propustností rozděluje na tři barevné světelné zdroje, které procházejí svoji určenou maticí ve svém barevném kanálu – R, G nebo B, a pomocí prisma je světlo opět složeno do jednoho zdroje, který se skrz optiku promítá. Modulace množství v jednotlivém místě a míchání těchto třech barev nám vytváří určitý barevný tón v určité intenzitě. Tato technologie je velmi používána, protože je mnohem levnější než ostatní. Nedokonalost, kterou můžeme pozorovat je v rovnání jednotlivých barevných kanálů mezi sebou a vzniká efekt, dost podobný optické barevné aberaci. LCD matice jsou náchylné na teplotu a UV záření a časem se poškozují. U těchto projektorů můžeme nejčastěji vidět výbojku jako světelný zdroj. Zbytek rozebereme u Laserové a LED technologie.

### 5.2.2 DLP

DLP technologie spočívá v principu vyvinutém od společnosti Texas Instrumentals. Matice se skládá ze dvou komponentů. První komponent je barevné kolečko, princip, který byl vymyšlený ještě při pokusu o první barevné televize. Je rozděleno na barevné segmenty. Skrz ně je zasláné světlo, které při otáčení mění svou barvu. Tyto změny jsou synchronizované s dalším komponentem, kterým je zrcadlo. Toto zrcadlo je složené s jednotlivých malých zrcadélek o velikosti pixelu. Jednotlivá zrcadla jsou položena na silikonový podstavec, který dovoluje, aby se zrcadlo otáčelo kolem jedné osy. V jedné poloze zrcadlo odrazuje světlo směrem k optické soustavě, a v druhé poloze mimo ni. Díky tomu, že je zrcadlo položené na silikon, nám dovoluje tento pohyb dělat velmi rychle. Samotná modulace, jaké množství světla bývá odraženo, provádíme časem, ve kterém zrcadlo míří skrz optické soustavy. Celou technologii DLP používáme při profesionálních projekcích, jelikož je spolehlivější a má mnohem menší světelnou ztrátu. DLP projektory používáme v DCI projekcích. Jeho světelný zdroj je do dnešní doby hlavně výbojka.

### 5.2.3 Laser projektory

Laser projektory jsou projektory buď DLP s jedním nebo třemi čipy nebo LCD. Jsou definované, tím že mají za zdroj laser místo výbojky. Výhoda laseru je mnohem větší světelný tok za mnohem menší příkon. Další plus je životnost tohoto zdroje, která je až dvacetinásobná. Limitace u dnešní kino projekce je výkon projektoru a jeho schopnost osvětlit plátno. Díky tomu máme v kině mnohem menší celkový kontrast a prostředí musí být kontrolované. Každý malý zdroj nám ovlivňuje obraz ve velkém množství. U laserové projekce dopad ambientního a zbytkového světla je mnohem menší. Další výhodou laserových projektorů je mnohem přesnější barevná reprodukce než u ostatních technologií, jelikož laser má skoro jednu vlnovou délku na rozdíl od ostatních zdrojů, který mají celou spektrální charakteristiku. Tyto projektory jsou ve současné době již dostupné i pro běžného spotřebitele, ale za mnohem vyšší částkou než projektor s výbojkou.

#### **5.2.4 LED projektory**

LED projektory, jak jejich název nasvědčuje, využívají místo výbojky světelný zdroj s LED technologií. Tyto projektory mohou být jak DLP tak i LCD. Jejich výhodou je opět úspora v příkonu energie. Existuje také i technologie hybridní mezi LED a laserovými diodami, vyvinutá od společnosti Casio. Vývoj LED a Laser projektorů obecně je ještě před námi.

### 5.3 Pozorovací podmínky v reálu

Pozorovací podmínky v reálu jsou ve spektru od nulové jasové hodnoty až po plné sluníčko, teplotu světelného zdroje od 2400 kelvinu až po 17000 kelvinu, okolní odrazné plochy od šedé až po nasycené barvy. Všechny tyto parametry mají obrovský vliv na to, jak obraz vnímáme. Tyto parametry, v malé časové ose, v jednom prostředí, se mohou velmi lišit. Takové prostředí a podmínky nazýváme nekontrolované. Jsou dvě možnosti, jak správně zobrazovat v takových podmínkách. První možnost je prostředí uzpůsobit, zatáhnout žaluzie, zhasnout lampu atd. Volba konkrétní opravy samotného prostředí záleží i na druhé možnosti, jak správně zobrazovat, a sice zvolit odpovídající zobrazovač. Velmi často spotřebitelé zvolí zobrazovací technologii na základě ceny nebo doporučení obchodníka. Například je velmi nevhodné do prosvícené místnosti s bílými zdmi za denního světla pozorovat obraz na Plasmy. A naopak do toho samého prostředí by byla ideální volba OLED nebo IPS display. Velmi často spotřebitel místo toho, aby uzpůsobil dané prostředí nebo přemýšlel o tom, zda zvolil obrazovku správně, začne zobrazovače nastavovat. V ten moment většina spotřebitelů neví, že mezi nastavením jasu a světelností je obrovský rozdíl a terminologie od výrobců v tom také není konkrétní – každý výrobce to nazývá jinak. Obecně, nastavení jasu, zesiluje podsvícení nebo množství vyzařovaného světelného toku a světelnost pouze zesiluje videosignál, neboli ho "zvedá". Obrazovky většinou mají podsvícené na plný výkon a spotřebitel nastavuje světelnost. U této situace obraz zašedne a divák na to přidává kontrast, což obraz posouvá ještě do jiné dimenze. Dost často v této modelové situaci spotřebitel zůstává v dojmu, že obrazovku "nastavil" nebo "zkalibroval", což se ale s realitou a normou velmi liší. Takové preferenční nastavení velmi poškozují audiovizuální dílo. Tyto preference nejsou jenom na straně spotřebitele. Velmi často samotný výrobce nabízí všelijaké možné obrazové volby

jako "dynamicky", "dramaticky", "kontrastní" atd. místo toho, aby dodržovali nějaké standardy. Tento model platí jak u televizních tak i počítačových obrazovek - čili všech distribučních kanálů kromě kina.

Jeden z malá výrobců, který bere ohled na pozorovací podmínky je Apple. Všechny současné zařízení mají čidlo, které měří množství okolního světla a podsvícení zobrazovače podle něho zesiluje a zeslabuje. Tuto adaptivní technologii může samozřejmě spotřebitel ovlivňovat. Výrobce nenabízí spotřebiteli žádnou jinou možnost vizuální opravy obrazovek, kromě u svých počítačů, u kterých se opět pracuje pouze s barevnými profily, a ne s předvolbami "dynamicky", "dramaticky" atd. Apple také nabízí možnost změny bílého bodu, a nazývají to noční režim. Výhody této možnosti je nastavení bližší barevné teploty obrazovky vůči žárovkovému světlu. Znamená to, že adaptace oka je mnohem snazší a oči jsou méně unavené.

## 6. Ukládání, přenášení a archivace digitální kopie

Archivace digitální kopie a její přenos je hlavně spojený s datovým nosičem informací, jeho kapacitou a rychlostí čtení. Nosiče informací (datový médium, paměťové médium, datový nosič, záznamové médium) je médium používané k záznamu informací na nějaký fyzikální princip. Z historického hlediska můžeme brát kámen a papír jako záznamové médium, je to čistě mechanický záznam. Pro dnešní účel používáme hlavně elektronické nosiče. Jejich funkce je stejná jako u kamene a papíru – uložit informace. Vzhledem k našim potřebám, můžeme média rozdělit dle uchování na dlouhodobá a krátkodobá. Kapacita média nám udává, jaké množství informací jsme schopni uložit. Rychlost čtení nám udává, jaké množství informací jsme schopni číst v reálném čase. Jsme schopni jí rozdělit na dvě – fyzikální možnost rychlosti čtení datového nosiče a rychlost rozhraní a připojení.



## 6.1 Media ke krátkodobému uchování

Media ke krátkodobému uchování, jsou ty které nejsou odolné na různé vlivy okolností. Nosiče na krátkodobé uchování používáme hlavně pro přenos informací. Nejrozšířenější jsou CD, DVD, Blu-Ray, HVD, HDD a SSD. Tato záznamová média jsou uzpůsobeny ke konkrétním účelům. Můžeme je rozdělit dle rozhraní, které používají pro čtení.

**CD, DVD, Blu-Ray a HVD** jsou opticko-mechanické nosiče a používají opticko-mechanické rozhraní, které nazýváme přehrávač.<sup>18</sup> Na ně můžeme ukládat libovolný druh dat. U DVD a Blu-Ray existují standardy přímo pro audiovizí, kterou používáme jako samostatný distribuční kanál. Výhody těchto medií v současnosti je kompatibilita, levná výroba a poskytování uzavřeného systému pro distribuce. Je možnost i opatřit ochranu. Rozdíl mezi nimi je kapacita a rychlost čtení kterou mají. CD má maximální kapacitu kolem 700MB<sup>19</sup> a maximální rychlost čtení 1.3 Mbit/s. Existuje formát CD Video, z roku 1987, který je schopen uložit 5 minut videa. Pro profesionální praxi nepoužitelný, a kvůli tomu první opticko-mechanický standart na spotřebitelském trhu je DVD. Kapacita DVD je 4.7 GB s rychlost čtení 11.1 Mbit/s. Tyto vlastnosti nám umožňují ukládat do 120 minut kvalitní video a až 16 hodin video v kvalitě VHS. Blu-Ray, oproti CD a DVD, má mnohem větší kapacitu a rychlost čtení. Standartní Blu-Ray má kapacitu 25GB a rychlost čtení 36Mbit/s a je vhodné pro HD videa. Existuje i UHD Blu-Ray který je s kapacitu 50GB, 60GB nebo 100GB a s rychlostí čtení od 92Mbit/s až 144Mbit/s. Poslední a nejmodernější technologie je HVD. Je schopna na stejnou velikost disku jako ostatní (12cm) uložit až 6TB informací.

---

<sup>18</sup> Je připojená skrz SATA

<sup>19</sup> 878MB včetně chyb

**HDD** nebo pevný disk je elektro mechanický datový nosič, který používá magnetický záznam. Je jeden z nejrozšířenějších nosičů. S ním se můžeme setkat ve dvou podobách - interní a externí. Celkově se jedná o tytéž technologie. Rozdíl mezi interní a externí je v připojení. Externí HDD využívá adaptér, řadič, který nám umožňuje využití komerčních rozhraní jako USB, Firewire nebo Thunderbolt. Tento adaptér mění SATA připojení do daného rozhraní. Některé podporují i napájení přímo z datovém konektoru. Interní HDD je zapojený přímo do základové desky počítače, skrz své nativní SATA připojení, a napájení je zapojeno do zdroje počítače. Výhody u interního využití je mnohem větší rychlost čtení, omezená je pouze otáčkami HDD. Externí HDD považujeme za krátkodobý nosič, jelikož jeho je spolehlivost malá. HDD technologie se dá využít i pro dlouhodobé uchování při využití RAID.

**SSD** neboli polovodičový disk je druh datového nosiče, který zařazujeme do čistě elektronických datových nosičů. Na rozdíl od HDD nemá žádné pohyblivé elementy a díky tomu je velmi odolný vůči vlhkostem, tlaku a otřesu. Jeho maximální čtení, na rozdíl od HDD, u kterého je u SATA 3 připojení až 125MB/s<sup>20</sup>, je 550MB/s<sup>21</sup>. Na bázi stejné technologie, flash paměti, existují spousty různých nosičů jako SD karty, Compact flash, CFexpress, SxS a další. Tyto technologie používáme u záznamu. Pro účely přenášení dat, je nám tato technologie velmi známa z flash paměti. Její kapacita se neustále zvyšuje a rozměr je prozatím nesrovnatelný s jakoukoli jinou technologií. SSD a flash paměť nezařazujeme do dlouhodobých nosičů dat, jelikož mají omezený počet cyklů a možnost ztráty dat po dlouhodobém nevyužívání.

---

<sup>20</sup> Teoretická hodnota je až 600MB/s, v reálu 100MB/S

<sup>21</sup> Teoretická hodnota je až 3500MB/s, v reálu 300MB/S

## 6.2 Média k dlouhodobému uchování

Média k dlouhodobému uchování jsou média, které nám umožňují bezpečný záznam dat do neurčité časové délky. Tato média můžeme nazvat archivní média. Největší faktor u archivace je čas. Celkově zkušenosti z historie nám ukazují model archivace - ukládat do kontrolované podmínky v bezpečném prostředí. Tento problém je nám velmi známý a ovládáme ho skoro dokonale. V současnosti je problém s médiem, na který ukládáme. Vzhledem k naší zkušenosti, je velmi těžké posoudit dávnost, kterou tyto media mají. U některých mediích, jako je film, máme 130letou zkušenost, která nám ukázala, že černobílý negativ je schopen tuto dobu vydržet bez degradací, pokud je dobře skladován. Na barevném negativu zkušenosti prokazují, že i u pečlivého uschovávání, není schopen vydržet bez degradace. Média, která využíváme k dlouhodobému uchování, můžeme rozdělit na čistě fyzikální nebo elektronický. Fyzikální média jsou například papír nebo film. Čistě teoretický enkódovaný soubor můžeme vytisknout jako text. Nevýhoda takového záznamu by byla objem papíru, který bychom využili, a kvůli tomu se tato metoda nevyužívá. Archivaci na filmovém pásu můžeme provádět dvěma způsoby. První metoda je, obraz na filmovém pásu naexponovat. Častá metoda je, že i barevný film se exponuje na panchromatický černobílý film, a to rozděleně do třech barev - RGB. Další metoda je využít málo citlivý film, s malým zrnem a vypálit informaci v binární soustavě. U této metody, na rozdíl od papíru, jsme schopni exponovat informaci do mnohem menší plochy, a tudíž se velikost média zmenšuje. Elektronické nosiče, které u archivací používáme, jsou LTO, RAID, 5-D optical data storage, Archival disk a M-DISK.

**LTO** je technologie, která využívá magnetický pásek pro záznam. Je to technologie vyvinutá v devadesátých letech dvacátého století a její praktický využití začalo v roce 2000 s LTO 1. Magnetický pás, jako druh záznamu je nám

známý ze spousty různých standartů, jako VHS, Beta CAM nebo Compact Cassette. Z historické zkušenosti, magnetický záznam je spolehlivý a díky tomu se využívá jako archivní medium. Druhý parametr, díky kterému je magnetický záznam volba pro archivaci, je poměr cena za bit informace. Celkově LTO standardů máme definovaných 13, ze kterých poslední 4 jsou stále ve vývoji. Kapacita první LTO je 100GB, na rozdíl od poslední verze z roku 2017, LTO 8, který má kapacitu 12TB v nekomprimované podobě. Další možnost u LTO je bezztrátová komprese v poměru 2.5:1, která navyšuje kapacitu na 30TB. U budoucího formátu LTO 12 je plánovaná kapacita 198TB bez komprese a 480TB v kompresním poměru 2.5:1.

**RAID** technologie využívá HDD nebo SSD nosiče. Princip fungování je rozdělení informací mezi několik nosičů. Často využívané úrovně RAID jsou RAID 0, 1, 1+0, 5 a 6. RAID 0 znamená využívání několik pevných disků v řetězci nebo prokládání. RAID 0 neposkytuje žádnou ochranu nahraných dat, pouze navyšuje kapacitu, a u prokládání RAID 0 můžeme využít větší rychlost čtení. RAID 1 využívá zrcadlení. Zapojené pevné disky, minimálně dva, jsou s totožnou informací, a díky tomu je to poměrně bezpečný způsob ukládání dat. Toto zrcadlení taky zvyšuje rychlost čtení. RAID 1+0, je kombinace RAID 1 a RAID 0. Využíváme minimálně 4 pevné disky, které jsou ve dvojici v RAID 1 a dohromady tyto dvojce jsou v RAID 0. Rychlost čtení je větší než u samotných dvou příkladů, a dovoluje nám možnost výpadku dvou pevných disků. Je jeden z bezpečnějších způsobů jak data ukládat. RAID 1+0 je klasický příklad pro serverové pole. RAID 5 využívá minimálně 3 pevné disky. Jeho výhodou je velmi rychlé čtení. Nevýhoda je, že je chráněn proti poruše pouze na jednom disku. RAID 6 na druhou stranu je odolný proti poruchám dvou disků. Minimální počet disků jsou 4. Čtení je oproti RAID 5 srovnatelné. Je výhodný pro využití s 5+ pevnými disky.

**5-D optical data storage** je technologie založená na nano strukturovaném sklu, do kterého za pomoci laseru jsme schopni ukládat informace permanentně. Tato technologie je poměrně ve svých začátcích, poprvé demonstrována v roce 2010. Od roku 2017 společnost Microsoft v kooperaci s univerzitou Oxford, vyvíjí projekt Silica, založený na tuto vlastnost. Potenciál této technologie je možná největší ve srovnání s jakoukoliv jinou technologií. Médium je odolné na teplotní rozdíly, tlak, vlhkost a mechanické poškození. Výpočet časové výdrže tohoto média v pokojové teplotě byl spočítán na  $3 \times 10^{20 \pm 1}$  let. Toto médium je pravděpodobně budoucnost archivování. Jeho kapacita je také velmi překvapivá – ve velikosti 12cm budeme schopni ukládat 360TB informací, za dané technologické normy. Poprvé jako archivační médium tato technologie byla použita pro archivaci filmu „Superman“

**Archival disk** je médium vyvinuté od společnosti SONY a PANASONIC. Je na trhu od roku 2013. Využívá opticko-mechanický záznam. Je navržený tak, aby vydržel minimálně 50 let. Ve své první verzi Archival Disk měl kapacitu 300GB a ve své druhé verzi byla kapacita zvýšená na 500GB. V listopadu roku 2019 společnost SONY vyhlásila verze 3, která bude mít kapacitu 5.5TB.

**M-DISK** je technologie od společností Milleniatta. Je nejvýhodnější spotřebitelské archivní médium, protože pracuje s existujícími standardy DVD a Blu-Ray. Samotná technologie za tento standart je obchodním tajemstvím. Existuje ve 3 standardech, a sice DVD, Blu-Ray a Blu-Ray XL, s respektive odpovídajícími kapacity 4.7GB, 25GB a 100GB. Společnost tvrdí, že při správném uchování toho media, může vydržet až 1000let.

## 7. Závěr

Audiovizuální digitální kopie je velmi obsáhlé téma. Samotná specifika se dotýká spousty různých oborů a technologií. Tato práce je souhrnem nejpodstatnějších informací o druzích digitálních kopií a jejich zpracování v současnosti. Vzhledem k množství informací, a neustálém vývoji technologie, spousty konkrétních standardů, kódovacích formátů, kontejnerových formátů, rychlosti čtení a dalších, se časem změní. Samotné jádro této práce je nadčasové. Struktura zpracování a jednotlivé druhy digitálních kopií, jako převzatá struktura od klasického filmového procesu, se pravděpodobně nezmění. Náhledová kopie vždycky bude potřebná, pro spolupráci a komunikaci mezi různými odvětví ve filmové branži. Distribuční kopie je cíl celého audiovizuálního průmyslu. Archivní kopie je jediná, která může časem splynout s kopií distribuční, pokud nám technologie dovolí, a to pouze ve formě spjaté s dobu vzniku. Nadčasová archivní kopie bude vždycky potřeba. Znalosti o audiovizuální digitální kopie jsou naprosto zásadní, pro všechny audiovizuální tvůrce a výrobce, a je potřeba, aby se každý v tomto tématu orientoval. Tato práce může být pomůcka pro všechny.

## **Poděkování**

Marcela Gedeonová

Michal Černý

Jan Kuldán

## Bibliografie

- [1]: X34FOT- Modulační přenosová funkce digitálního fotoaparátu (návod ke cvičení), v.1.00 (19.3.2007), ČVUT
- [2]: JIRÁČEK, Milic: Fotografická optika.: Orbis – Praha, 1960
- [3]: KARVÁNEK, Lukáš: DIGITÁLNÍ KAMERY Přínosy pro producenta.: Nakladatelství AMU, 2010. ISBN 978-80-7331-173-5
- [4]: Image and Video Compression Coding Theory.: Ludwig-Maximilians University – Mníchov 2016 [online], Dostupné z: <https://www.tcs.ifi.lmu.de/teaching/ws-2016-17/code/background-image-video-compression>
- [5] "AVC/H.264 FAQ". [www.mpegla.com](http://www.mpegla.com).
- [6] "H.262 : Information technology — Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video".
- [7] Joint Video Team, ITU-T web site.
- [8] "ITU-T Home : Study groups : ITU-T Recommendations : ITU-T H.264" ITU
- [9] "ITU-T Recommendation H.264". ITU. 2013- 06-12.
- [10] "ITU-R Recommendation ITU-R BT.500-14". ITU. 2019-10.
- [11] "Ultra-fast "SxS PRO+" memory cards transform 4K video capture" (PDF). Sony.
- [12] "The H.264/AVC Advanced Video Coding Standard: Overview and Introduction to the Fidelity Range Extensions" (PDF). Retrieved 2011-07-30.



[13] "Choosing The Right Video Color Space" [online]. richardlackey.com.

Dostupné z: <https://www.richardlackey.com/choosing-video-color-space/>

[14] "Kontejner není kontejner" [online]. TV Freak.cz. Dostupné z:

<https://www.tvfreak.cz/recenze-kontejner-neni-kontejner/600>

[15] "A short guide to choosing a digital format for video archiving masters"

[online]. scart.be. Dostupné z: <https://www.scart.be/?q=en/content/short-guide-choosing-digital-format-video-archiving-masters>

[16] "Common RGB Color Spaces" [online]. nick-shaw.github.io. Dostupné z:

<https://nick-shaw.github.io/cinematiccolor/common-rgb-color-spaces.html#x34-1480004.1.15>

[17] "Bit Depth" [online]. cambridgeincolour.com. Dostupné z:

<https://www.cambridgeincolour.com/tutorials/bit-depth.htm>

[18] "Data vs. TV Levels" [online]. LightSpace.com. Dostupné z:

[https://www.lightspace.lightillusion.com/data\\_tv\\_levels.html](https://www.lightspace.lightillusion.com/data_tv_levels.html)

[19] "Log C" [online]. arri.com. Dostupné z: <https://www.arri.com/en/learn-help/learn-help-camera-system/camera-workflow/image-science/log-c>

[20] "Aces Documentation" [online]. Oscars.org. Dostupné z:

<https://www.oscars.org/science-technology/aces/aces-documentation>

[21] "Color spaces - REC.709 vs. sRGB" [online]. image-engineering.de.

Dostupné z: <https://www.image-engineering.de/library/technotes/714-color-spaces-rec-709-vs-srgb>

[22] "Compressed vs Uncompressed vs Lossless Compressed RAW Options"

[online]. . photographylife.com. Dostupné z:

<https://photographylife.com/compressed-vs-uncompressed-vs-lossless-compressed-raw>

[23] "List of MPEG-4 AVC/H.264 video codecs - VideoHelp Forum" [online].

videohelp.com. Dostupné z: <https://forum.videohelp.com/threads/213841-List-of-MPEG-4-AVC-H-264-video-codecs>

[24] "Image File Formats: Difference Between RAW, DNG, TIFF, GIF, PNG, and

JPEG" [online]. photoup.net. Dostupné z: <https://www.photoup.net/differences-between-file-formats-raw-dng-tiff-gif-png-jpeg/>

[25] "Digital Cinema Mastering and The Scourge of Compressed Compression – DCP Dave" [online]. dcpdave.com. Dostupné z:

<https://dcpdave.com/2019/03/05/digital-cinema-mastering-and-the-scourge-of-compressed-compression/>

[26] "Call for HEVC codecs 2019" [online]. compression.ru. Dostupné z:

[https://www.compression.ru/video/codec\\_comparison/call\\_for\\_codecs\\_19.html](https://www.compression.ru/video/codec_comparison/call_for_codecs_19.html)

[27] "HEVC/AV1 Video-Codecs Comparison 2019 (Fourteen MSU Video-Codec Comparison)" [online]. compression.ru. Dostupné z:

[http://compression.ru/video/codec\\_comparison/hevc\\_2019/](http://compression.ru/video/codec_comparison/hevc_2019/)

[28] "Web video codec guide - Web media technologies | MDN" [online].

mozilla.org. Dostupné z: [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Media/Formats/Video\\_codecs#AVC\\_\(H.264\)](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Media/Formats/Video_codecs#AVC_(H.264))

[29] "Video Codec: What is it? How to identify video codec?" [online].

freemake.com. Dostupné z: <https://www.freemake.com/blog/video-codec/>

- [30] "What is a Digital Cinema Distribution Master / DCDM? -Digital Cinema Mastering" [online]. digital-cinema-mastering.com. Dostupné z: <https://digital-cinema-mastering.com/en/digital-cinema-faq/what-is-a-digital-cinema-distribution-master-dcdm/>
- [31] "Digital Cinema System Specification" [pdf]. dcimovies.com. Dostupné z: [https://www.dcimovies.com/specification/DCI\\_DCSS\\_Ver1-3\\_2018-0627.pdf](https://www.dcimovies.com/specification/DCI_DCSS_Ver1-3_2018-0627.pdf)
- [32] "ISO - ISO/IEC 15444-1:2019 - Information technology — JPEG 2000 image coding system — Part 1: Core coding system" [online]. iso.org. Dostupné z: <https://www.iso.org/standard/78321.html>
- [33] "Guide to EDL Management" [online]. edlmax.com. Dostupné z: <http://www.edlmax.com/EdlMaxHelp/Edl/maxguide.html>
- [34] "Adobe Premiere 4.0" [online]. wap.org. Dostupné z: <https://www.wap.org/journal/premiere.html>
- [35] "Digital Moving Images from Film-based Source Material" [online]. archives.gov. Dostupné z: <https://www.archives.gov/preservation/products/reformatting/mopix-digital.html>
- [36] "Material Exchange Format (MXF)" [online]. loc.gov. Dostupné z: <https://www.loc.gov/preservation/digital/formats/fdd/fdd000013.shtml>
- [37] "MXF Archive and Preservation Format Registered Disclosure Document - SMPTE RDD 48:2018" [pdf]. digitizationguidelines.gov. Dostupné z: [http://www.digitizationguidelines.gov/guidelines/rdd48-2018\\_published.pdf](http://www.digitizationguidelines.gov/guidelines/rdd48-2018_published.pdf)
- [38] "Data compression" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Data\\_compression](https://en.wikipedia.org/wiki/Data_compression)

- [39] "Transform coding" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Transform\\_coding](https://en.wikipedia.org/wiki/Transform_coding)
- [40] "Intra-frame coding" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Intra-frame\\_coding](https://en.wikipedia.org/wiki/Intra-frame_coding)
- [41] "Inter frame" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Inter\\_frame](https://en.wikipedia.org/wiki/Inter_frame)
- [42] "High-bandwidth Digital Content Protection" [online]. Wikipedia.org.  
Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/High-bandwidth\\_Digital\\_Content\\_Protection](https://en.wikipedia.org/wiki/High-bandwidth_Digital_Content_Protection)
- [43] "ICC profile" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/ICC\\_profile](https://en.wikipedia.org/wiki/ICC_profile)
- [44] "Link encryption" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Link\\_encryption](https://en.wikipedia.org/wiki/Link_encryption)
- [45] ".m2ts" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z:  
<https://en.wikipedia.org/wiki/.m2ts>
- [46] "M4V" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z:  
<https://en.wikipedia.org/wiki/M4V>
- [47] "List of codecs" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_codecs#Lossless\\_video\\_compression](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_codecs#Lossless_video_compression)
- [48] "Uncompressed video" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Uncompressed\\_video](https://en.wikipedia.org/wiki/Uncompressed_video)

[49] "Komprese dat" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z:

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Komprese\\_dat](https://cs.wikipedia.org/wiki/Komprese_dat)

[50] "Formát kódování videa" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z:

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Form%C3%A1t\\_k%C3%B3dov%C3%A1n%C3%AD\\_videa](https://cs.wikipedia.org/wiki/Form%C3%A1t_k%C3%B3dov%C3%A1n%C3%AD_videa)

[51] "Typ snímku" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z:

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Typ\\_sn%C3%ADmku](https://cs.wikipedia.org/wiki/Typ_sn%C3%ADmku)

[52] "Apple ProRes" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Apple\\_ProRes](https://en.wikipedia.org/wiki/Apple_ProRes)

[53] "Differential pulse-code modulation" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Differential\\_pulse-code\\_modulation](https://en.wikipedia.org/wiki/Differential_pulse-code_modulation)

[54] "Bezeztrátová komprese" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z:

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Bezeztr%C3%A1tov%C3%A1\\_komprese](https://cs.wikipedia.org/wiki/Bezeztr%C3%A1tov%C3%A1_komprese)

[55] "Avid DNxHD" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Avid\\_DNxHD](https://en.wikipedia.org/wiki/Avid_DNxHD)

[56] "Versatile Video Coding" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Versatile\\_Video\\_Coding](https://en.wikipedia.org/wiki/Versatile_Video_Coding)

[57] "QuickTime" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z:

[https://en.wikipedia.org/wiki/QuickTime#QuickTime\\_and\\_MPEG-4](https://en.wikipedia.org/wiki/QuickTime#QuickTime_and_MPEG-4)

[58] "Advanced Video Coding" [online]. Wikipedia.org. Dostupné z:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Advanced\\_Video\\_Coding](https://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Video_Coding)