

Obraz jako matice

Strojové vidění a zpracování obrazu (BI-SVZ)

Snímaní obrazu

*„Digitalizace obrazu probíhá ve dvou rocích:
kvantování a vzorkování.“*

Digitalizace rastrového obrazu. *Grafika* [online]. 2008 [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/xgrafika/digitalizace-rastroveho-obrazu>

Snímání obrazu – digitalizace

- Převod analogového signálu na digitální (spojitého na diskrétní)



Photo credit: Photo Jeff/Flickr (CC BY-NC 2.0)

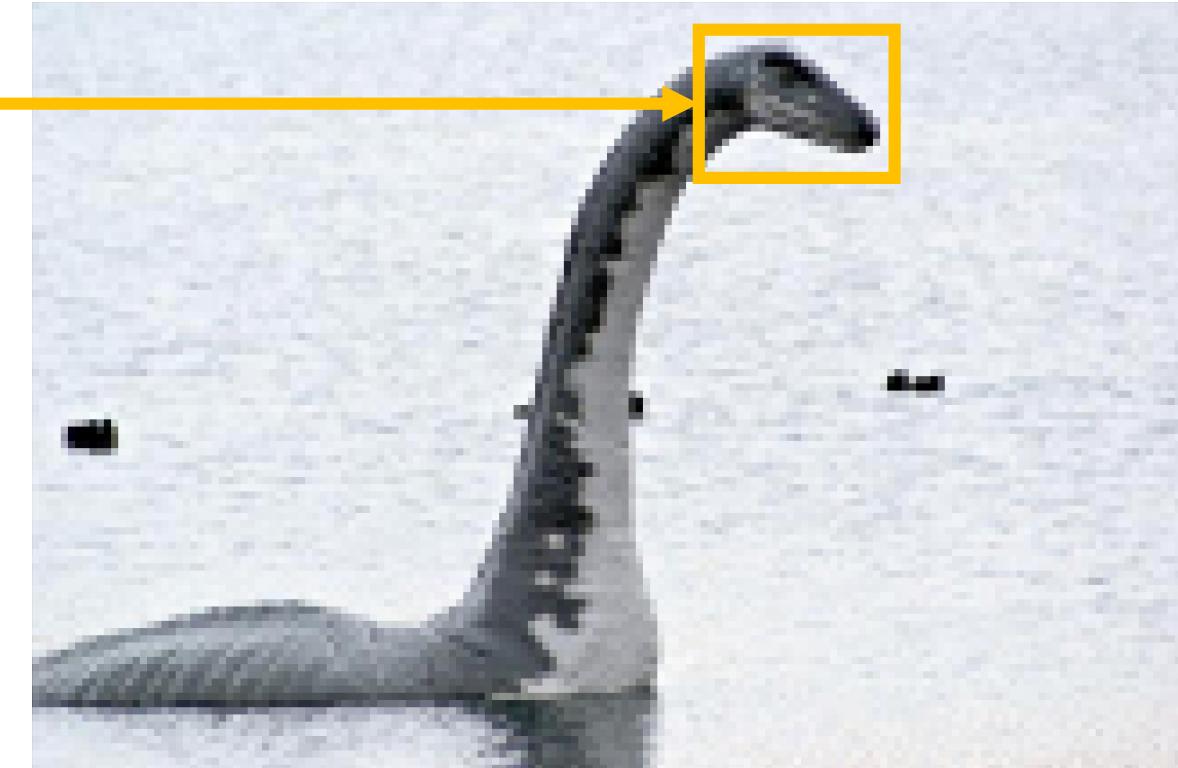
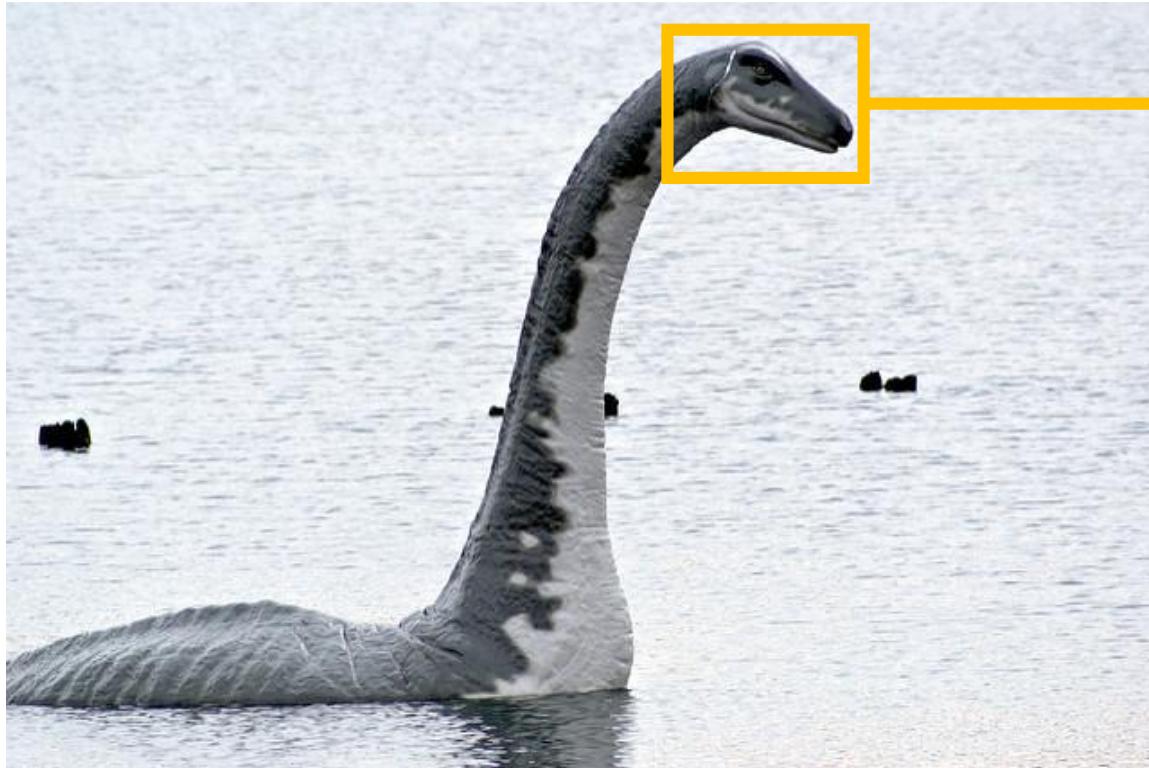
Digitalizace – vzorkování

- Umístění spojitého kontextu do čtvercové mřížky



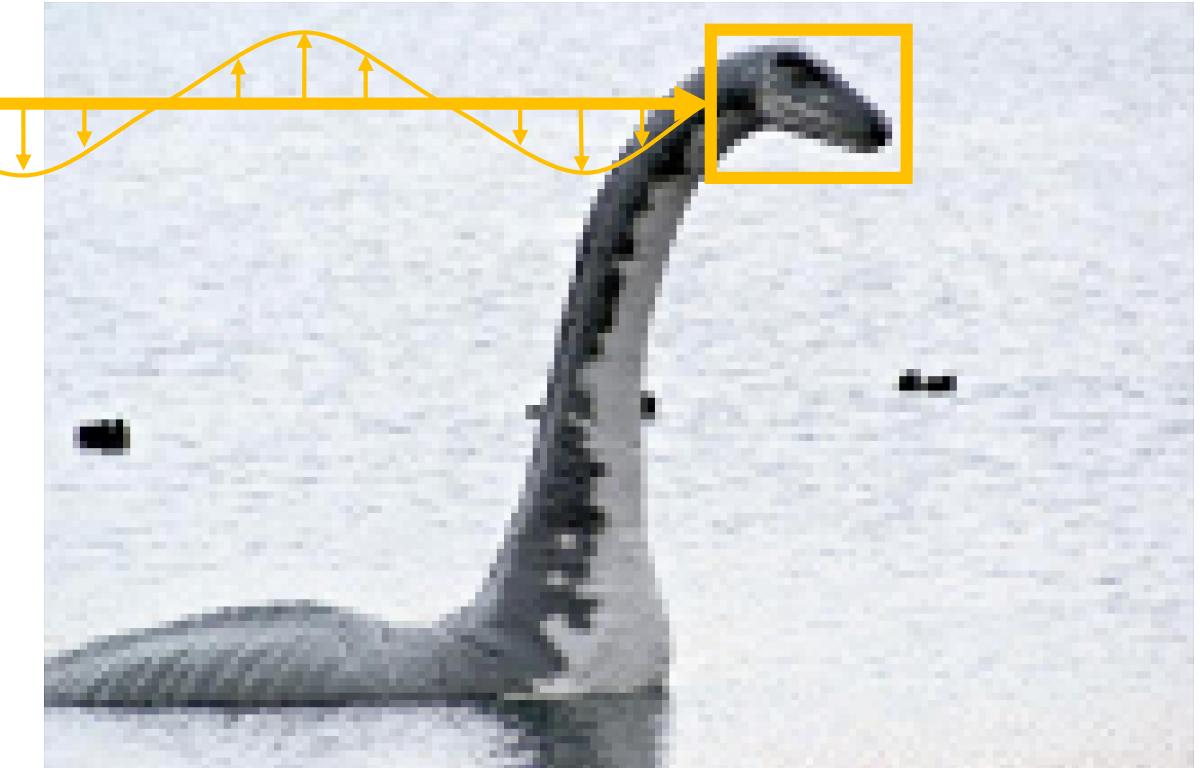
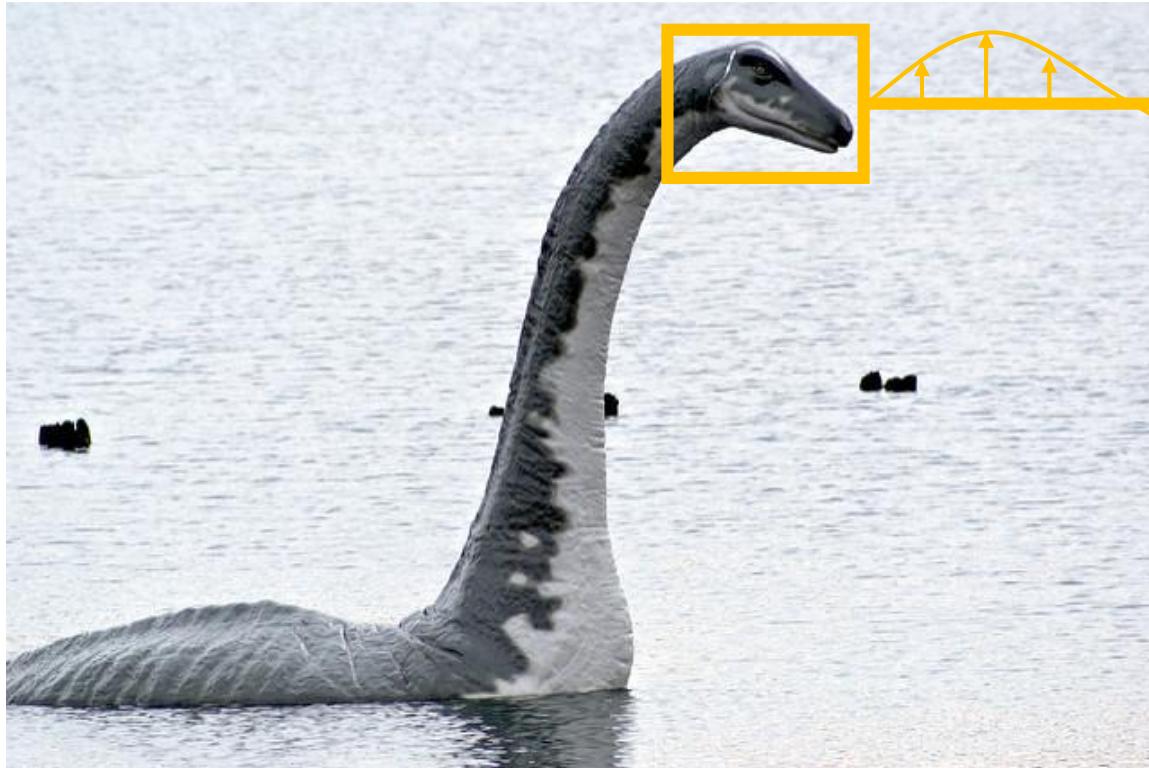
Digitalizace – vzorkování

- Umístění spojitého kontextu do čtvercové mřížky

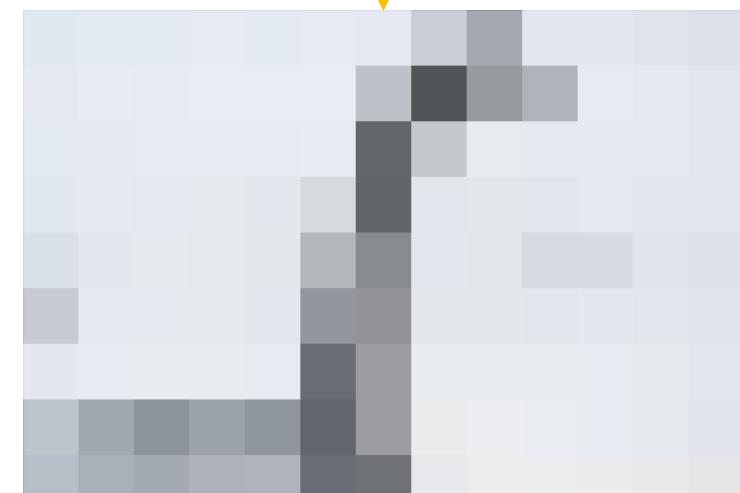
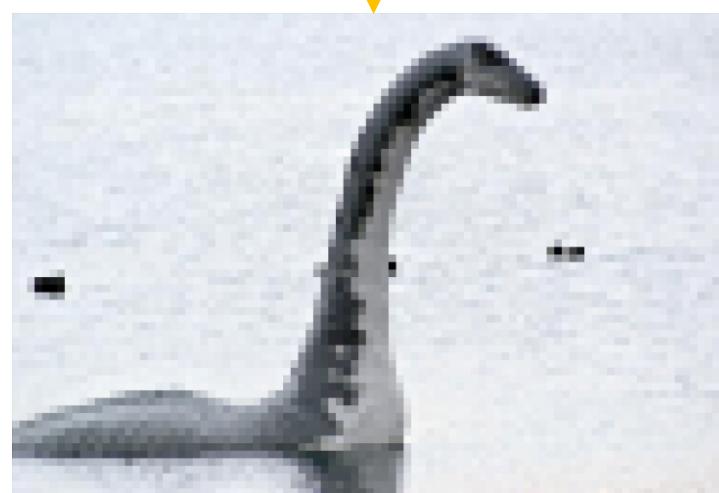
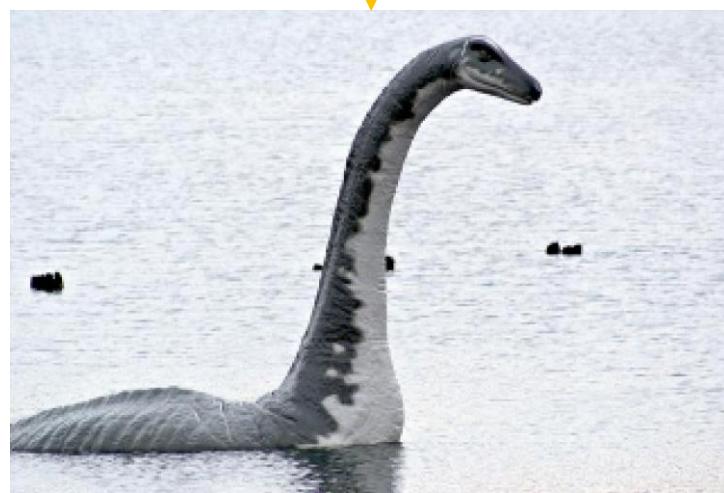


Digitalizace – vzorkování

- Umístění spojitého kontextu do čtvercové mřížky



Digitalizace – vzorkování

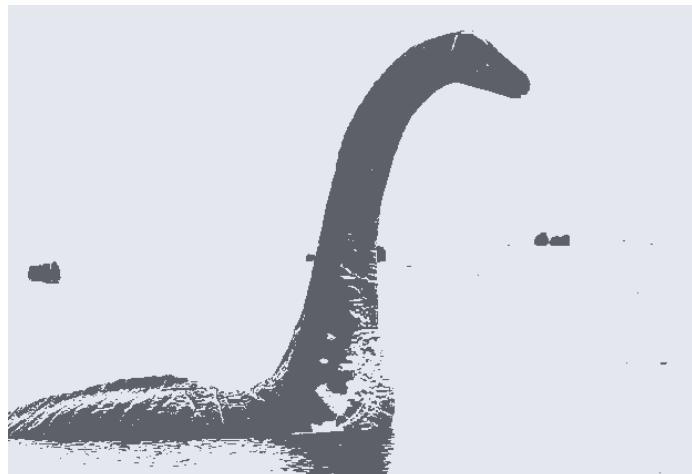
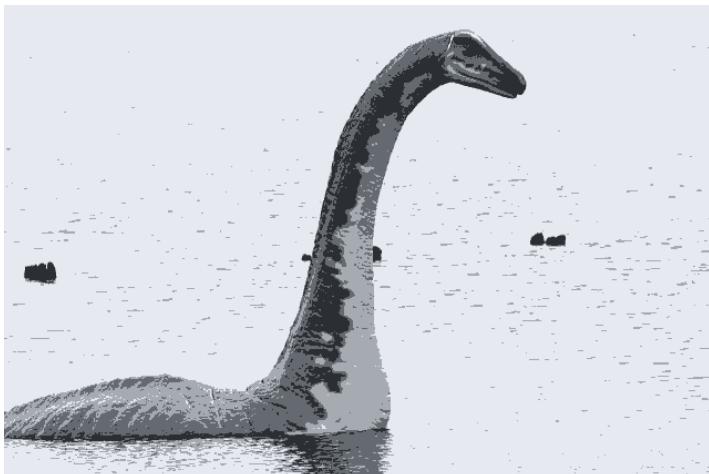
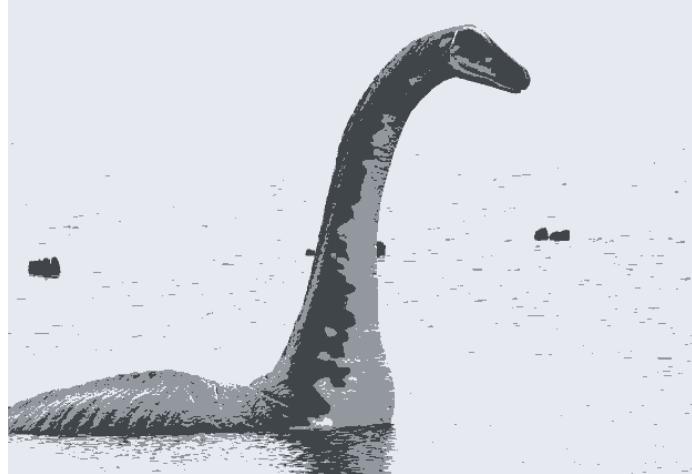


Digitalizace – kvantování

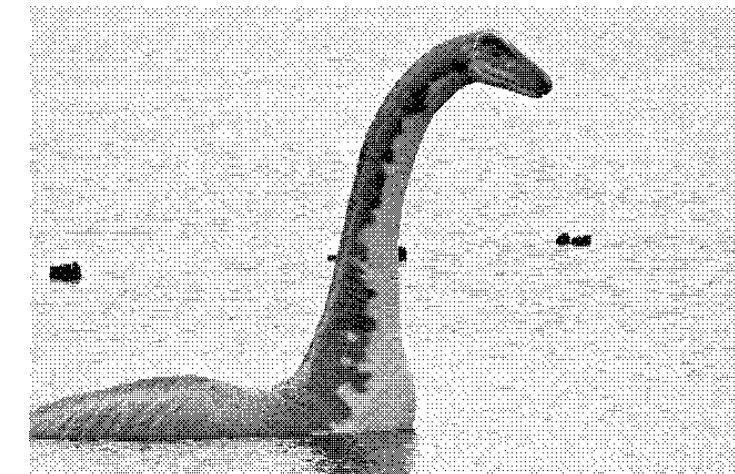
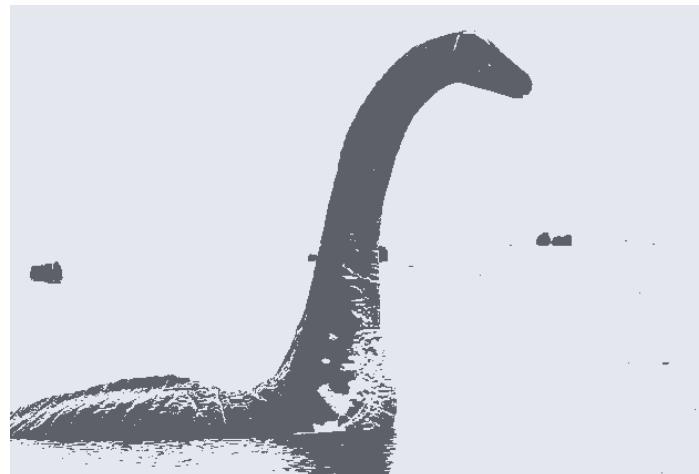
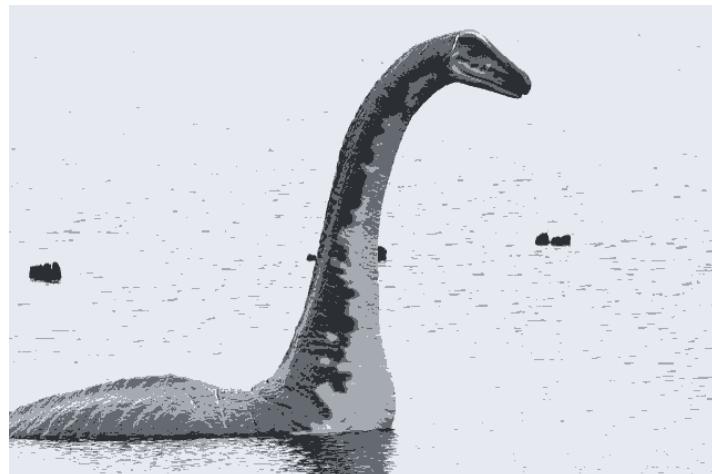
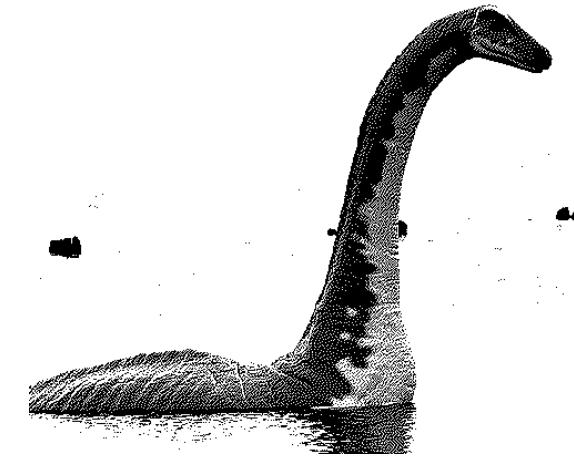
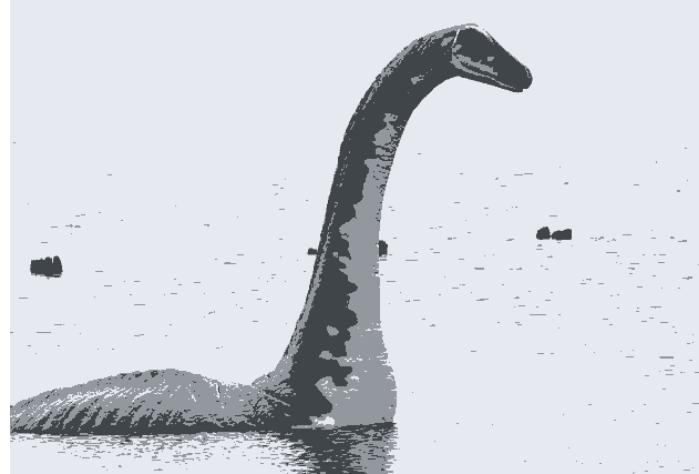
- Využití jasových (barevných) úrovní



Digitalizace – kvantování

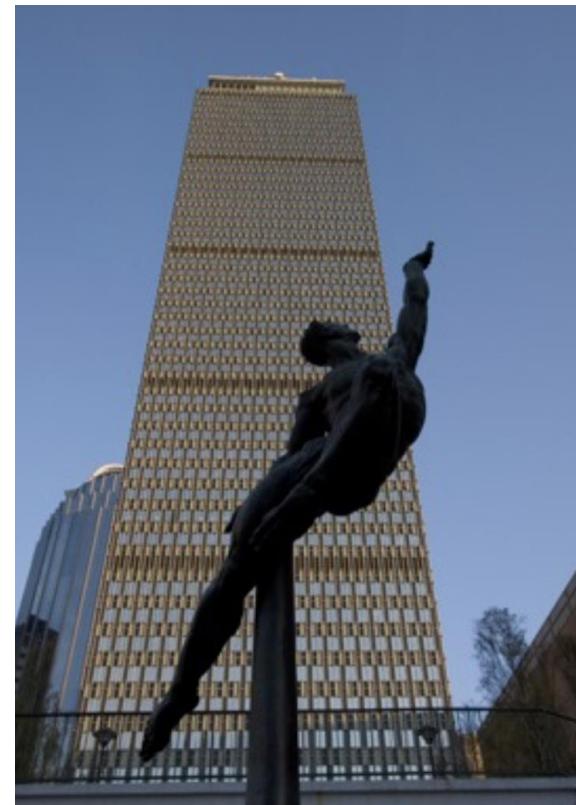


Digitalizace – kvantování



Aliasing (falšování)

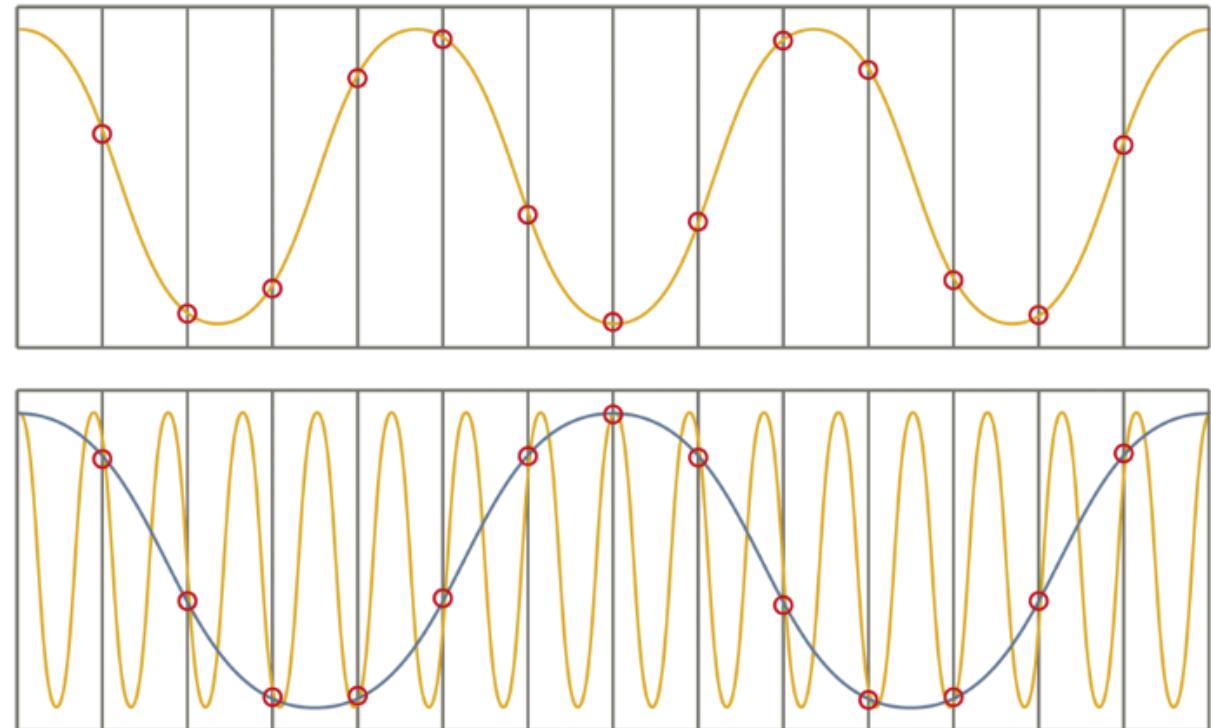
- Jev vznikající při nedostatečném navzorkovaní signálu
- Signál vypadá jinak než ve skutečnosti
- V čase (jedna osa)
- V prostoru (dvě osy)



Aliasing – Nyquistův teorém (Shannonův)

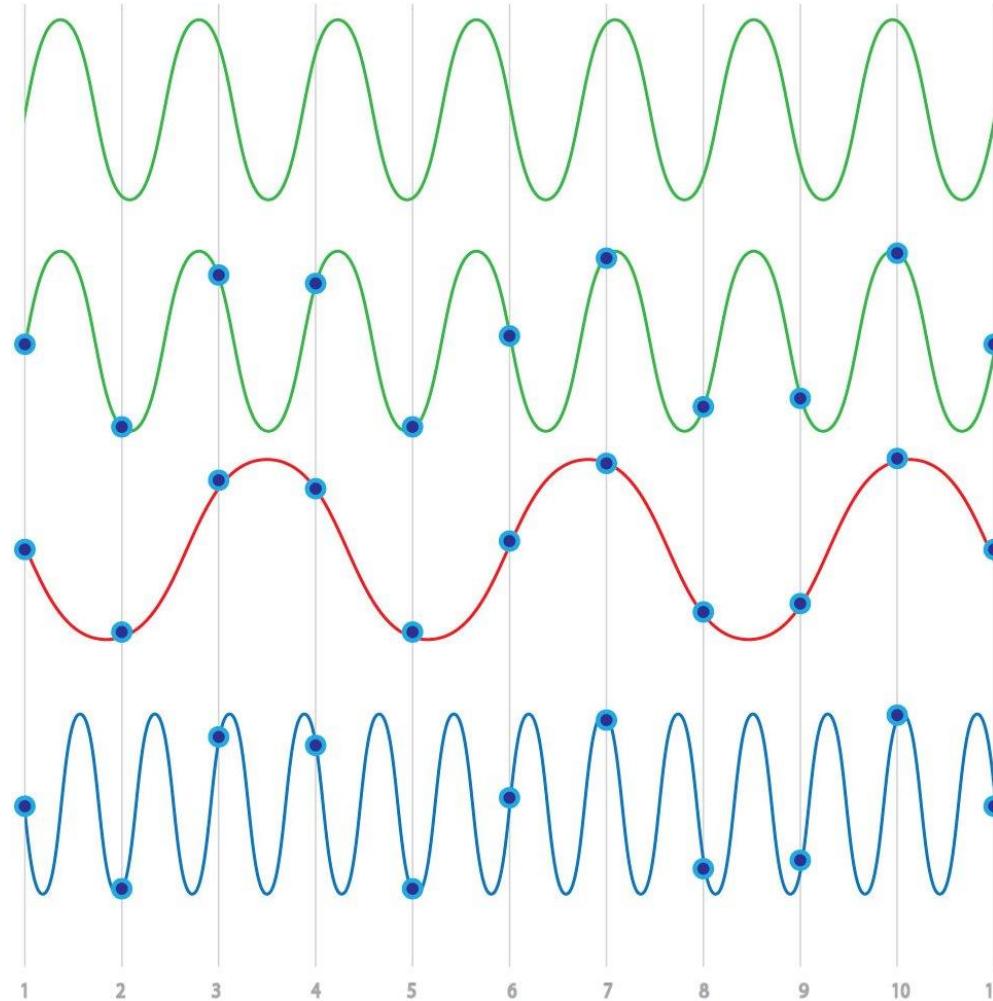
- Velikost vzorkovací frekvence musí být minimálně dvakrát vyšší než nejvyšší frekvence signálu

$$f_v > 2f_{\max} [\text{s}^{-1}]$$



Aliasing – v čase (1D)

- Signál
- Vzorkovací frekvence 11 vzorků na 10 kHz
- Červená „falešná“ funkce se svojí frekvencí
- Modrá „falešná“ funkce se svojí frekvencí

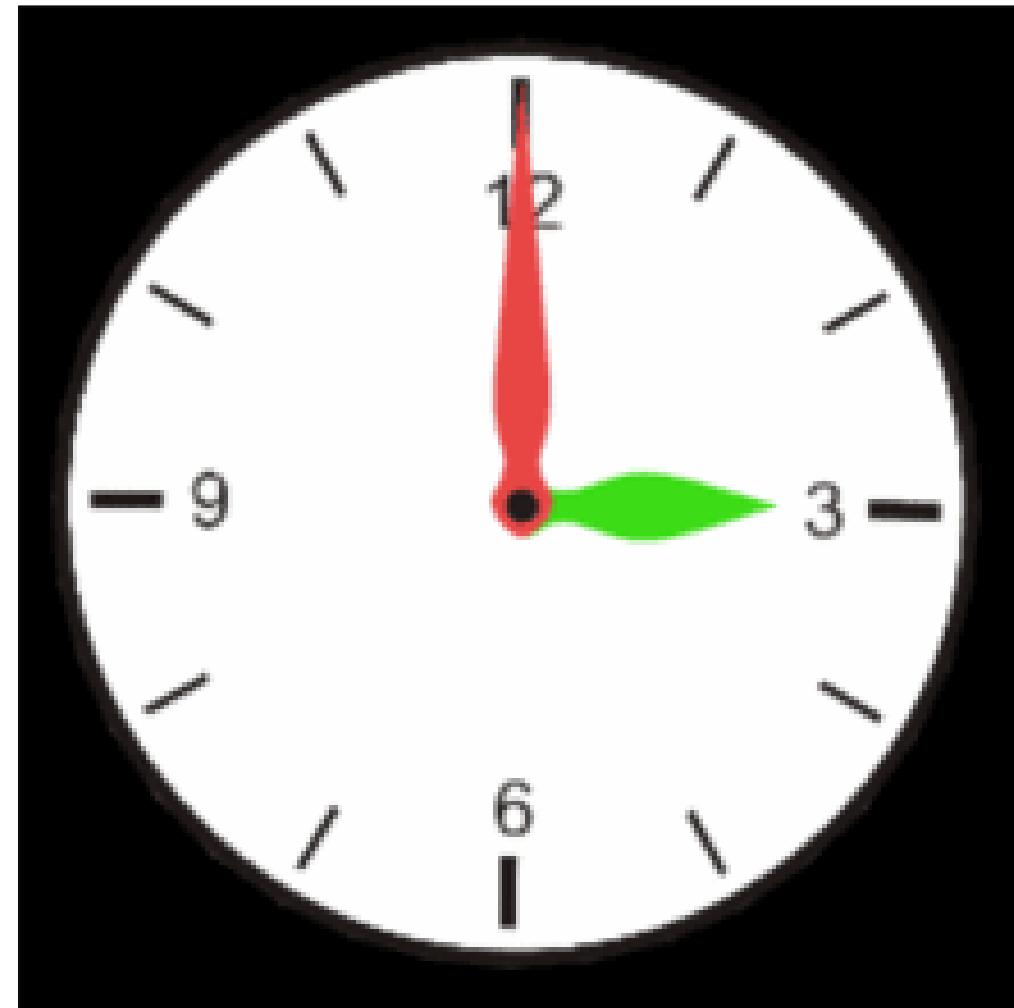


Aliasing – v obrazu (2D, moiré)



Jak se to může stát v obrazě?

Aliasing – v čase (video)



Aliasing – v čase (video)



gifbin.com

Rastrová vs. vektorová grafika



<https://campstoregear.com/things-to-know/help-raster-graphics-vs-vector-graphics-what-you-need-to-know/>

Rastrová vs. vektorová grafika

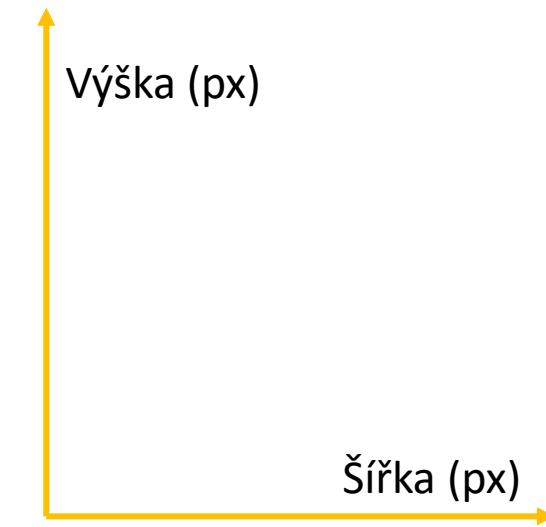


Popis obrazu

- Matice pixelů



$$\begin{bmatrix} 34 & 68 & 89 \\ 5 & 2 & 12 \\ 240 & 210 & 202 \end{bmatrix}$$



Popis obrazu – rozlišení



- Matice pixelů



$$\begin{bmatrix} 34 & 68 & 89 \\ 5 & 2 & 12 \\ 240 & 210 & 202 \end{bmatrix}$$

Výška (px)

Šířka (px)

Rozlišení = v × š (px)

Displej

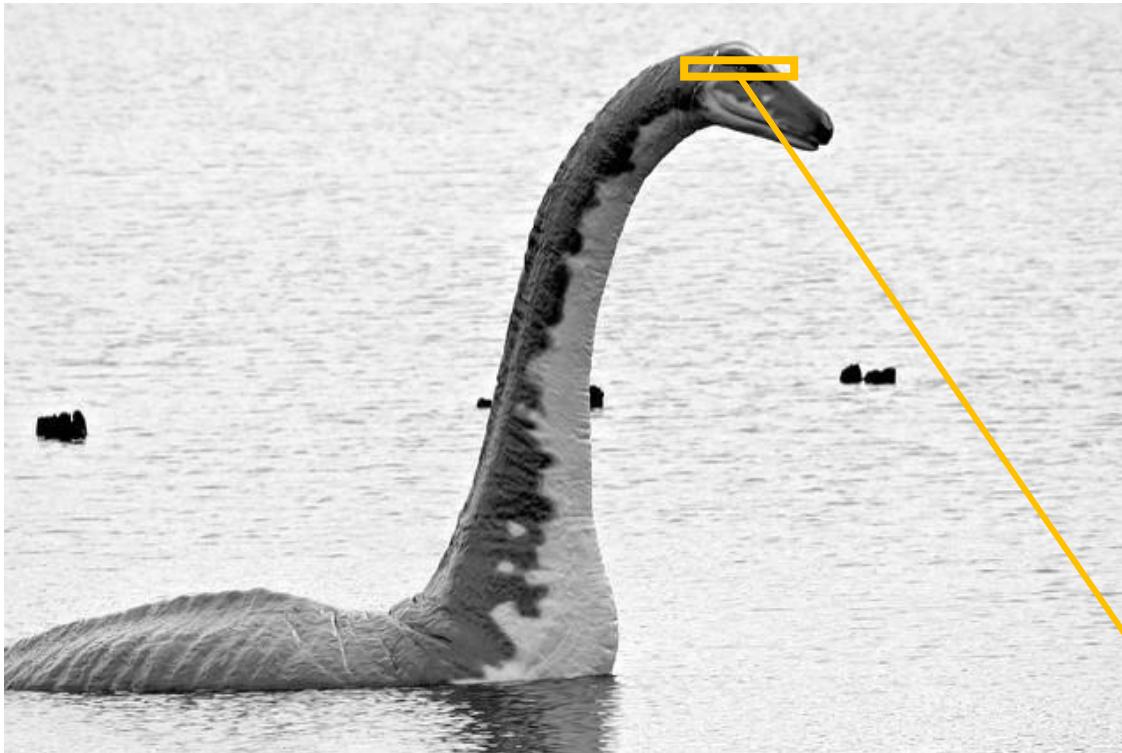
VGA	640×480
HD	1280×720
HD+	1366×768
Full HD	1920×1080
2K QHD	2560×1440
4K UHD	3840×2160

Obrázek

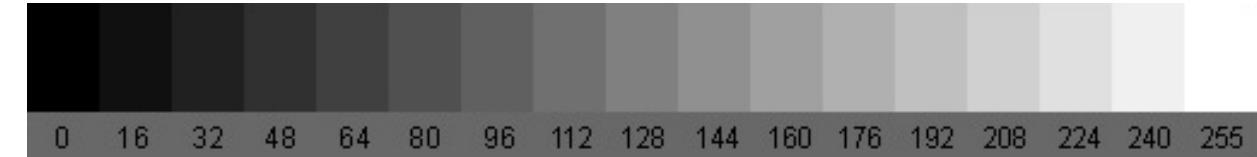
4 MP	...
12 MP	...
13 MP	4128×3096

Popis obrazu – bitová hloubka

- Jasové úrovně (256)



111 112 107 105 99 103 89 96 100 86 121 117 134 137 125 123 127 112 85 65 218 238 64 88 86 71 83 94 90 84 81 82 81 67 53 97 1 46 101 57 12 0 20 0 7 0 0 13 31 64 115 99 138 139 95 88 148 211 235 240 241 237 240 253 252 244 247 247 243



$\langle 0 ; 255 \rangle \sim 8 \text{ bit}$

Popis obrazu – dělení

Jasový (šedotónový)

- 1D matice
- 8 bit
- $v \times s \times 1 (B)$



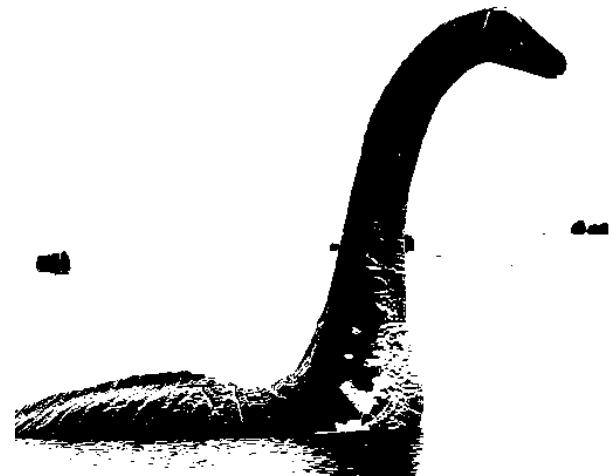
Barevný

- 3D matice
- 24 bit
- $v \times s \times 3 (B)$



Binární

- 1D matice
- 1 bit
- $v \times s \times 1 (B)$



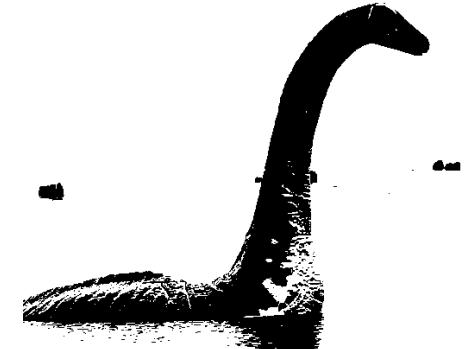
Popis obrazu – převod



Průměrování /
Váhování složek



Prahování



Převod barevného obrazu na jasový



průměrování



$$I = \frac{R + G + B}{3}$$

Převod barevného obrazu na jasový



průměrování



$$I = \frac{R + G + B}{3}$$

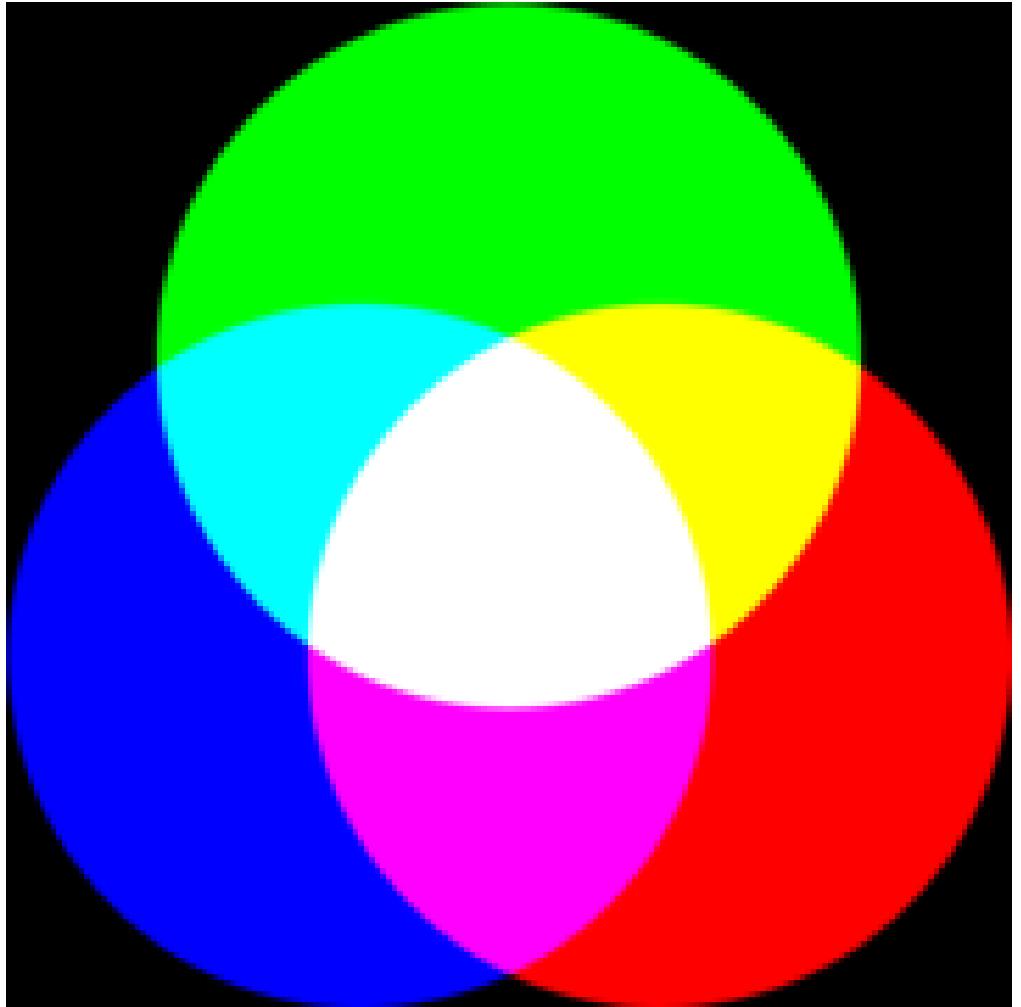
váhování



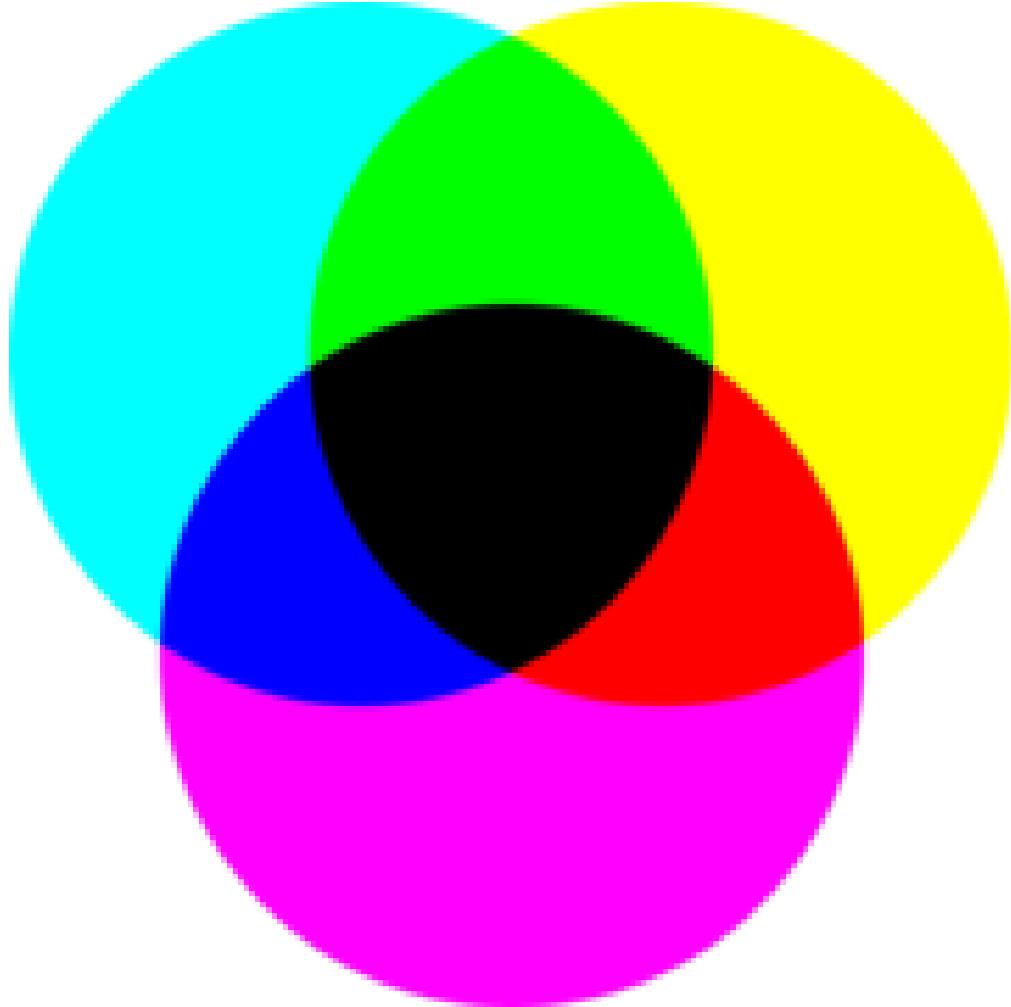
$$I = 0,3R + 0,59G + 0,11B$$

Transparentní obraz

Barevné soustavy

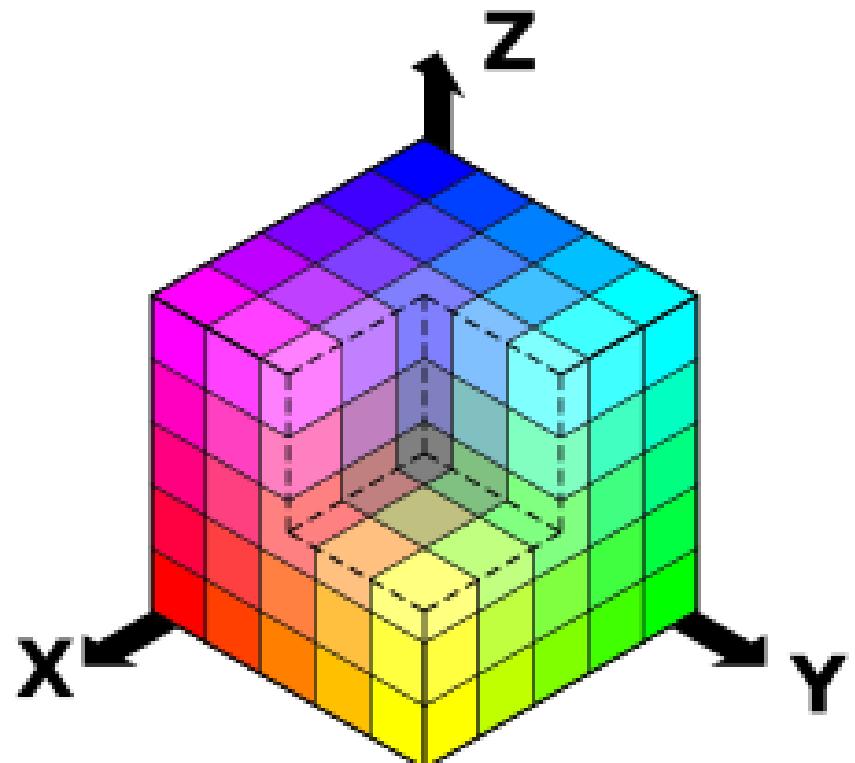


RGB
vs.
CMY(K)



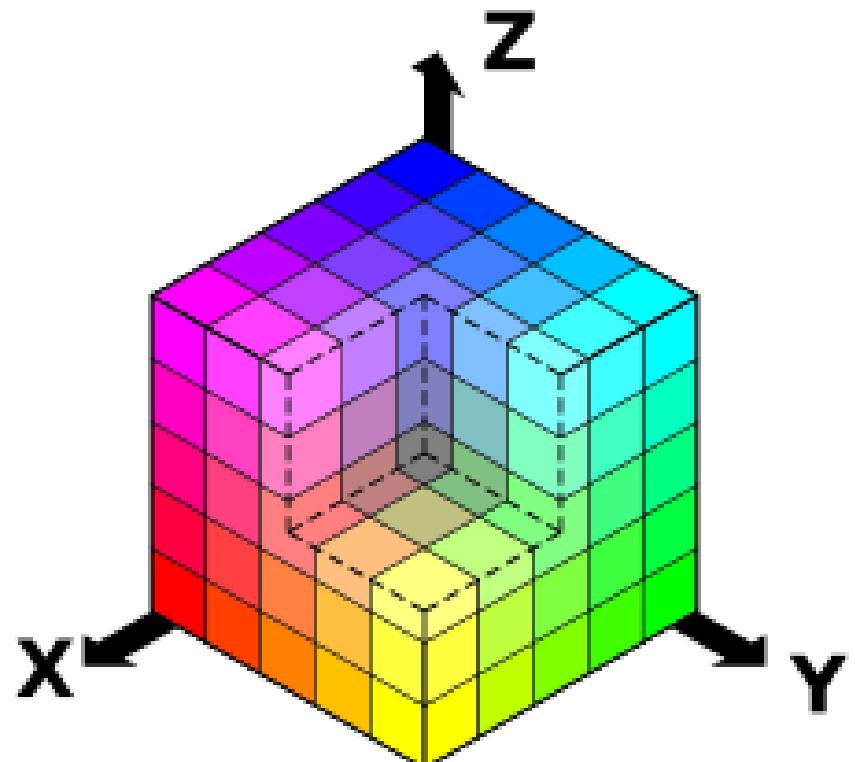
Barevné soustavy – RGB

- Vyjádření barvy pomocí 24 bit (3×8 bit)
- 3 základní + 3 doplňkové
- Notace
 - R [255 ; 0 ; 0]
 - G [0 ; 255 ; 0]
 - B [0 ; 0 ; 255]
 - C [? ; ? ; ?]
 - M [? ; ? ; ?]
 - Y [? ; ? ; ?]
 - K [? ; ? ; ?]



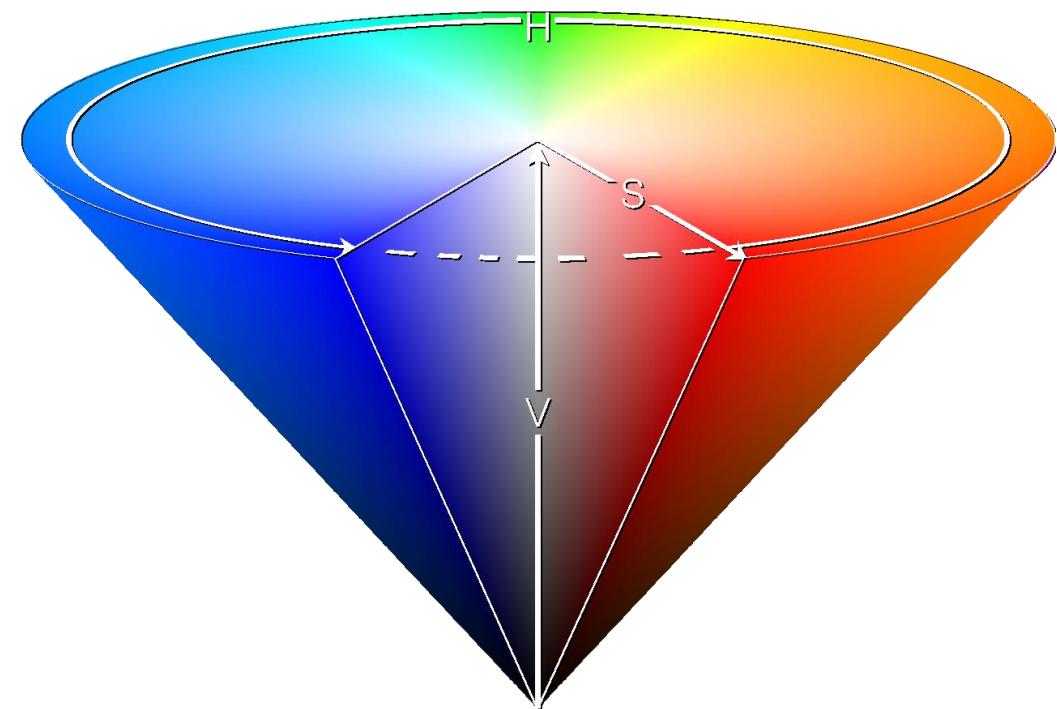
Barevné soustavy – RGB

- Vyjádření barvy pomocí 24 bit (3×8 bit)
- 3 základní + 3 doplňkové
- Notace
 - R [255 ; 0 ; 0]
 - G [0 ; 255 ; 0]
 - B [0 ; 0 ; 255]
 - C [0 ; 255 ; 255]
 - M [255 ; 0 ; 255]
 - Y [255 ; 255 ; 0]
 - K [0 ; 0 ; 0]



Barevné soustavy – HSV (HSB)

- HUE – barva
- SATURATION – sytost
- VALUE (BRIGHTNESS) – jas

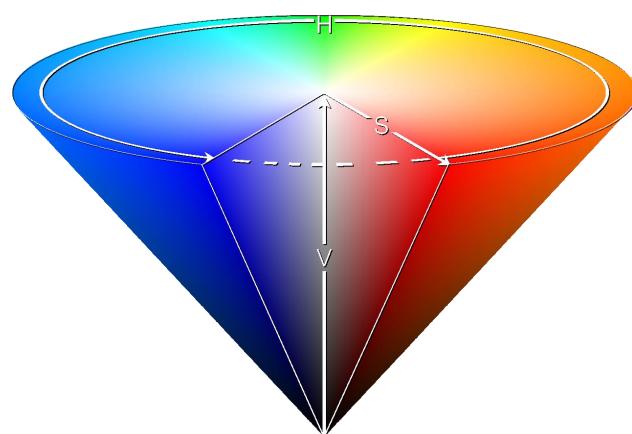


Barevné soustavy – HSV (HSB)



- HUE
 - barva
- SATURATION
 - sytost
- VALUE (BRIGHTNESS)
 - jas

$$R' = \frac{R}{255} \quad G' = \frac{G}{255} \quad B' = \frac{B}{255}$$
$$C_{\min} = \min(R', G', B') \quad C_{\max} = \max(R', G', B')$$
$$\Delta = C_{\min} - C_{\max}$$



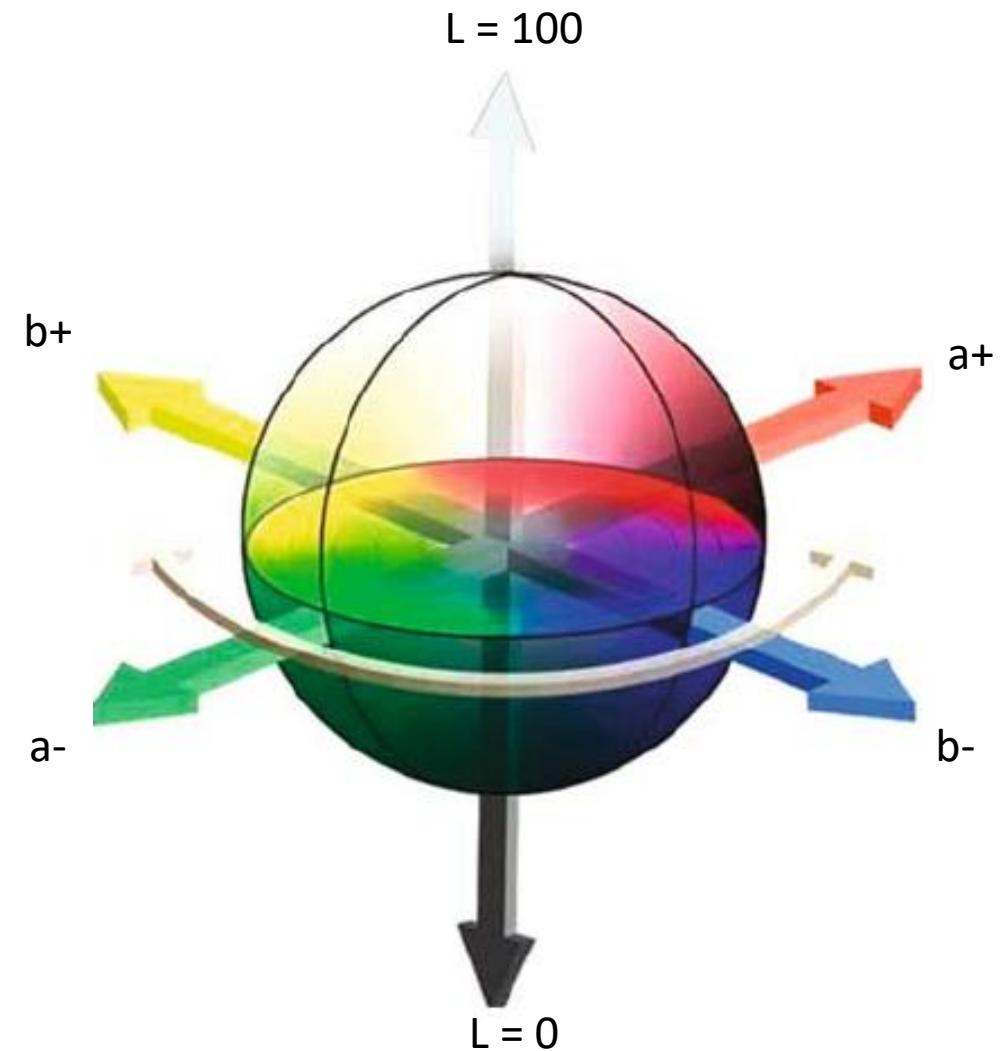
$$H = \begin{cases} 0^\circ, & \Delta = 0 \\ 60^\circ \times \left(\frac{G' - B'}{\Delta} + 6 \right), & C_{\max} = R' \\ 60^\circ \times \left(\frac{B' - R'}{\Delta} + 2 \right), & C_{\max} = G' \\ 60^\circ \times \left(\frac{R' - G'}{\Delta} + 4 \right), & C_{\max} = B' \end{cases}$$

$$S = \begin{cases} 0, & C_{\max} = 0 \\ \frac{\Delta}{C_{\max}}, & C_{\max} \neq 0 \end{cases}$$

$$V = C_{\max}$$

Barevné soustavy – Lab (CIELAB)

- Lightness – jas
- a^* – červeno-zelená
- b^* – modro-žlutá
- úměrné z hlediska lidského vnímání barev



Komprese obrazu

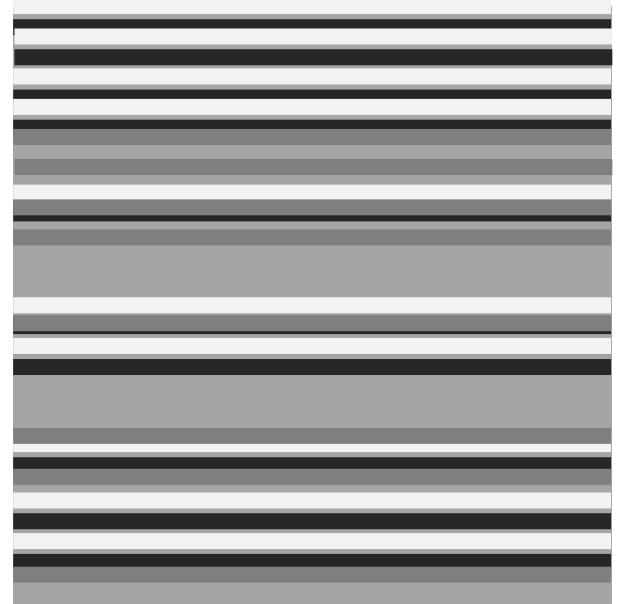
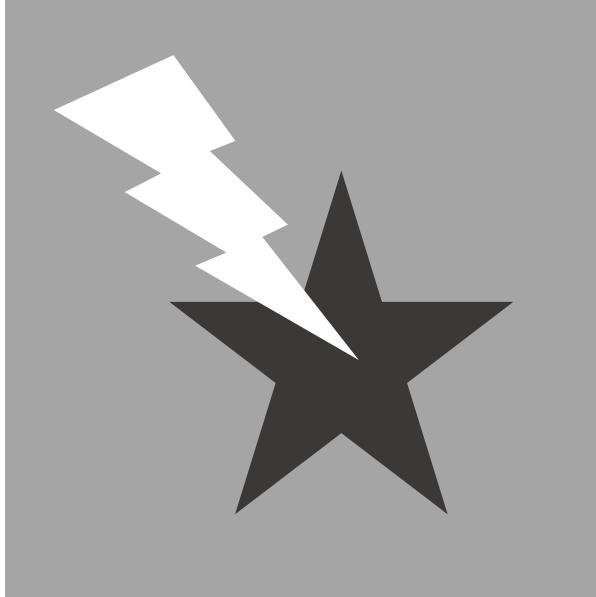
- Výpočet

Komprese obrazu

- Výpočet
 - $1000 \times 1000 \times 24 \times 30 \times 60 \times 120 = \text{hodně moc (bit)}$

Komprese obrazu

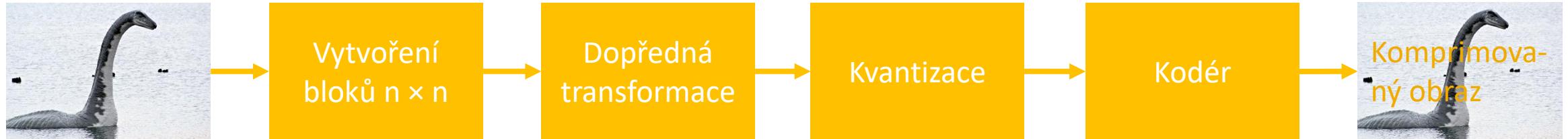
- Výpočet
 - $1000 \times 1000 \times 24 \times 30 \times 60 \times 120 = \text{hodně moc (bit)}$
- Všechny pixely nejsou stejně důležité (RLE)



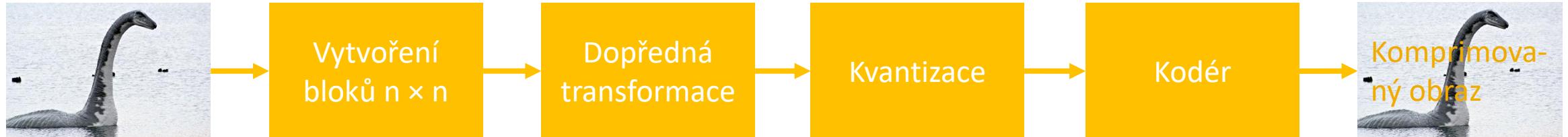
Komprese obrazu



Komprese obrazu – JPEG (standard)



Komprese obrazu – JPEG (standard)



8×8
bloky

DCT

$$\left\lfloor \frac{17}{2} \right\rfloor \cdot 2 = 16$$

Huffman



Huffman

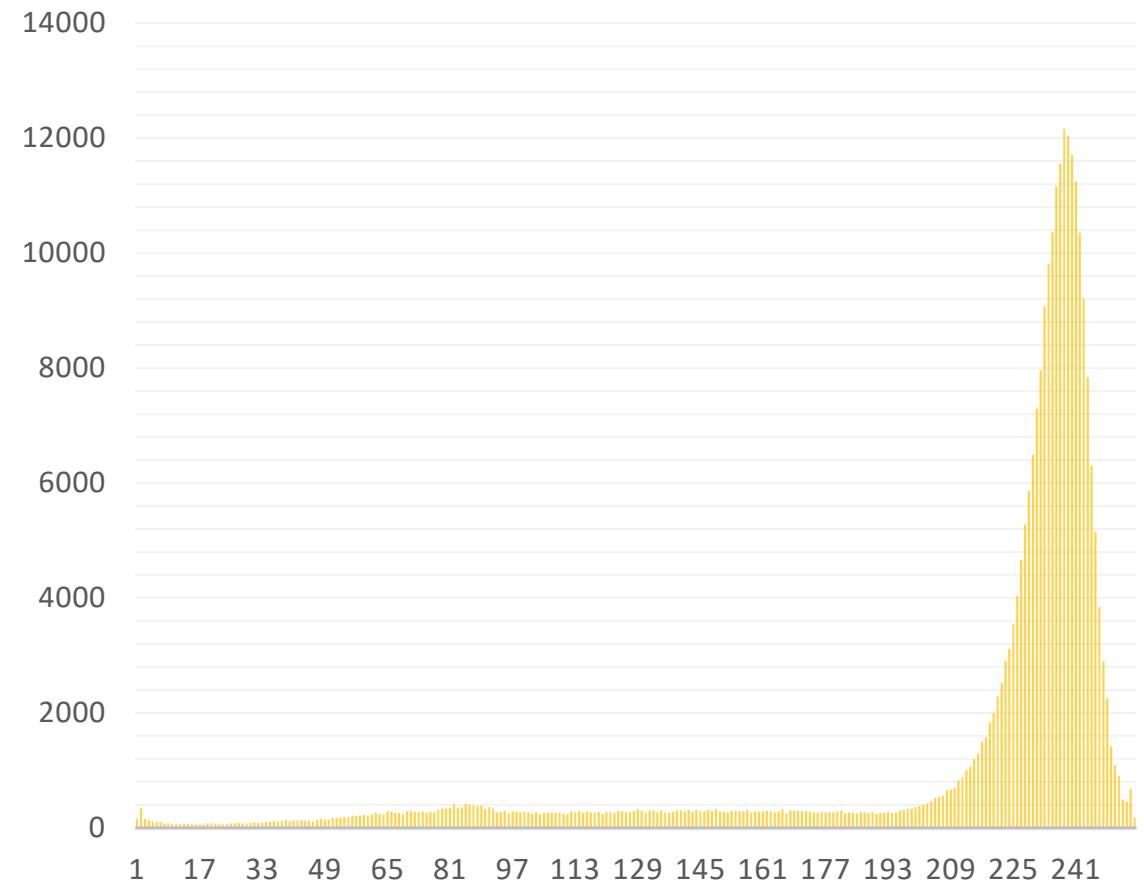
IDCT

8×8
bloky

Komprese obrazu – Huffmannovo kódování



Histogram obrazu



Komprese obrazu – Huffmannovo kódování

Hodnota jasu	Pravděpodobnost	Kód 1	Počet bitů	Kód 2	Počet bitů
87	0,25	01010111	8	01	2
128	0,47	10000000	8	1	1
186	0,25	11000100	8	000	3
255	0,03	11111111	8	001	3
ostatní	0	-	8	-	0

- Bezztrátová komprese

Komprese obrazu – Huffmannovo kódování

Hodnota jasu	Pravděpodobnost	Kód 1	Počet bitů	Kód 2	Počet bitů
87	0,25	01010111	8	01	2
128	0,47	10000000	8	1	1
186	0,25	11000100	8	000	3
255	0,03	11111111	8	001	3
ostatní	0	-	8	-	0

$$0,25 \cdot 2 + 0,47 \cdot 1 + 0,25 \cdot 3 + 0,03 \cdot 3 = 1,81$$



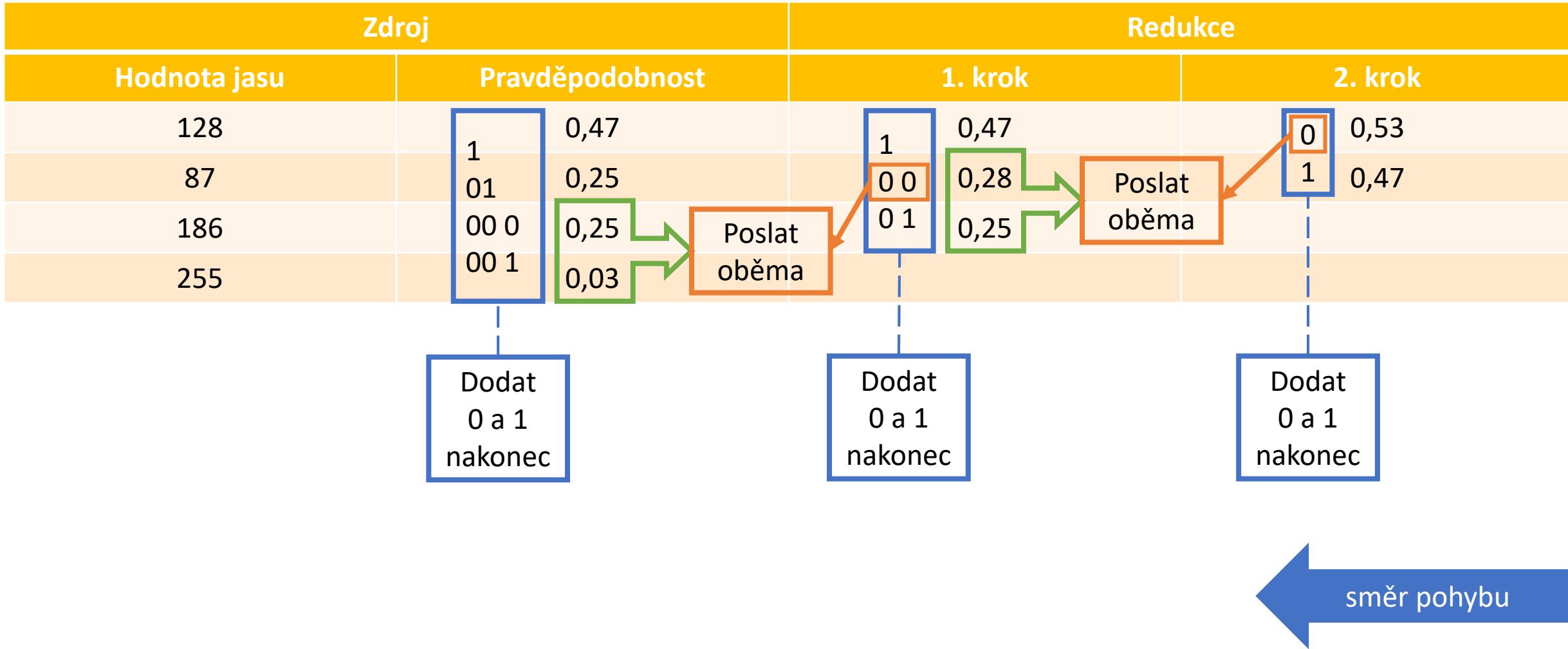
4x lepší!

Komprese obrazu – Huffmannovo kódování

Zdroj		Redukce	
Hodnota jasu	Pravděpodobnost	1. krok	2. krok
128	0,47		
87	0,25		
186	0,25 0,03	Sečíst a seřadit	Sečíst a seřadit
255		0,47 0,28 0,25	0,53 0,47

směr pohybu

Komprese obrazu – Huffmannovo kódování



Komprese obrazu – Huffmannovo kódování

Zdroj		Redukce		
Hodnota jasu	Pravděpodobnost	1. krok	2. krok	
128	1	0,47	0,47	0,53
87	01	0,25	0,28	0,47
186	00 1	0,25	0,25	
255	00 0	0,03		

Výsledné kódování
– příklady

0011001010110001
1001000111010011

Komprese obrazu – Huffmannovo kódování

Zdroj		Redukce	
Hodnota jasu	Pravděpodobnost	1. krok	2. krok
128	1	0,47	0,53
87	01	0,28	0,47
186	00 1	0,25	
255	00 0	0,03	

Výsledné kódování
– příklady

0011001010110001
1001000111010011

255 128 255 87 87 128 186 128
128 255 186 128 128 128 87 255 128

Datové formáty

JPEG

BMP

FLIF

SVG

PNG

EPS

GIF

TIFF

RAW

PDF