

Obraz jako matice

Strojové vidění a zpracování obrazu (BI-SVZ)

Obsah dnešní přednášky

- Digitalizace obrazu
 - Vzorkování
 - Kvantizace
- Aliasing
 - Nyquistův-Shannonův teorém
- Obraz
 - Převod barevného na jasový
 - Barevné soustavy
- Komprese obrazu
 - Ztrátová
 - Beztrátová
 - RLE, Huffmanovo kódování



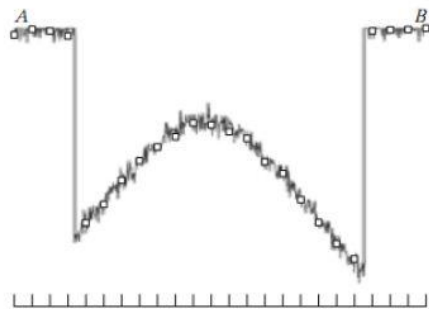
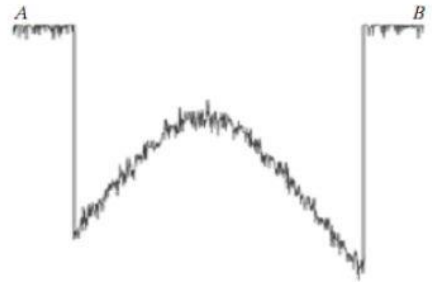
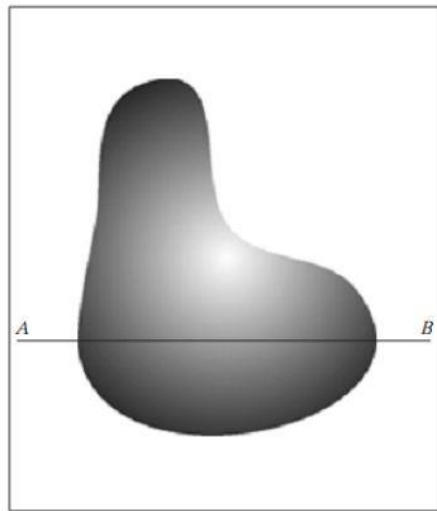
Snímání obrazu

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

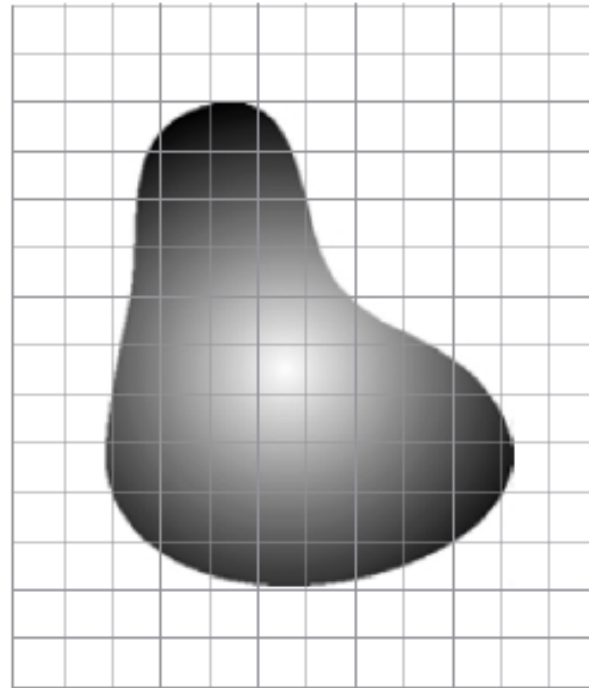
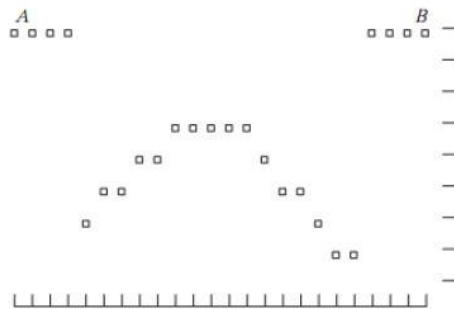
Digitalizace rastrového obrazu. *Grafika* [online]. 2008 [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/xgrafika/digitalizace-rastroveho-obrazu>

Snímání obrazu – digitalizace

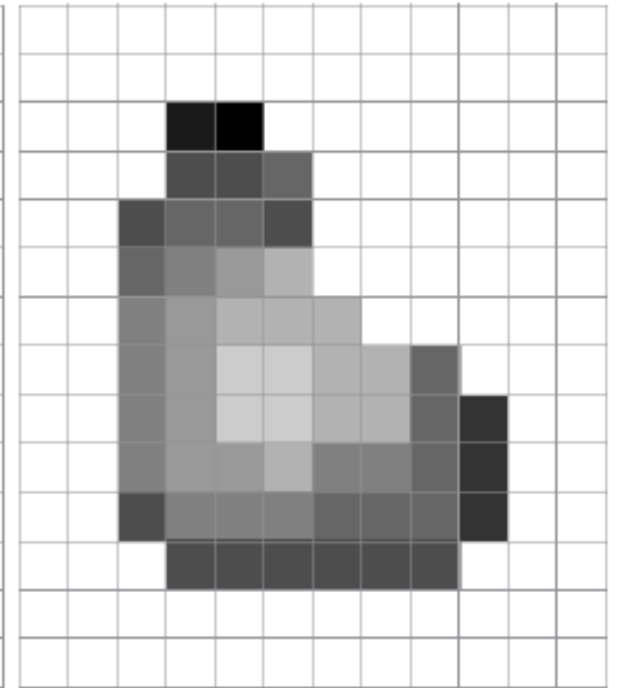
- Převod analogového signálu na digitální (spojitého na diskrétní)



Quantization



a b



Snímání obrazu – digitalizace



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

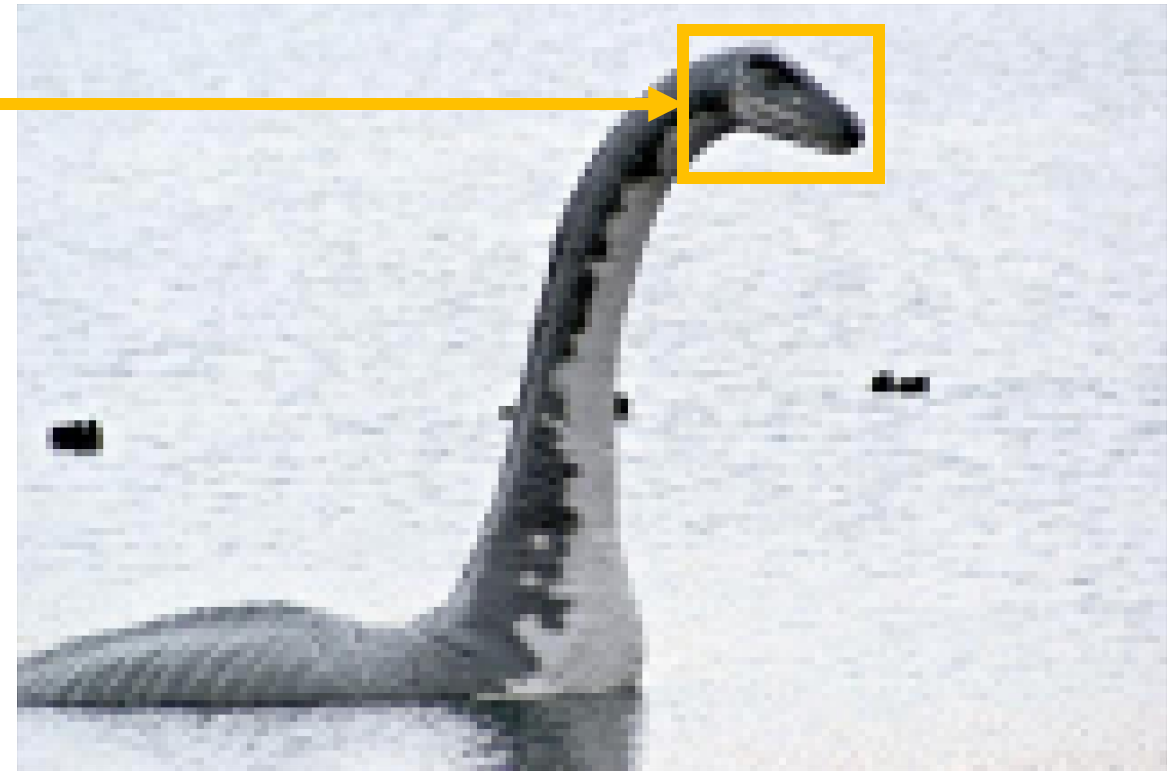
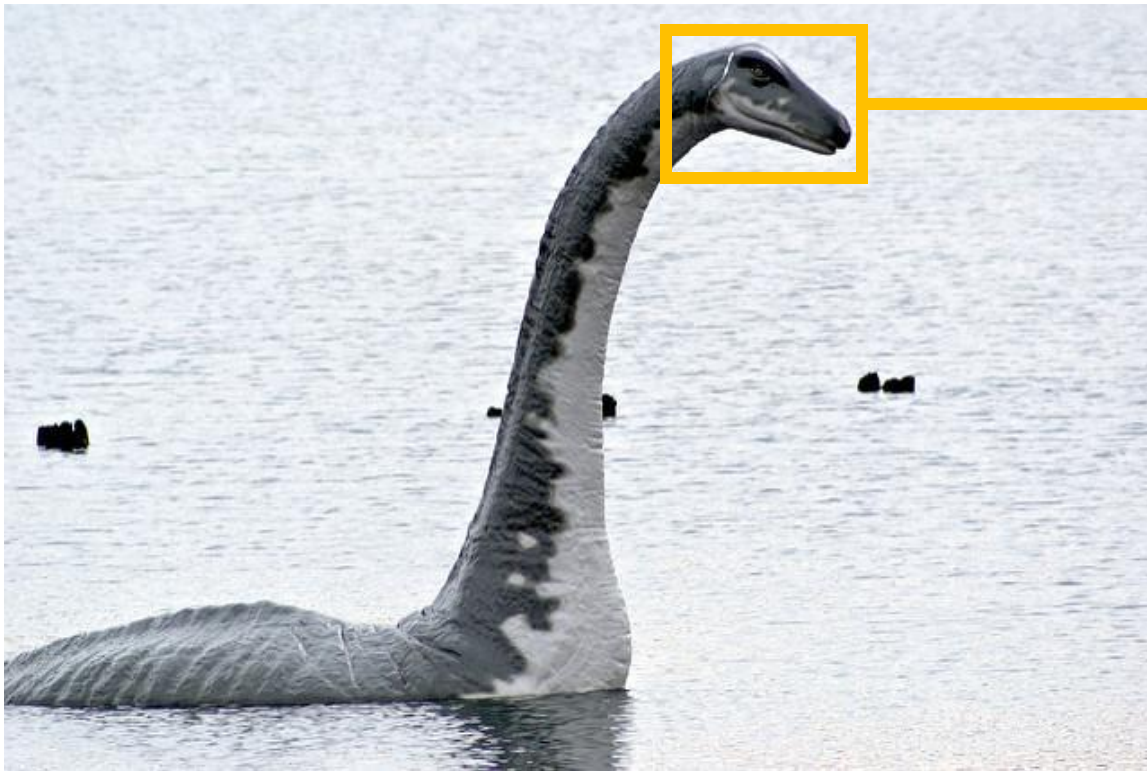
Digitalizace – vzorkování

- Umístění spojitého kontextu do čtvercové mřížky



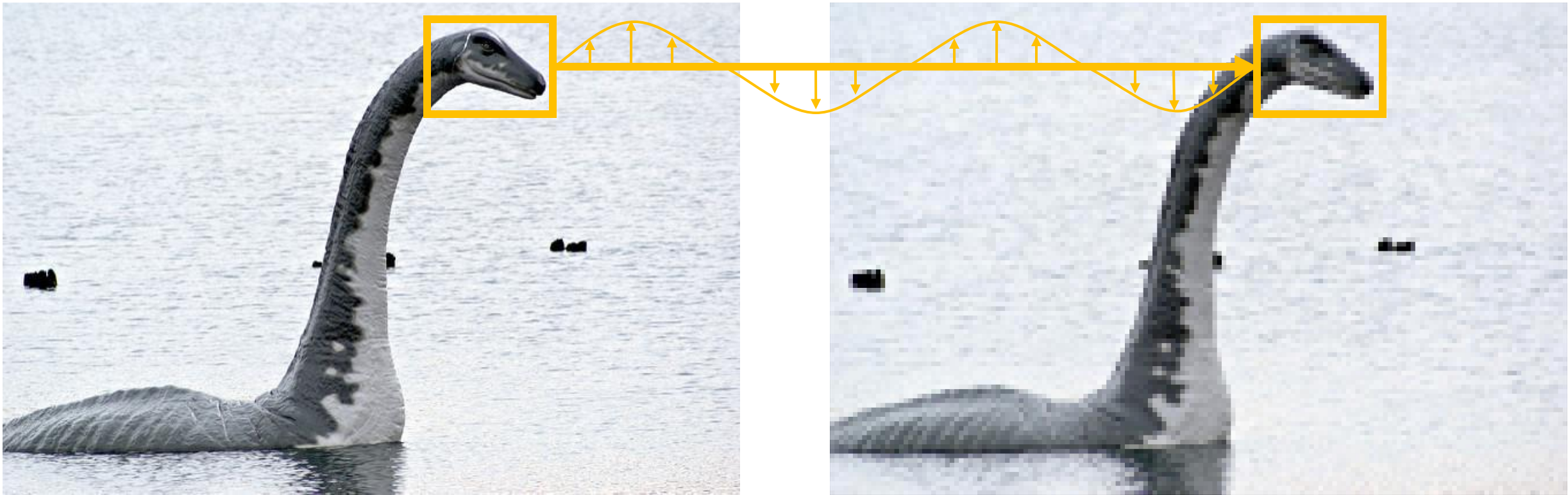
Digitalizace – vzorkování

- Umístění spojitého kontextu do čtvercové mřížky

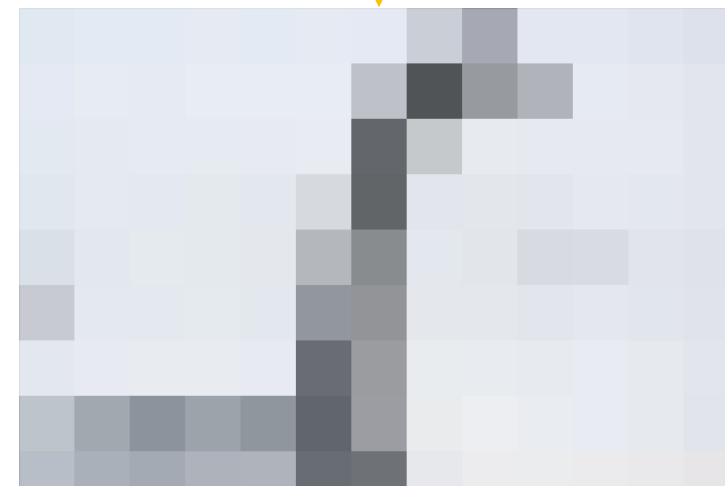
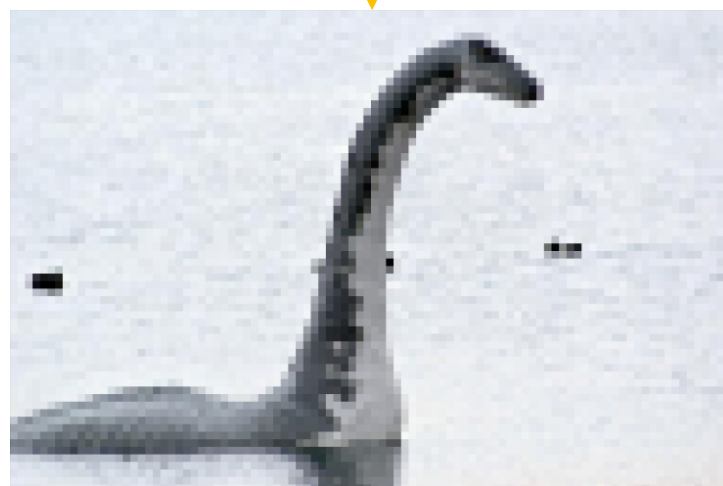
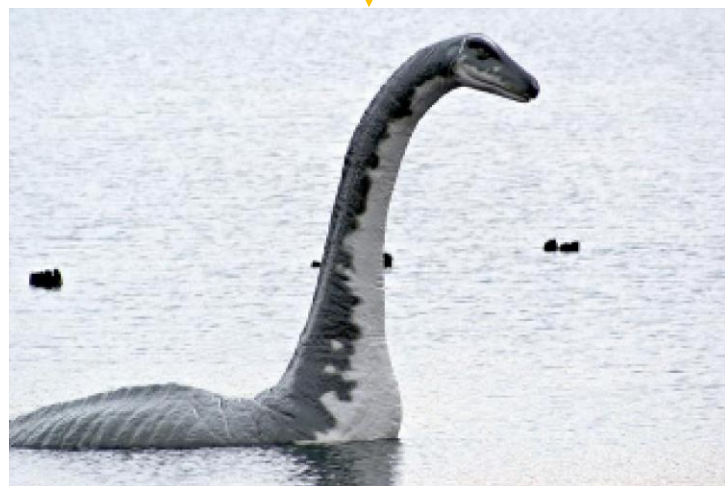


Digitalizace – vzorkování

- Umístění spojitého kontextu do čtvercové mřížky



Digitalizace – vzorkování

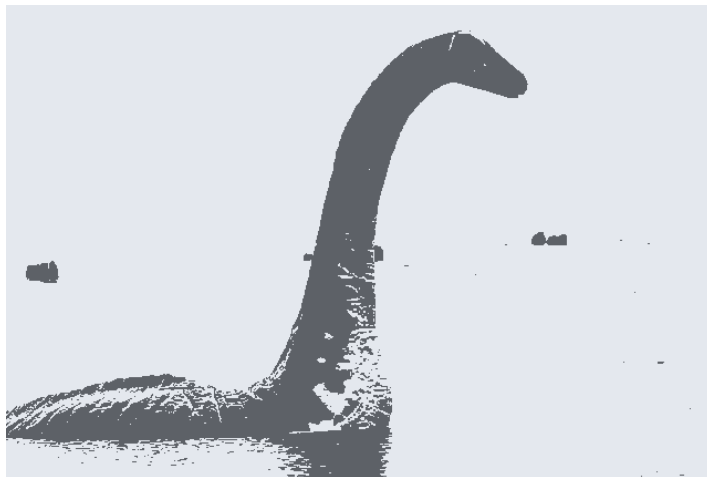
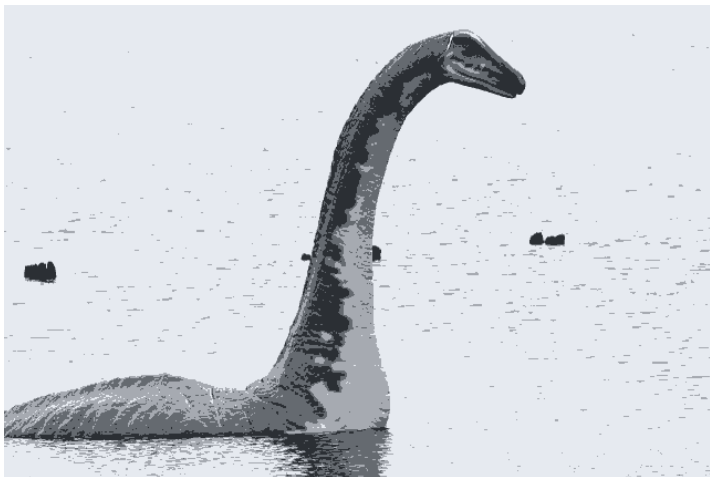
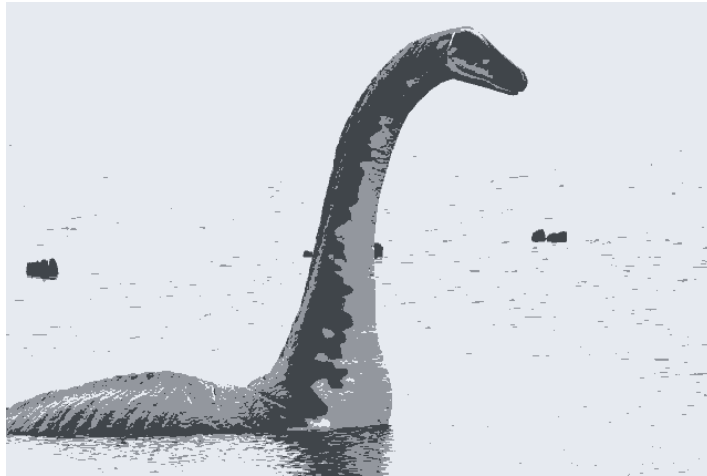


Digitalizace – kvantování

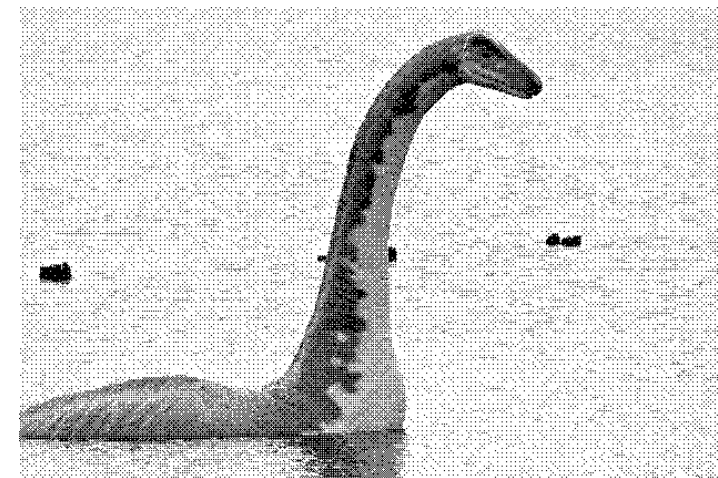
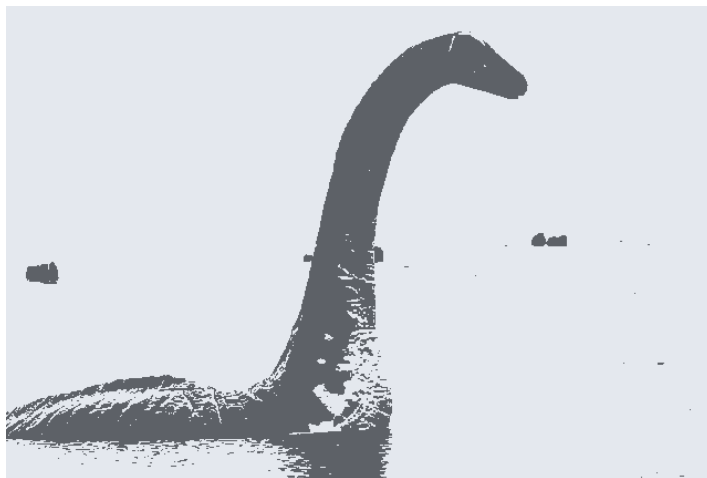
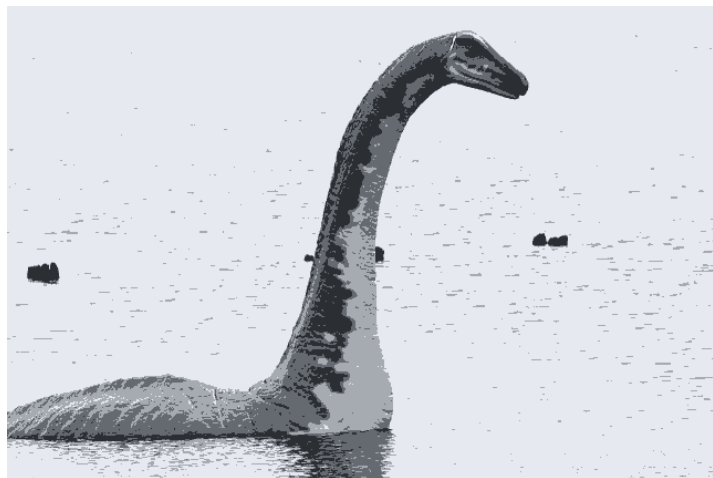
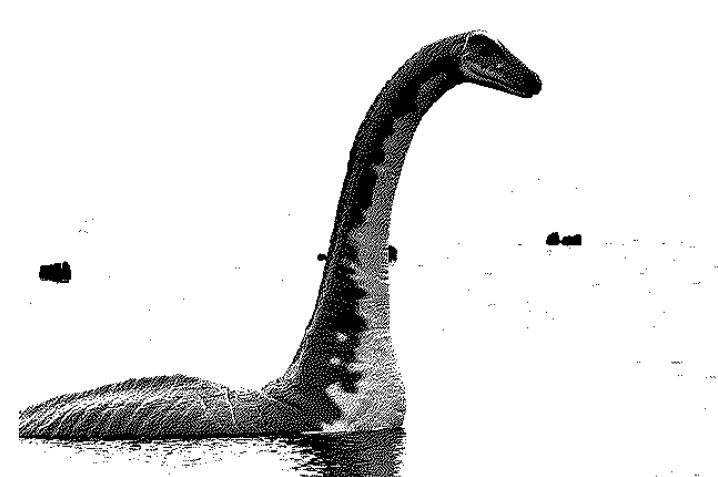
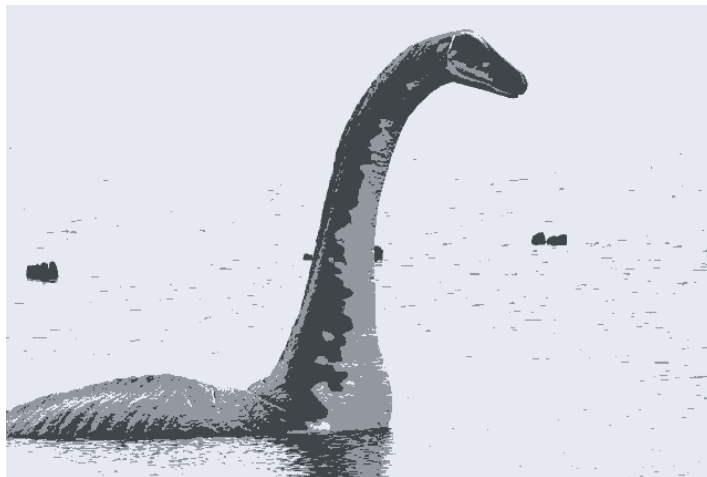
- Využití jasových (barevných) úrovní



Digitalizace – kvantování

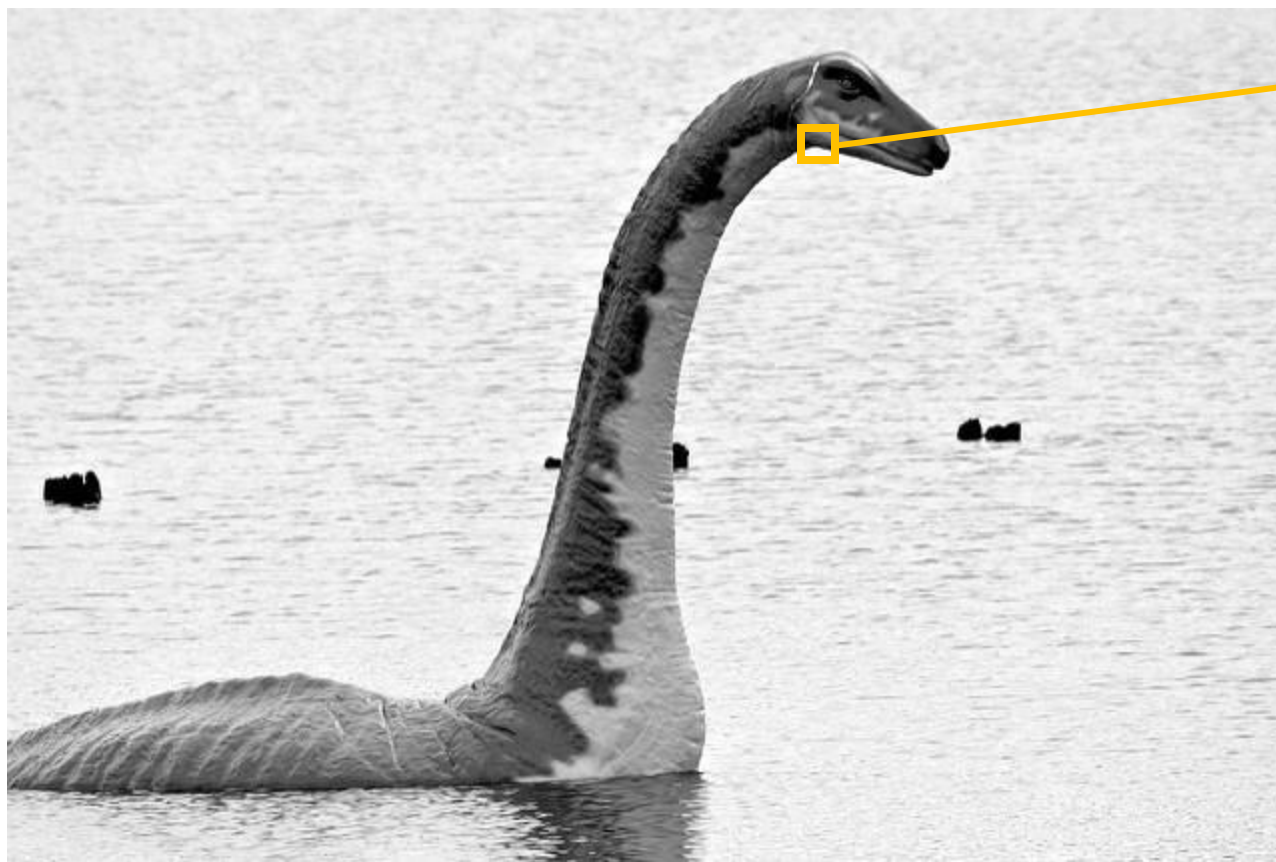


Digitalizace – kvantování



Popis obrazu

- Matice pixelů


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

Výška (px)

Šířka (px)

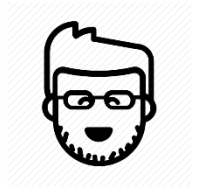
Popis obrazu – rozlišení

- Matice pixelů


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

Výška (px)

Šířka (px)



Rozlišení = $v \times š$ (px)

Displej

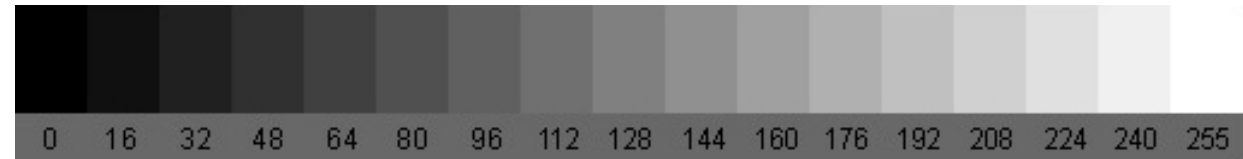
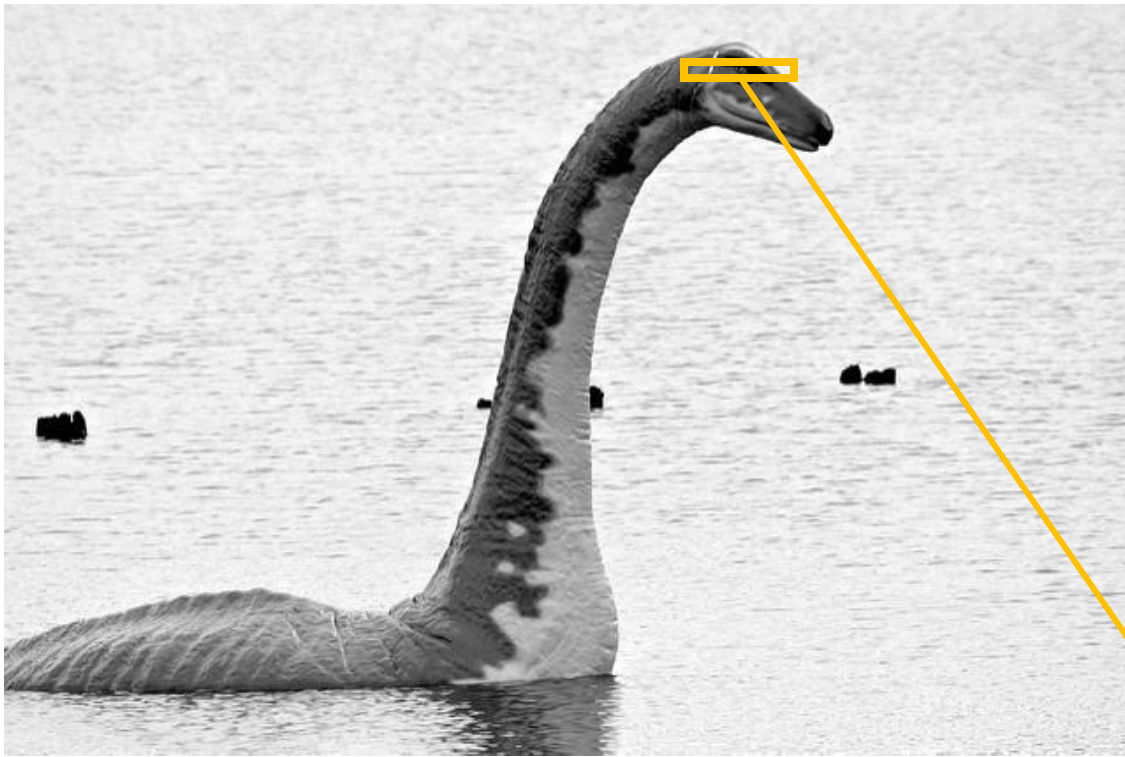
VGA	640 × 480
HD	1280 × 720
HD+	1366 × 768
Full HD	1920 × 1080
2K QHD	2560 × 1440
4K UHD	3840 × 2160

Obrázek

4 MP	...
12 MP	...
13 MP	4128 × 3096

Popis obrazu – bitová hloubka

- Jasové úrovně (256)

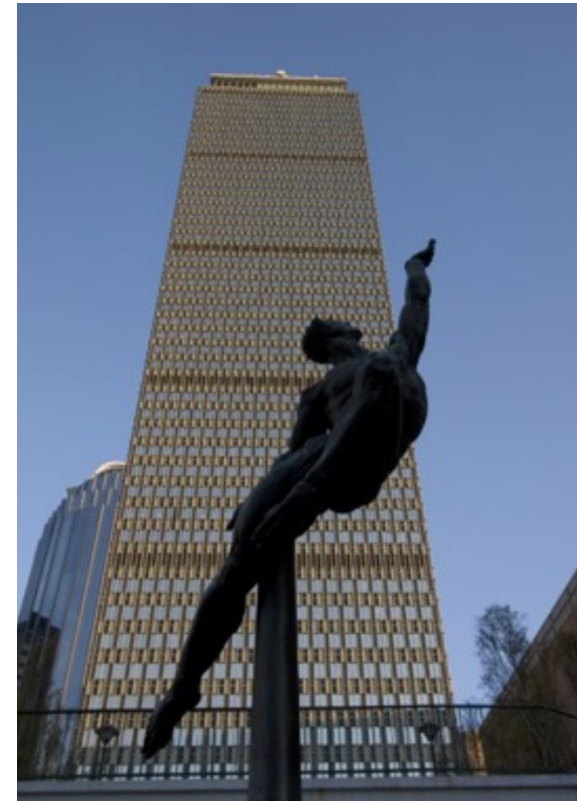


$\langle 0 ; 255 \rangle \sim 8 \text{ bit}$



Aliasing (falšování)

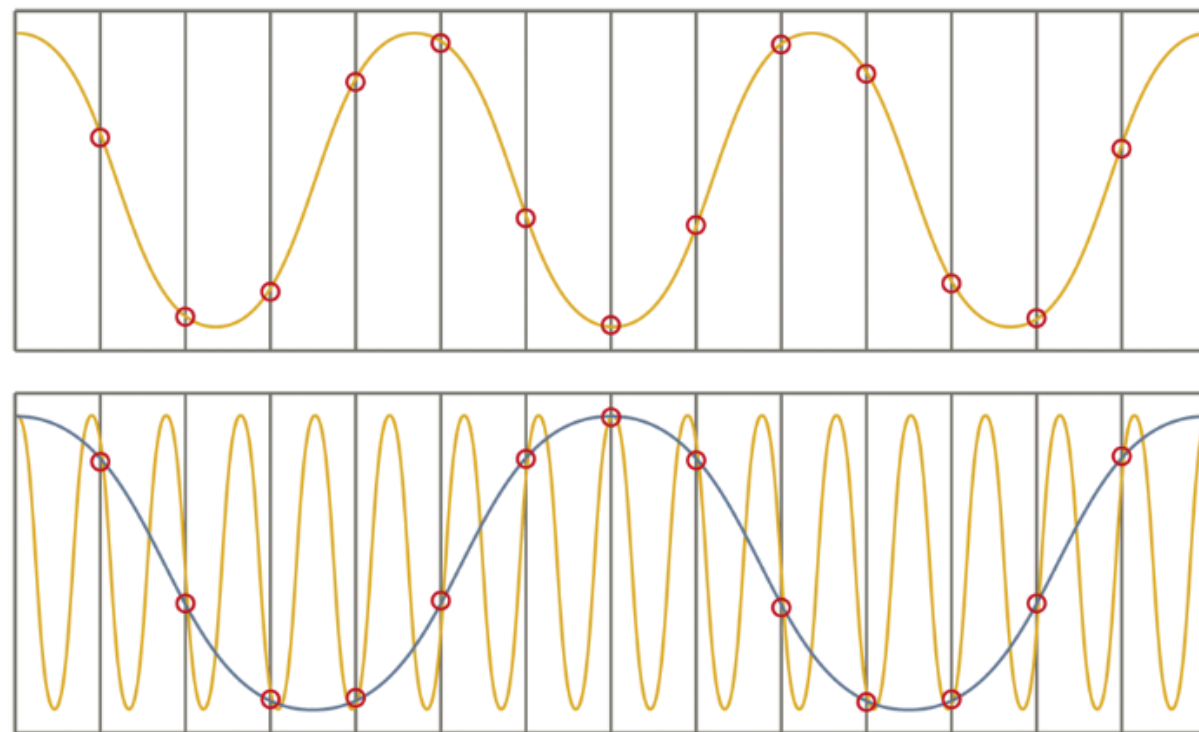
- Jev vznikající při nedostatečném navzorkování signálu
- Signál vypadá jinak než ve skutečnosti
- V čase (jedna osa)
- V prostoru (dvě osy)



Aliasing – Nyquistův teorém (Shannonův)

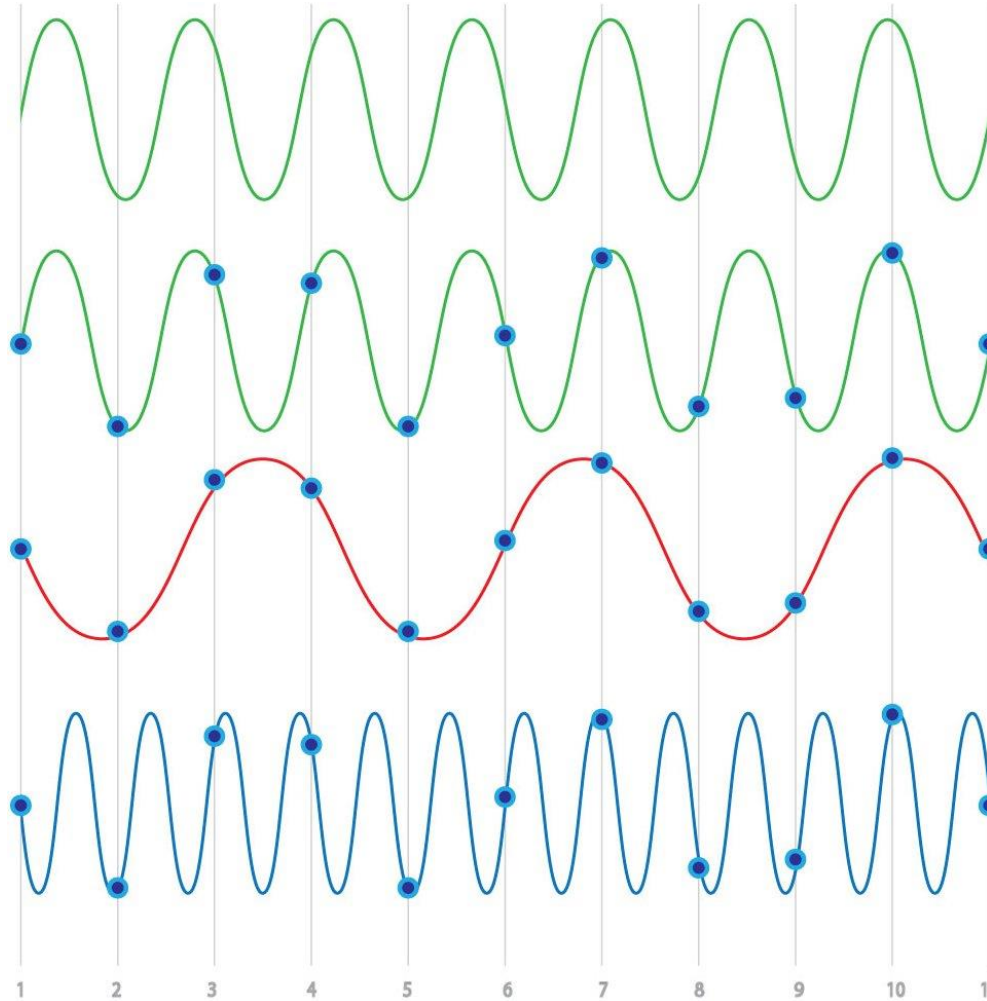
- Velikost vzorkovací frekvence musí být minimálně dvakrát vyšší než nejvyšší frekvence signálu

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



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 obraze (2D, moiré)



Jak se to může stát v obraze?

Aliasing – v čase (video)



Aliasing – v čase (video)



Rastrová vs. vektorová grafika



Rastrová vs. vektorová grafika



Popis obrazu – dělení

Jasový (šedotónový)

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



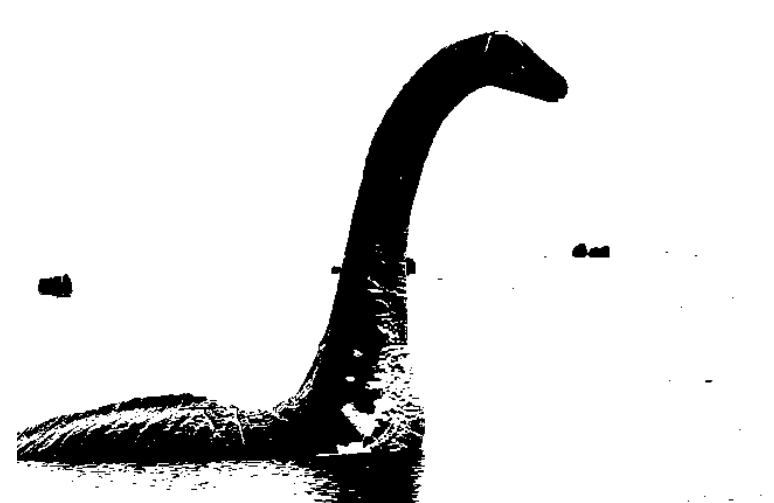
Barevný

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



Binární

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



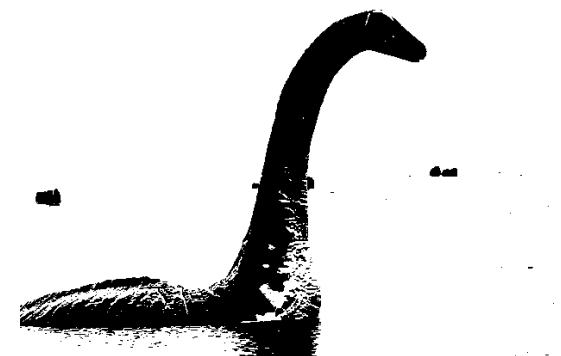
Popis obrazu – převod



Průměrování /
Váhování složek



Prahování



Převod barevného obrazu na jasový



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

Převod barevného obrazu na jasový



průměrování



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

váhování



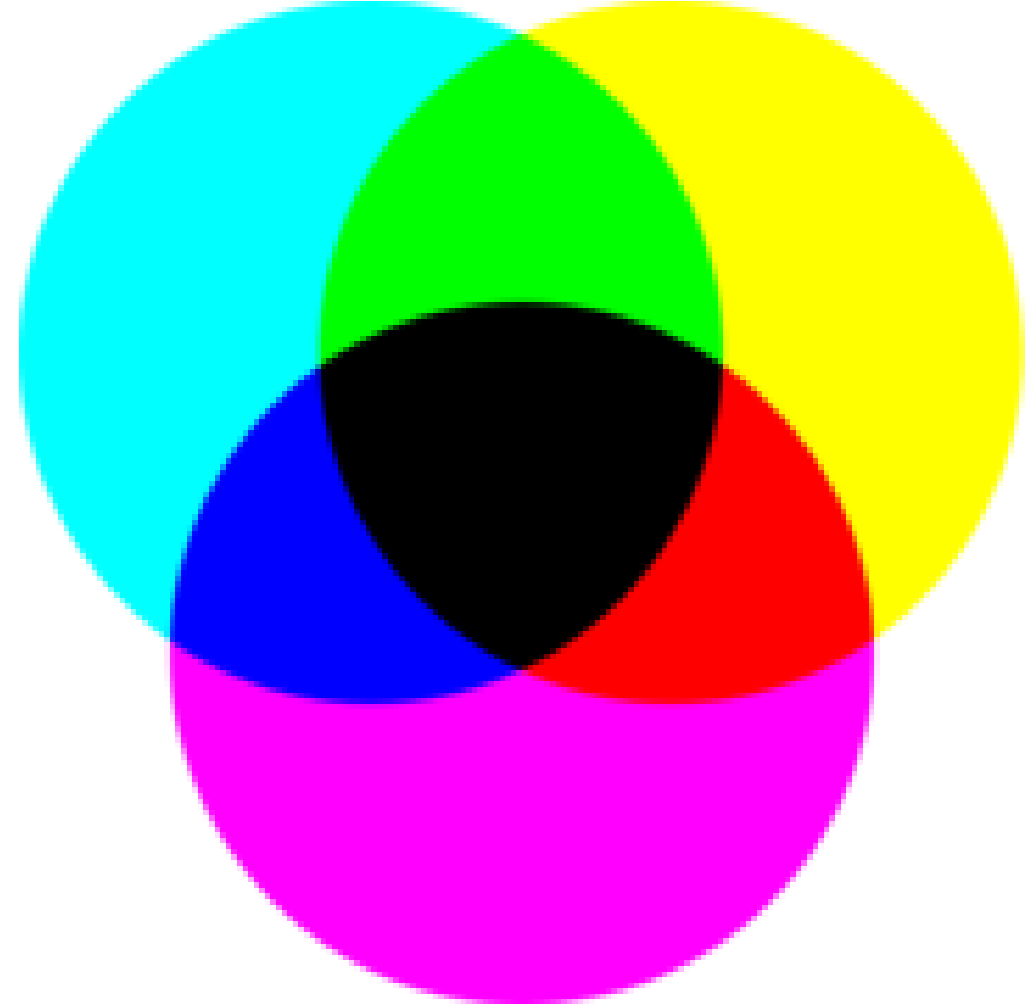
$$I = 0,3R + 0,59G + 0,11B$$

Transparentní obraz

Barevné soustavy



RGB
vs.
CMY(K)

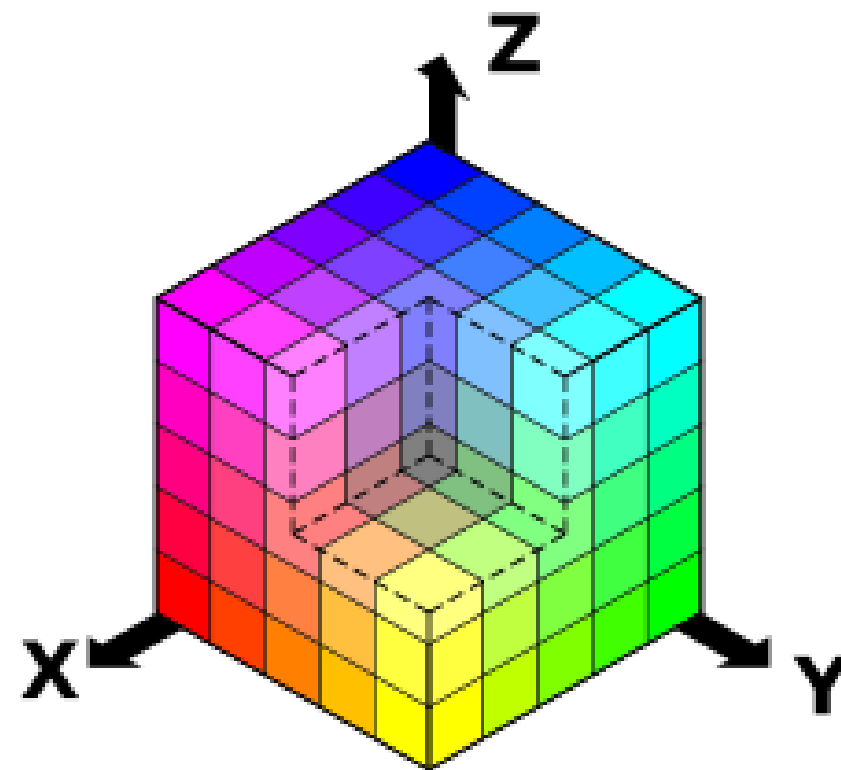


Barevné soustavy – RGB

- 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 [? ; ? ; ?]

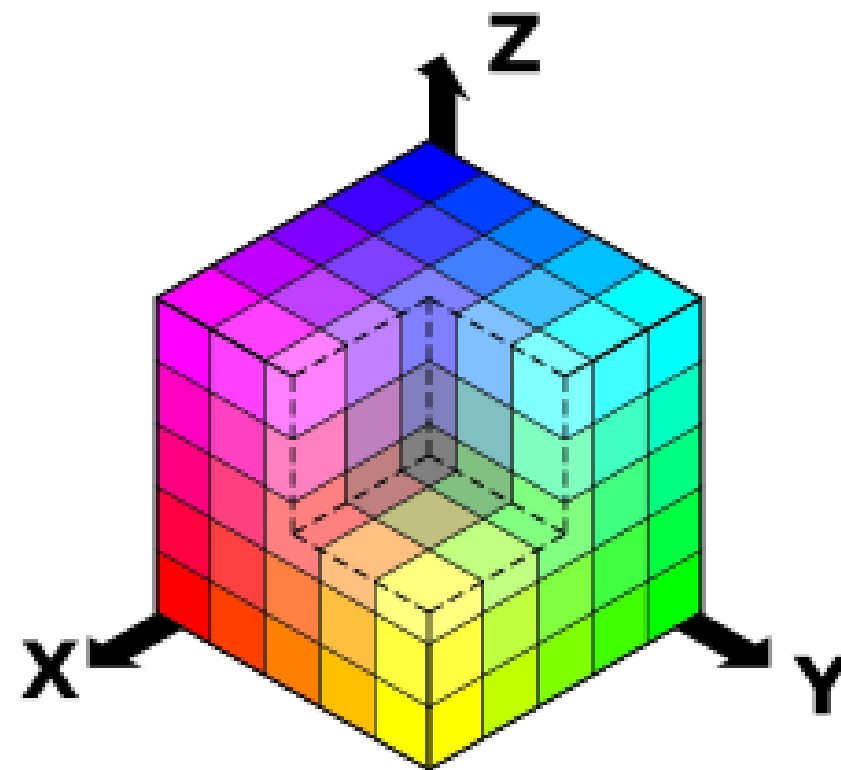


Barevné soustavy – RGB

- Vyjádření barvy pomocí 24 bit (3×8 bit)
- 3 základní + 3 doplňkové

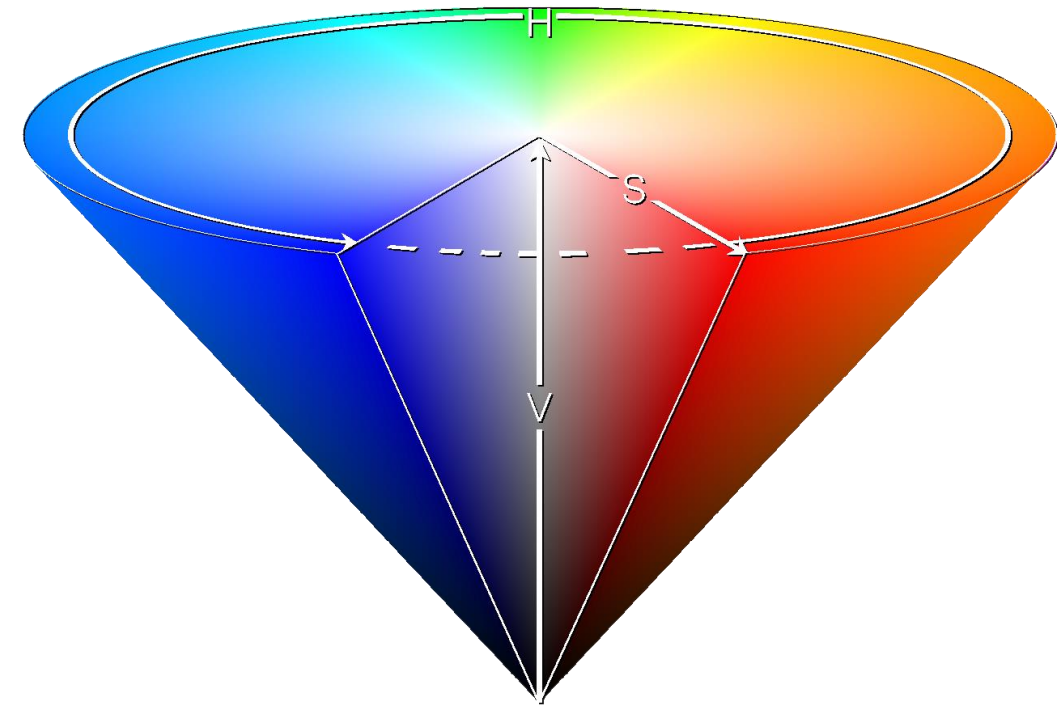
- Notace

- 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)

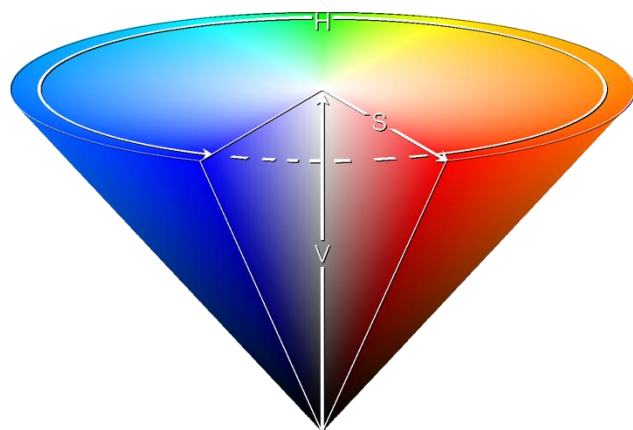


- HUE – barva
- SATURATION – sytost
- VALUE (BRIGHTNESS) – jas

$$R' = \frac{R}{255} \quad G' = \frac{G}{255} \quad B' = \frac{B}{255}$$

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

$$\Delta = C_{\min} - C_{\max}$$



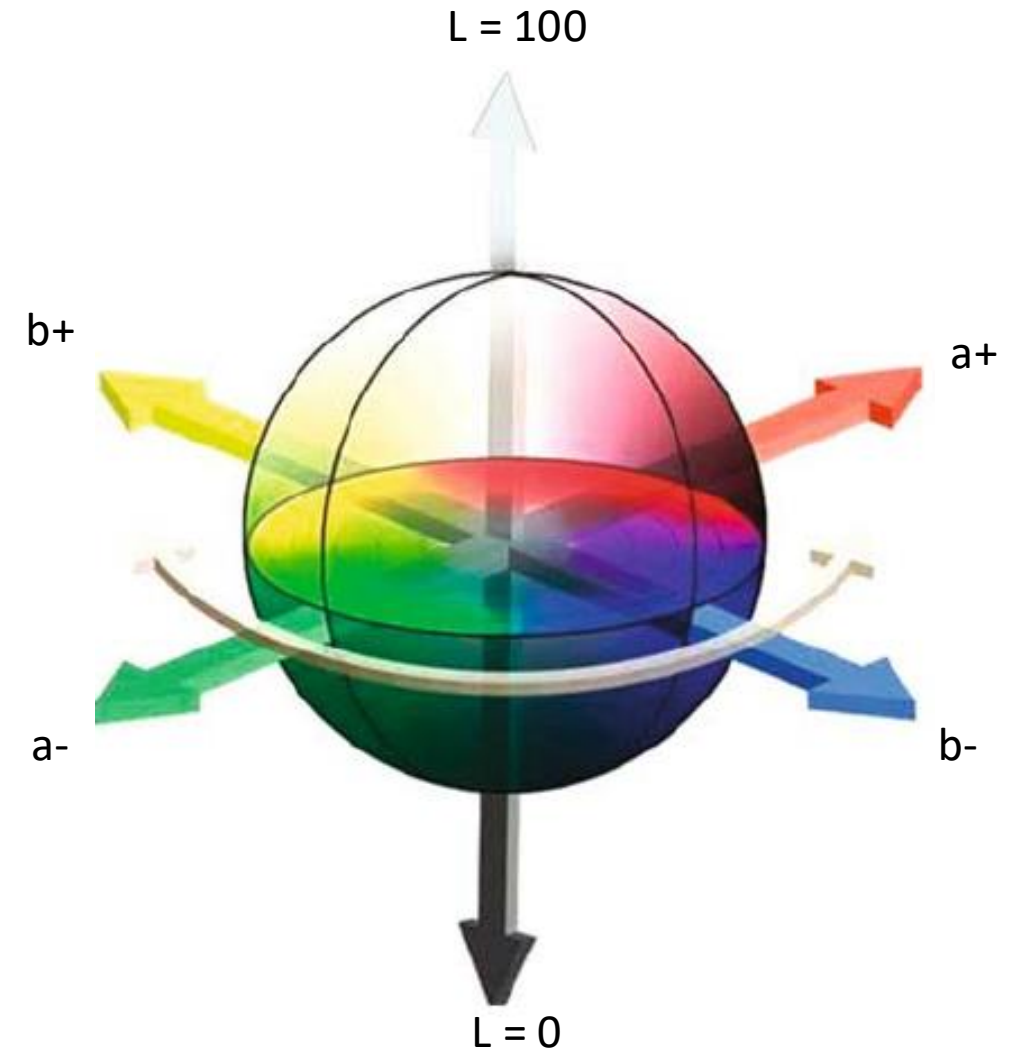
$$H = \begin{cases} 0^\circ, & \Delta = 0 \\ 60^\circ \times \left(\frac{G' - B'}{\Delta} + 6 \right), & C_{\max} = R' \\ 60^\circ \times \left(\frac{B' - R'}{\Delta} + 2 \right), & C_{\max} = G' \\ 60^\circ \times \left(\frac{R' - G'}{\Delta} + 4 \right), & C_{\max} = B' \end{cases}$$

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

$$V = C_{\max}$$

Barevné soustavy – Lab (CIELAB)

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



Komprese obrazu

- Výpočet

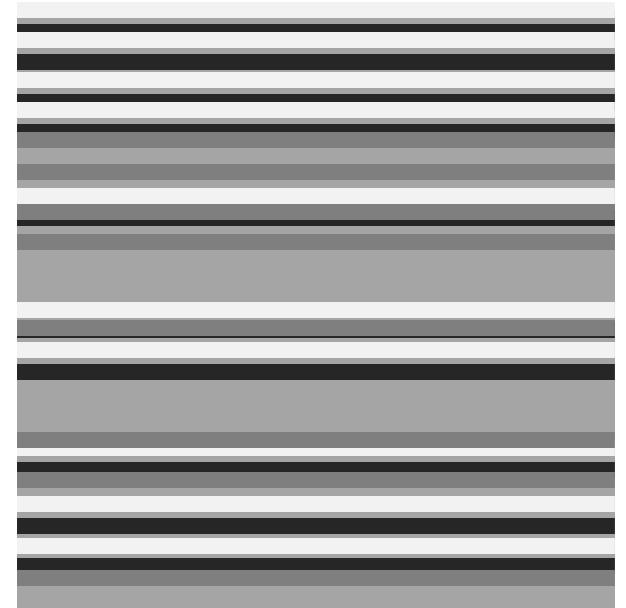
Komprese obrazu

- Výpočet

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

Kompresa obrazu

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



Kompresce obrazu



Mapování

Kvantizace

Kódování
symbolů

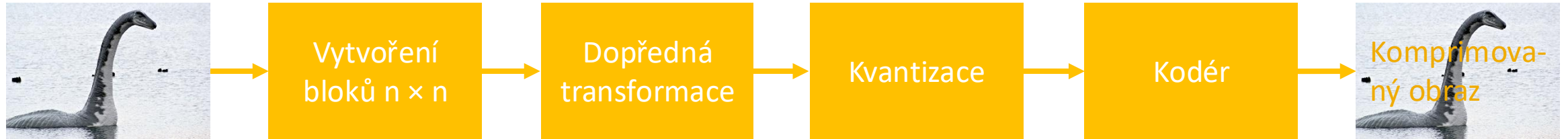
Komprimovaná data
pro uložení a přenos

Dekódování
symbolů

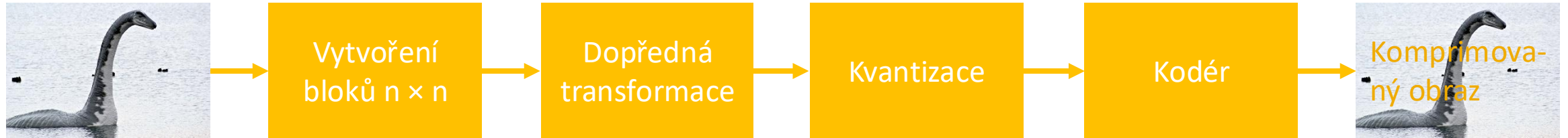
Inverzní
mapování



Kompresa obrazu – JPEG (standard)



Kompresce obrazu – JPEG (standard)



8×8
bloky

DCT

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

Huffman



Huffman

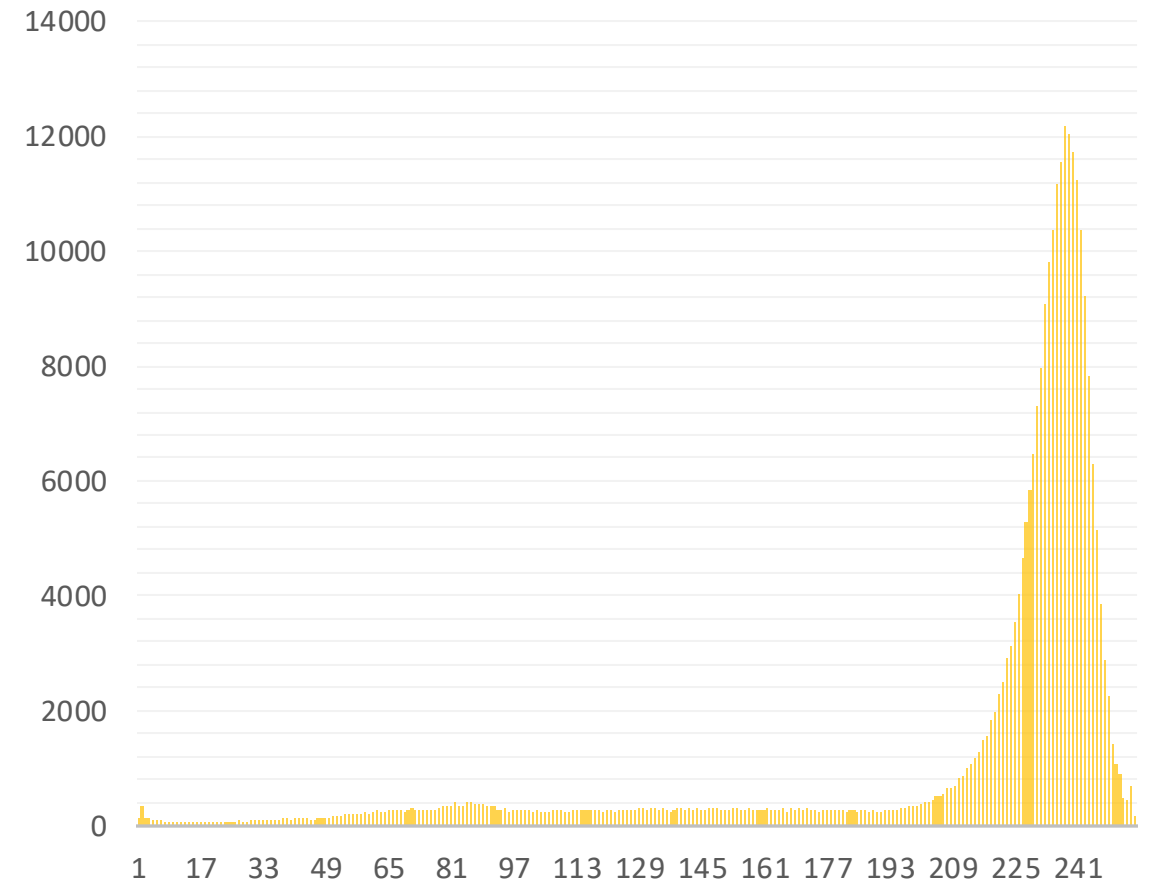
IDCT

8×8
bloky

Kompresa obrazu – Huffmanmannovo kódování



Histogram obrazu



Kompresa obrazu – Huffmanovo 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

Kompresce obrazu – Huffmanovo 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

$$0,25 \cdot 2 + 0,47 \cdot 1 + 0,25 \cdot 3 + 0,03 \cdot 3 = 1,81 \quad \longrightarrow \quad 4x \text{ lepší!}$$

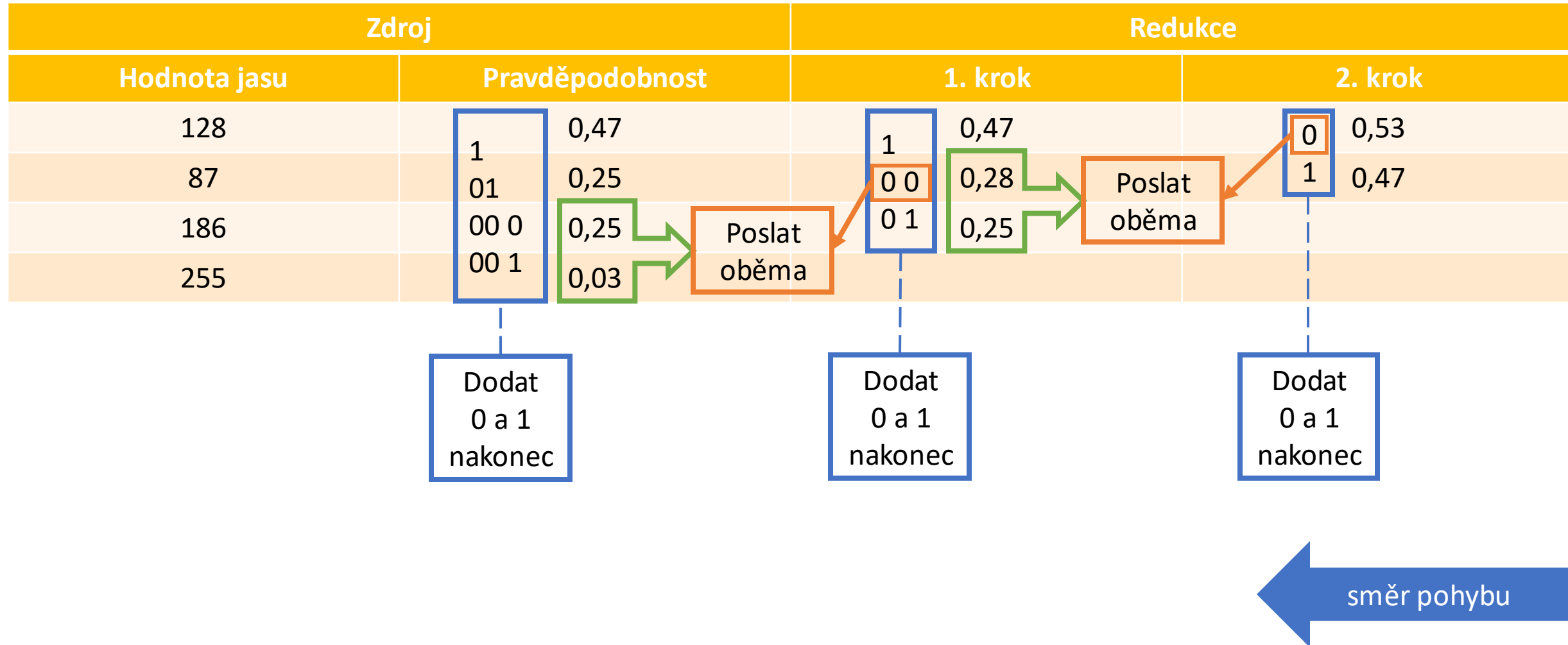
Kompresce obrazu – Huffmanovo kódování

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

```
graph LR; subgraph Source [Zdroj]; direction TB; S1[128, 0.47]; S2[87, 0.25]; S3[186, 0.25]; S4[255, 0.03]; end; S2 --> J1[Sečíst a seřadit]; S3 --> J1; J1 --> R1_028[0.28]; J1 --> R1_025[0.25]; R1_028 --> J2[Sečíst a seřadit]; R1_025 --> J2; J2 --> R2_053[0.53]; J2 --> R2_047[0.47];
```

směr pohybu

Kompresce obrazu – Huffmanovo kódování



Kompresce obrazu – Huffmanovo 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

Kompresce obrazu – Huffmanovo kódování

Zdroj			Redukce	
Hodnota jasů		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		

Výsledné kódování
– příklady

0011001010110001
1001000111010011

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

Datové formáty

BMP

FLIF

JPEG

PNG

SVG

EPS

GIF

TIFF

PDF

RAW