

DCGI

KATEDRA POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A INTERAKCE

PHA – Osvětlovací modely

JIŘÍ BITTNER

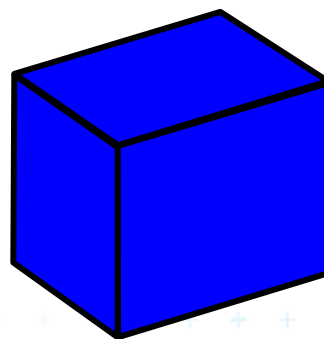
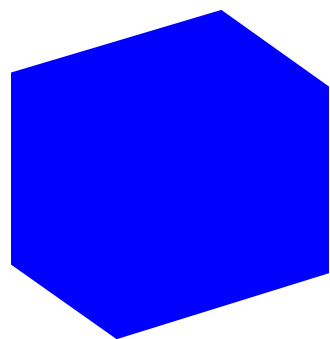
Vzhled povrchu objektů

- Světelné zdroje
- Geometrie objektů
- Odrazivost povrchů

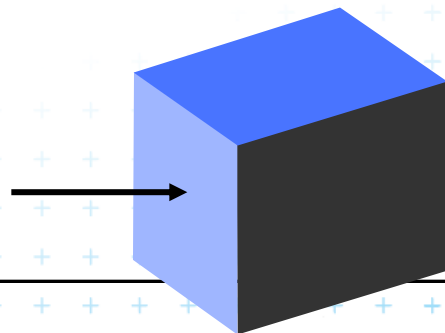


Osvětlení podporuje prostorový vjem

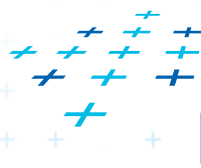
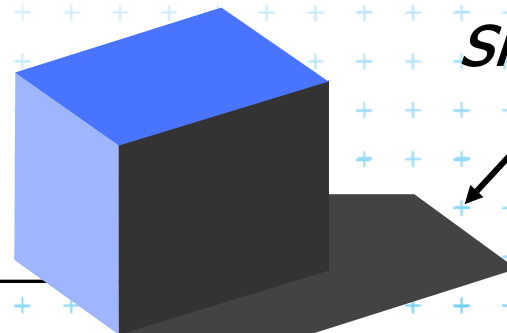
- Vjem povrchu těles
 - tvar ploch, struktura povrchu
- Vjem polohy těles
 - vržené stíny, nepřímé osvětlení



odstín
shade



stín
shadow



DCGI

APG - Světlo

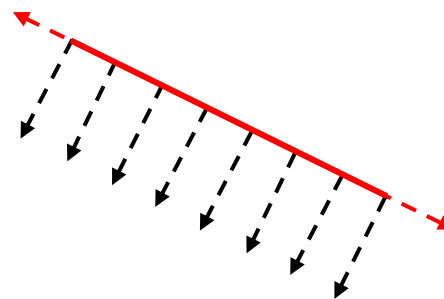
(3)



Světelné zdroje

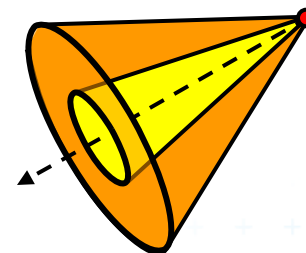
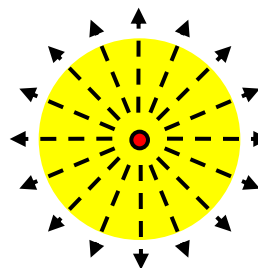
■ Směrový

- nemá počátek
- intenzita neklesá

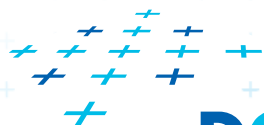
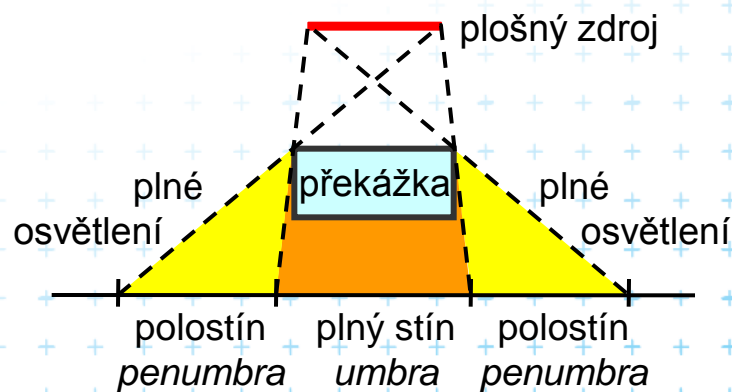


■ Bodový

- intenzita klesá



■ Plošný

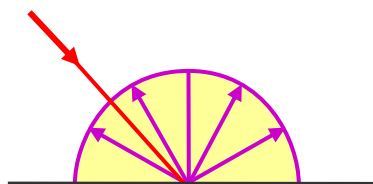
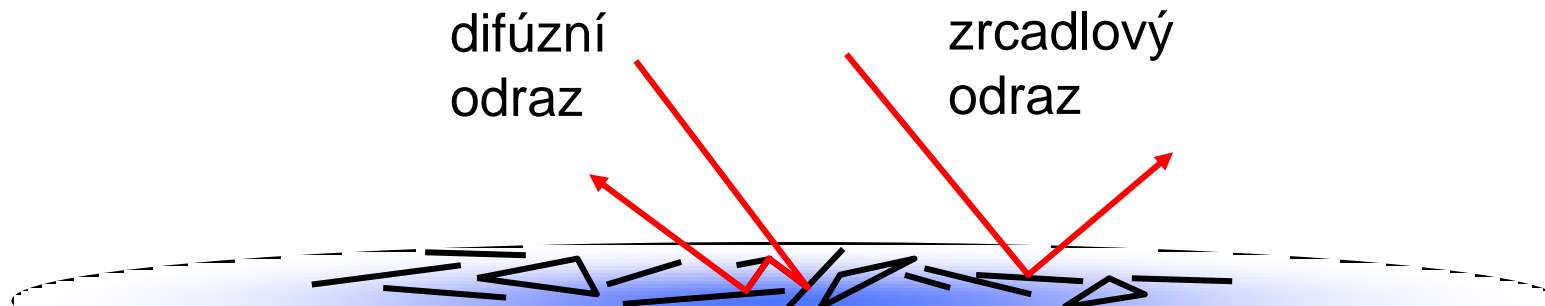


Odraz světla na povrchu tělesa

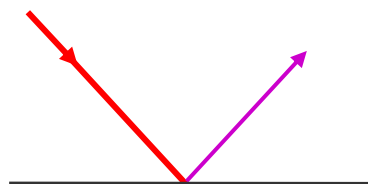
- Vlnová délka světla $<$ zrnitost povrchu

difúzní
odraz

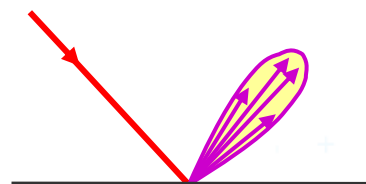
zrcadlový
odraz



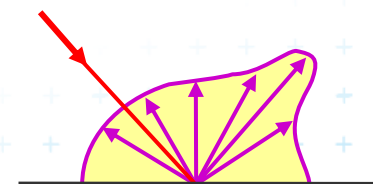
ideálně
difúzní
(převažuje
barva povrchu)



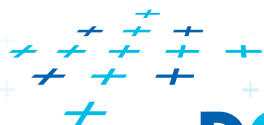
ideálně
zrcadlový
(převažuje
barva světla)



směrově
difúzní



skutečný
odraz



DCGI



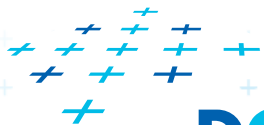
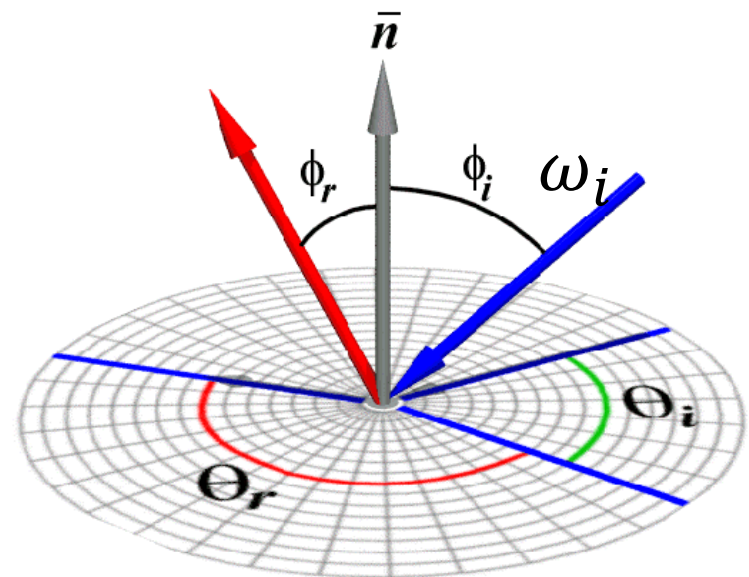
Odraz světla na povrchu tělesa

- BRDF (bidirectional reflection distribution function)
= pravděpodobnostní dvousměrová funkce

$$f_r(\omega_i, \omega_r) = \frac{dL_r(\omega_r)}{L_i(\omega_i) \cos \Phi_i d\omega_i}$$

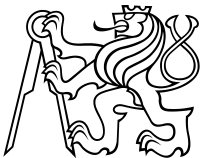
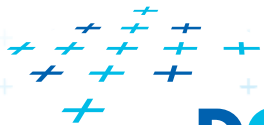
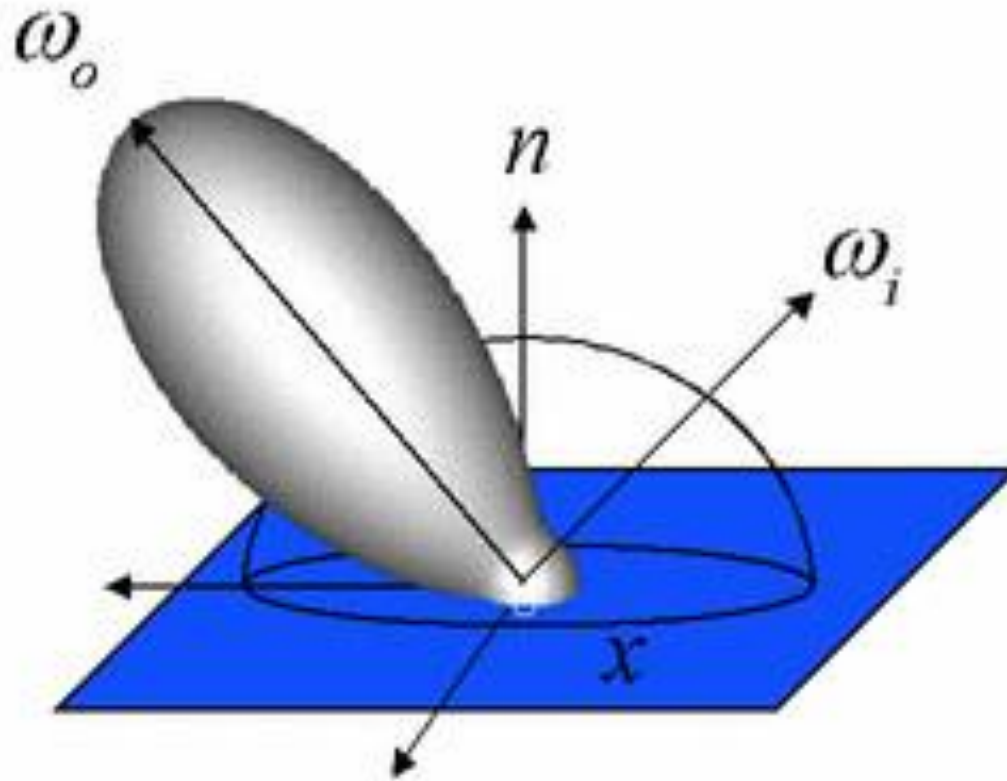
$$dL_r(\omega_r) = f_r(\omega_i, \omega_r) L_i(\omega_i) \cos \Phi_i d\omega_i$$

$$L_r(\omega_r) = \int_{\Omega} f_r(\omega_i, \omega_r) L_i(\omega_i) \cos \Phi_i d\omega_i$$



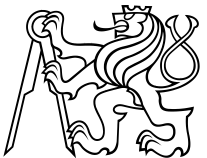
Vizualizace BRDF

- BRDF (bidirectional reflection distribution function) = pravděpodobnostní dvousměrová funkce



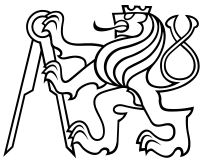
Klasifikace osvětlovacích modelů

- Osvětlovací model = modelování BRDF
- Empirické
 - Phong, Blinn, Lafortune, Ward, ...
- Fyzikálně založené
 - Cook-Torrance, Torrance-Sparrow, Oren-Nayar, ...
- Naměřené BRDF hodnoty
 - pro použití v aplikaci nutno komprimovat



Phongův osvětlovací model

- Bui-Tuong Phong, dizertace 1973
- Lokální osvětlovací model
- Barva povrchu složena ze tří druhů světelné informace:
 - okolní světlo I_A (ambient)
 - difúzní odraz I_D (diffuse)
 - zrcadlový odraz I_S (specular)
- $I = I_A + I_D + I_S$
- Výpočty intenzity (barvy) po složkách r, g, b

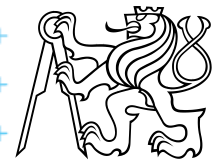
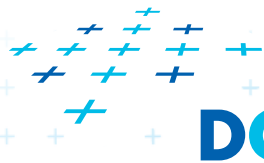


Odraz okolního světla

- Všesměrové osvětlení (světelný šum)
- Konstantní pro celou scénu
- Napodobuje globální osvětlení

$$I_A = C_A \cdot C_D \cdot k_A$$

- C_A – barva ambientního světla
- Barva povrchu C_D shodná i pro difúzní složku
- koef. ambientního odrazu $k_A \in \langle 0,1 \rangle$

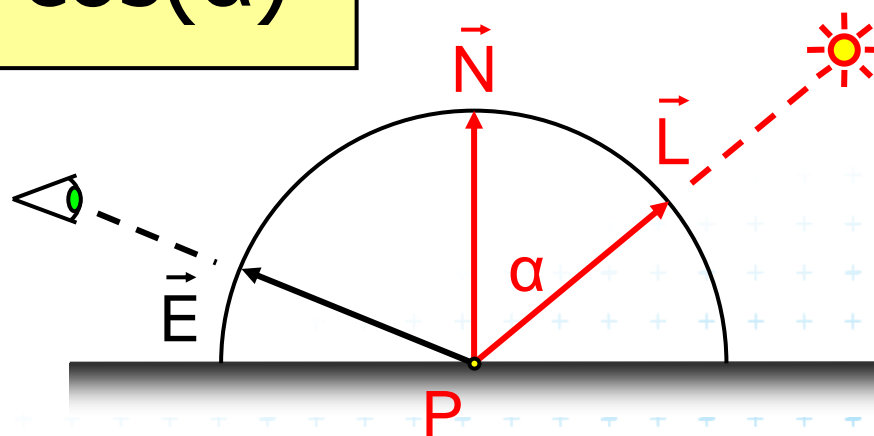


Difúzní složka

- Odpovídá ideálně matnému tělesu
- Závisí na úhlu mezi L a N

$$I_D = C_L \cdot C_D \cdot k_D \cdot \cos(\alpha)$$

- barva světla C_L
- barva povrchu C_D



- koef. difuzního odrazu $k_D \in \langle 0, 1 \rangle$
- $\cos(\alpha) =$ skalární součin L a N



Zrcadlová složka

- Odpovídá ideálně odrazivému tělesu
- Závisí na úhlu mezi E a R

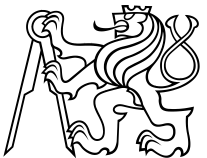
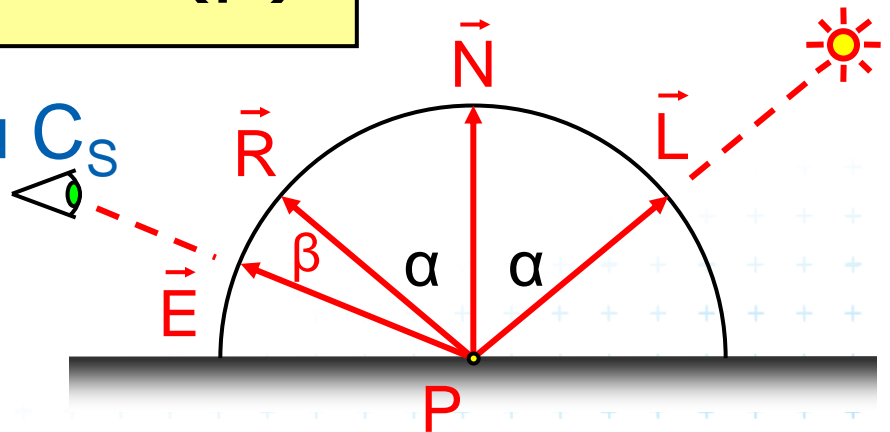
$$I_S = C_L \cdot C_S \cdot k_S \cdot \cos^h(\beta)$$

- barva lesklého povrchu C_S

- $k_S \in \langle 0, 1 \rangle$

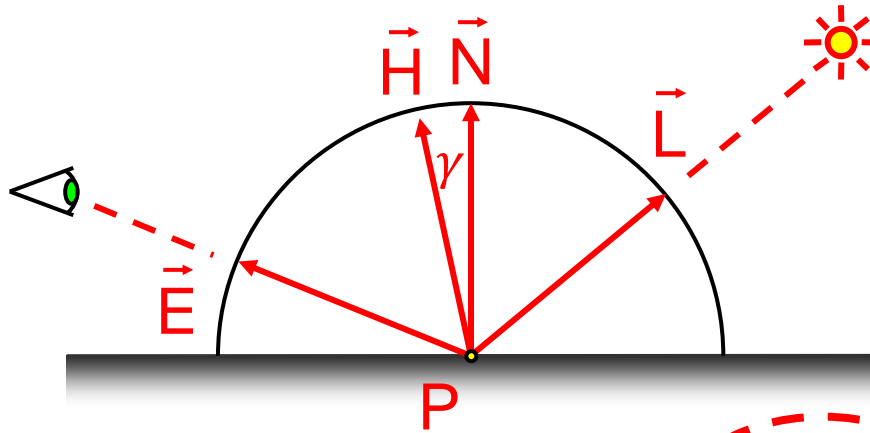
- $h \in \langle 1, \infty \rangle$, ostrost odrazu (shininess) $R = 2(LN)N-L$

- $\cos(\beta) =$ skalární součin E a R



Blinn-Phong osvětlovací model

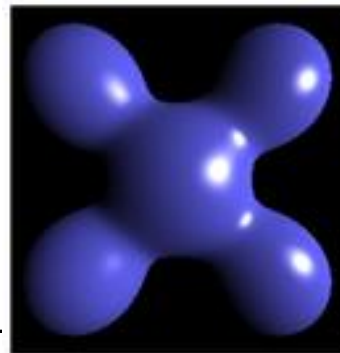
- Jim Blinn 1975



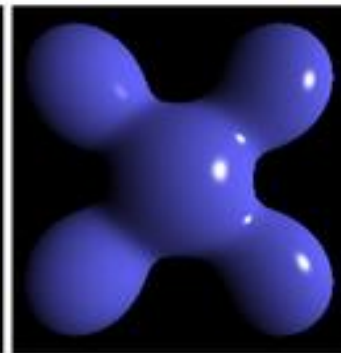
$$H = (L+E)/2$$

$$I_S = C_L \cdot C_S \cdot k_S \cdot \cos^h(\gamma)$$

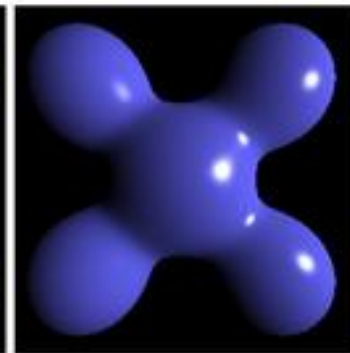
OpenGL a DirectX



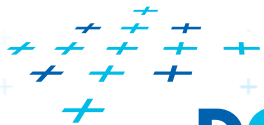
Blinn-Phong



Phong












Blinn-Phong
(higher exponent)



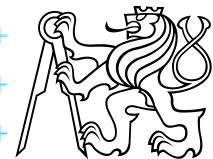
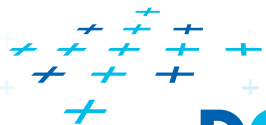
DCGI



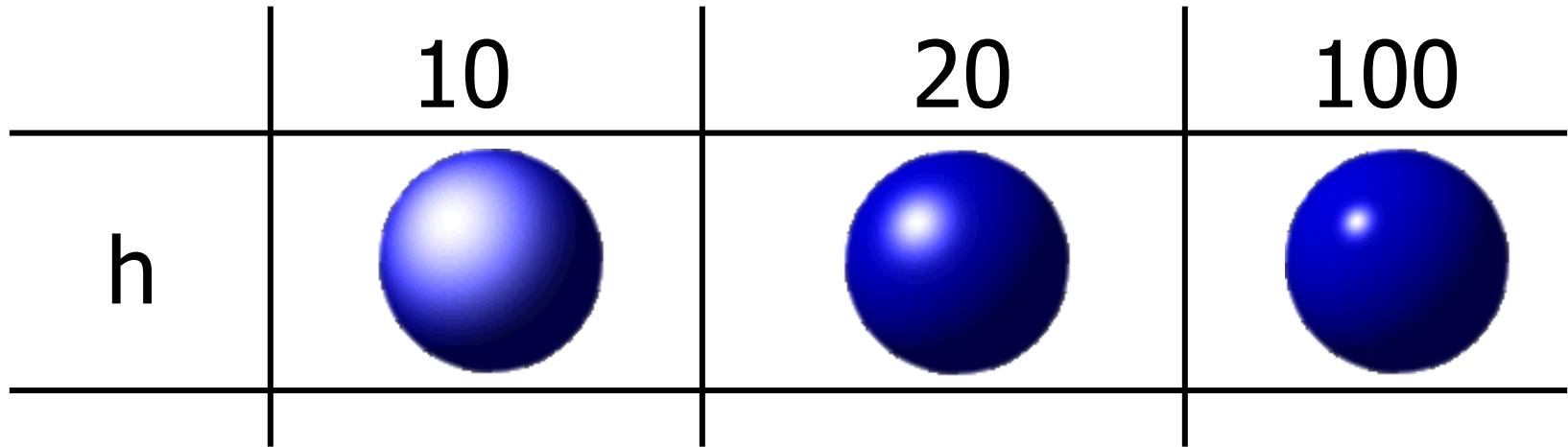
Příklady - Phong

$k_S \backslash k_D$	0.0	0.5	1.0
0.0			
0.5			
1.0			

$$k_A = 0.5, h = 50$$



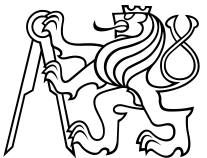
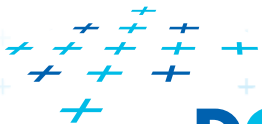
Shininess - Phong

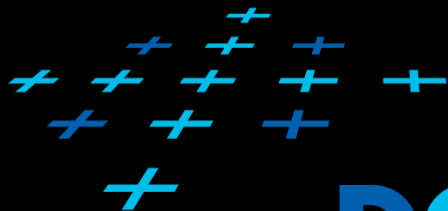


$$k_A = 0.5$$

$$k_D = 0.5$$

$$k_S = 1$$





DCGI

KATEDRA POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A INTERAKCE

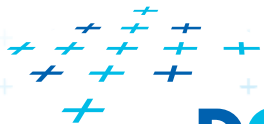
APG - Texture

JIŘÍ BITTNER

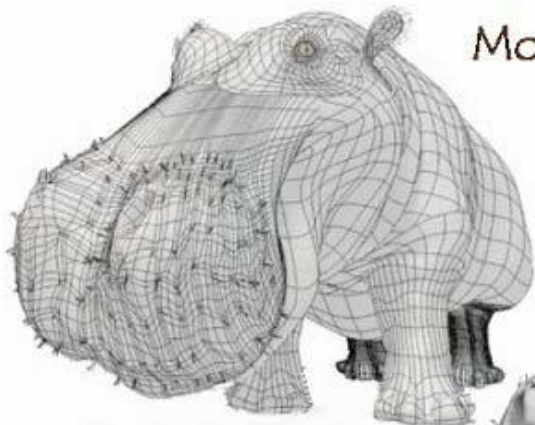
(s využitím obrázků od pánů Žáry, Pelikána, Sochora,
Hanrahan, Eberley, Bin, Schroeder a dalších)

Textura - úvod

- Levný způsob zvýšení vizuální kvality 3D modelu
- Mikrostruktura povrchu
- Dílčí úlohy:
 1. Definice textury: obrázek, funkce, ...
 2. Aplikace (nanesení) textury:
 - mapování: pozice textury a tělesa
 - modulace: co textura ovlivňuje (barvu, odraz, tvar)



Zlepšení vizuální kvality – více detailů



Model



Model + Shading



Model + Shading
+ Textures

At what point
do things start
looking real?

For more info on the computer artwork of Jeremy Birn
see <http://www.3drender.com/jbirn/productions.html>

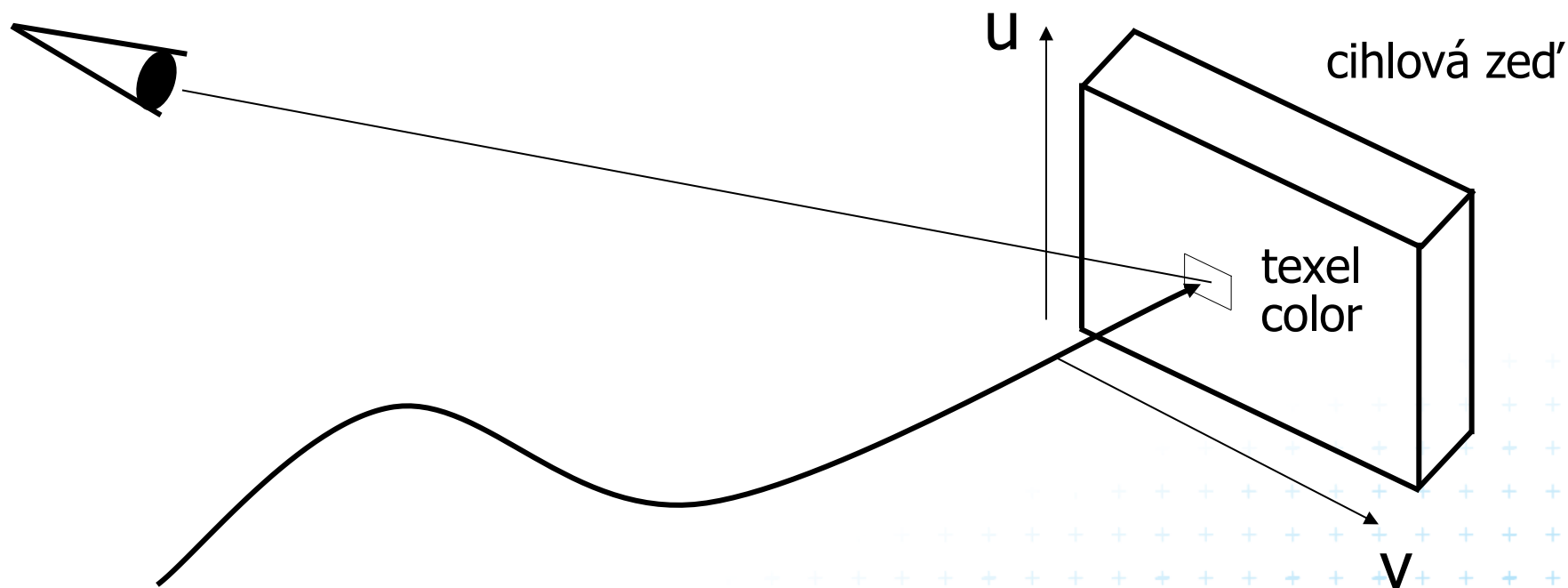


DCGI



Typické použití textury

- Souřadnice textury (u,v) vždy v rozsahu $[0-1]^2$



(x,y,z)



(u,v)

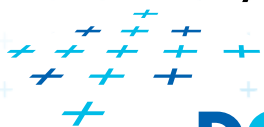


textura

Prostorový
souřadný systém

Parametrický
souřadný systém

Obrázkový
souřadný systém



DCGI



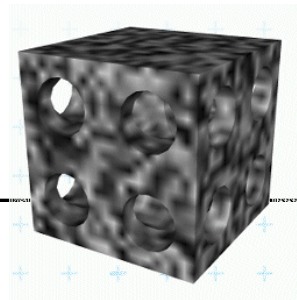
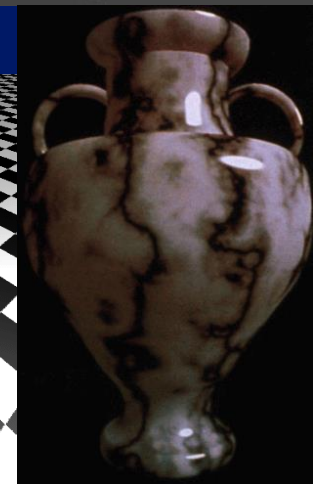
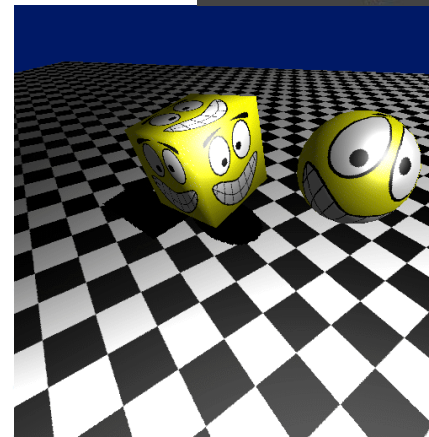
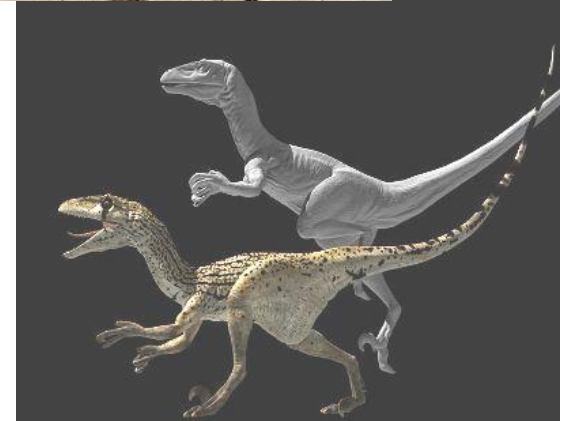
Zdroj dat textury

■ Obrázek

- data uložená v matici
- vhodný formát

■ Procedurální textury

- Jednoduché funkce (např. šachovnice, šrafování)
- Šum (noise functions)



Mapování textury - principy

- Inverzní mapování (angl. inverse mapping)
- Geometrické mapování přes pomocný povrch
- Mapování pomocí okolí (angl. environment mapping)



Inverzní mapování textury

Definice
(rovinné)
textury



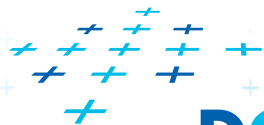
Mapování
2D obrazu
na 3D plochu

T: $[u \ v] \rightarrow$ Barva

M: $[x \ y \ z] \rightarrow [u \ v]$

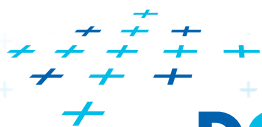
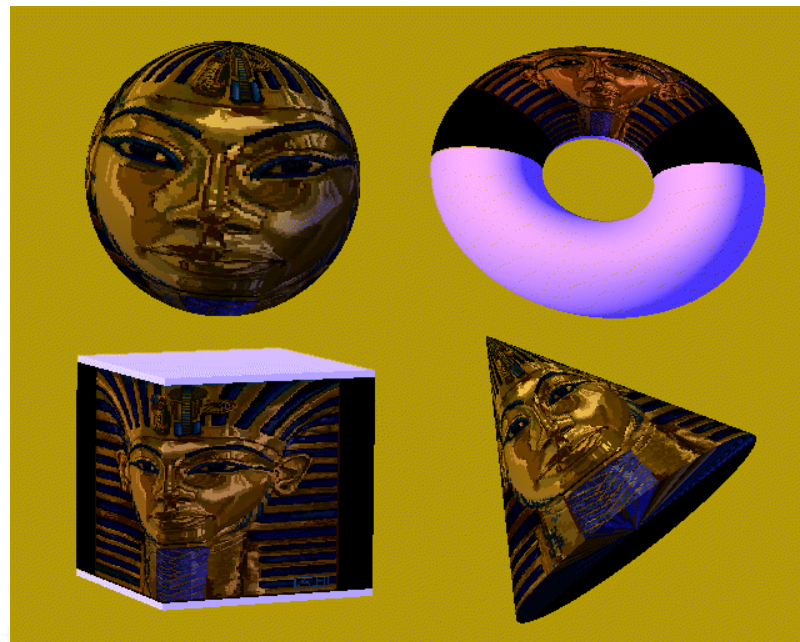
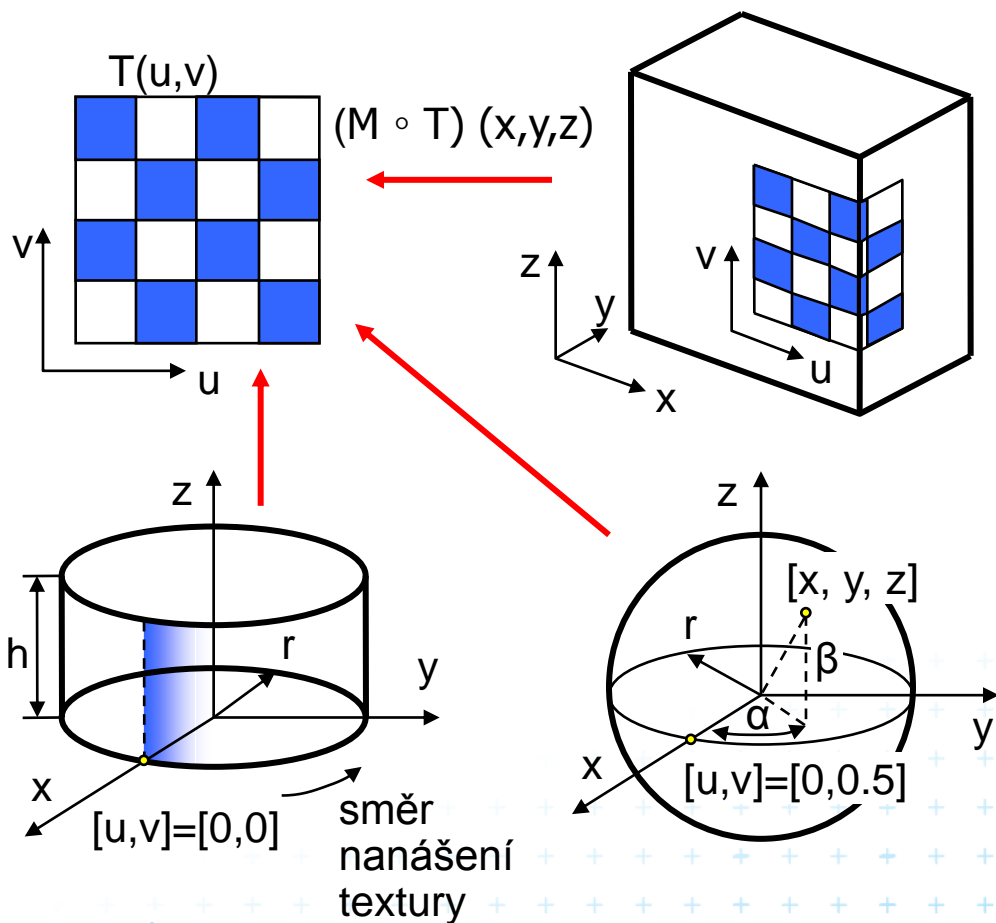
$M \circ T: [x \ y \ z] \rightarrow [u \ v] \rightarrow$ Barva

- Apriorní znalost geometrie tělesa (jednoduché tvary)



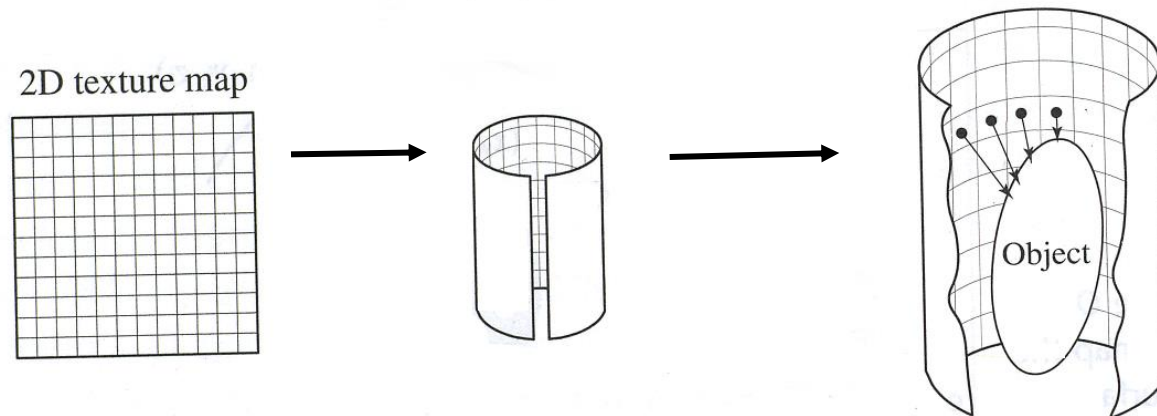
Inverzní mapování textury - příklady

- Koule, toroid, krychle, kužel, válec apod.



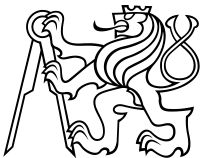
Geometrické mapování (pomocný povrch)

- Pomocné obálky - kvádr, koule, válec
 - Obálka „připevněna“ k tělesu: *projected texture*
 - V prvním kroku z *textury* na pomocné těleso – *S*
 - V druhém kroku z pomocného tělesa na objekt – *O*



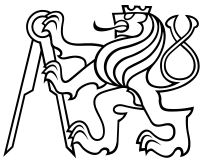
Mapování S

Mapování O



Mapa okolí (angl. environment mapping)

- Levná alternativa k vrhání (podpora GPU)
- Používá směr odraženého paprsku
- Typ pomocného objektu – koule, krychle, duální paraiboloid, tetrahedron, octahedron
- Dvě fáze
 - Vytvoření mapy okolí (dle očekávané pozice pozorovatele)
 - Použití mapy okolí při syntéze obrazu



Mapa okolí vs. sledování paprsku



Ray Traced



Environment Map



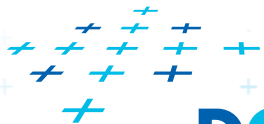
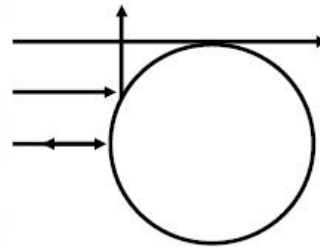
DCGI



Pořízení iluminační mapy

- Simulace ve virtuálním prostředí
- Speciální kamera v reálném prostředí
- Zrcadlová koule na stativu a fotografický přístroj nejlépe s teleobjektivem + softwarové zpracování

Miller and Hoffman, 1984



HDR environment maps

- Paul Debevec, <http://ict.debevec.org/~debevec/Probes/>



Formáty mapy okolí

Délka-šířka formát

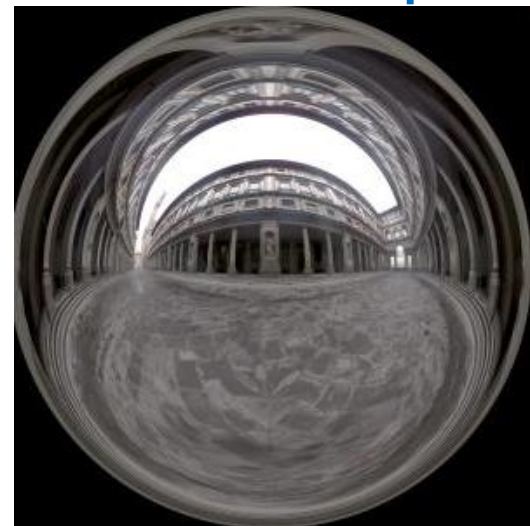
θ v rozsahu $0-\pi$



ϕ v rozsahu $0-2\pi$

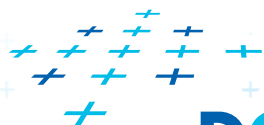
Angl. longitude-latitude format

Úhlová mapa



Angl.

Angular map

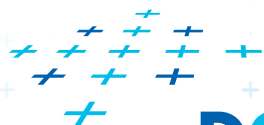
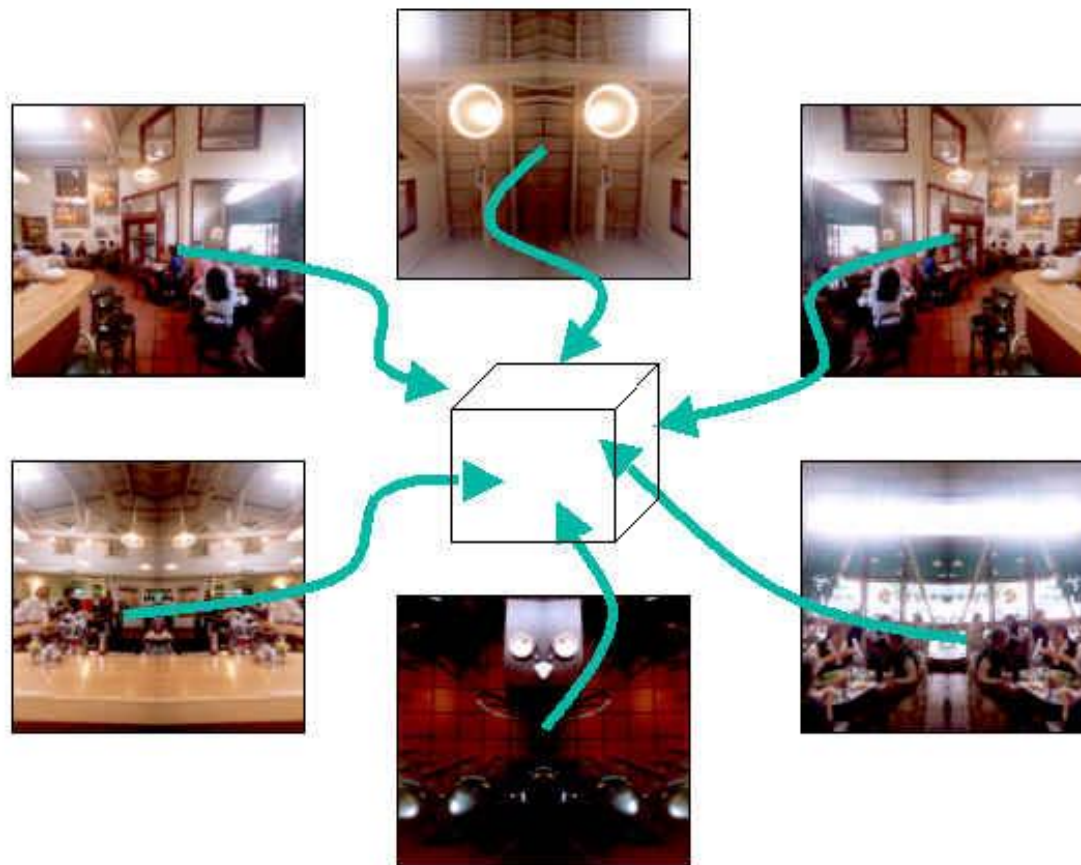


DCGI

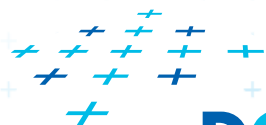
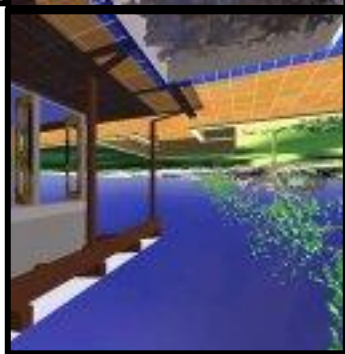
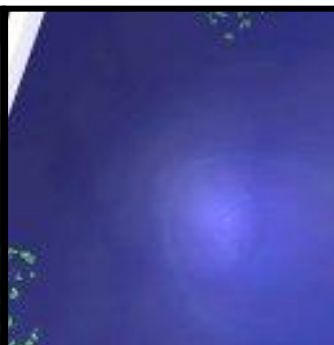


Formáty mapy okolí – krychle (cubemap)

- Green 1986



Mapa krychle – příklad použití

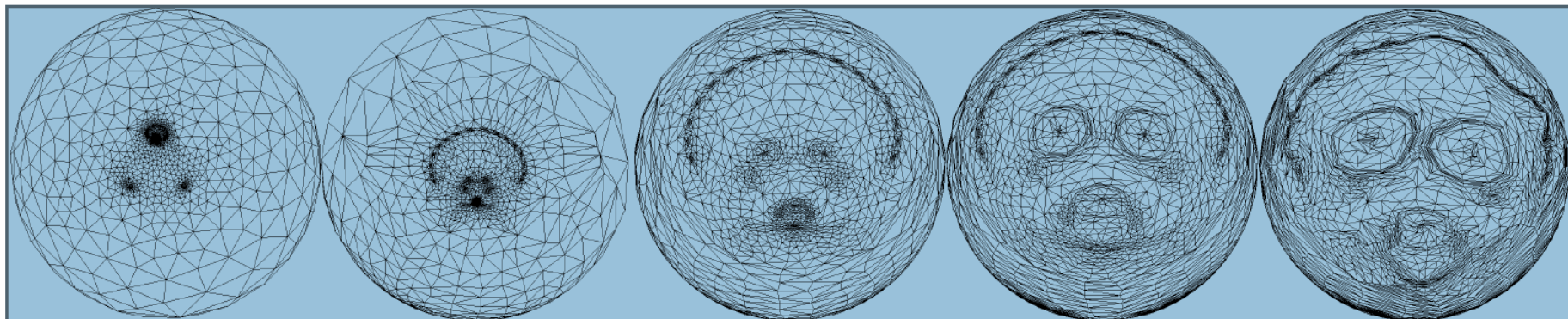


DCGI



Parametrizace trojúhelníkové sítě

- Angl. mesh parametrization



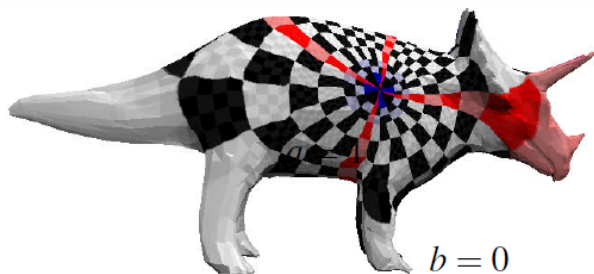
Tutte

$a = 1$
 $b = 0$

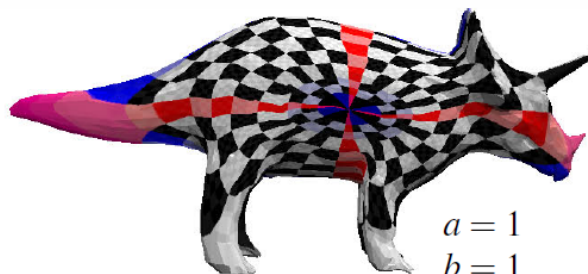
$a = 1$
 $b = 1$

$a = 0.2$
 $b = 1$

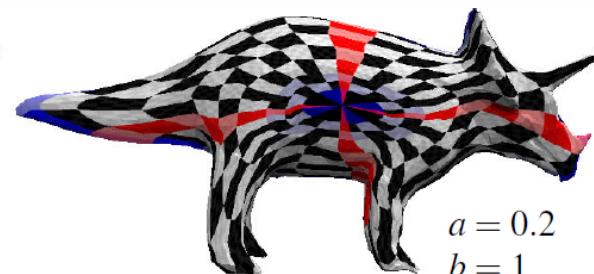
$a = 0$
 $b = 1$



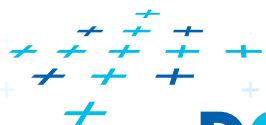
$b = 0$



$a = 1$
 $b = 1$



$a = 0.2$
 $b = 1$



DCGI



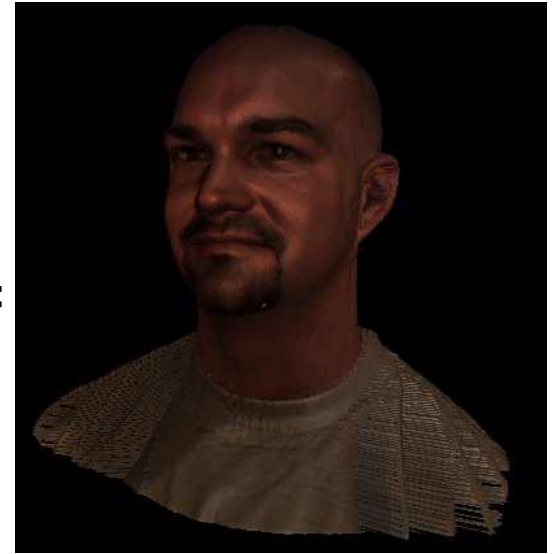
Ilustrace švů textury



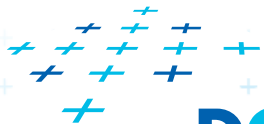
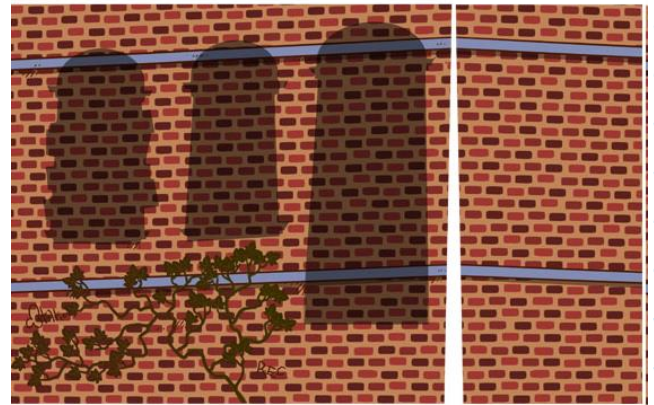
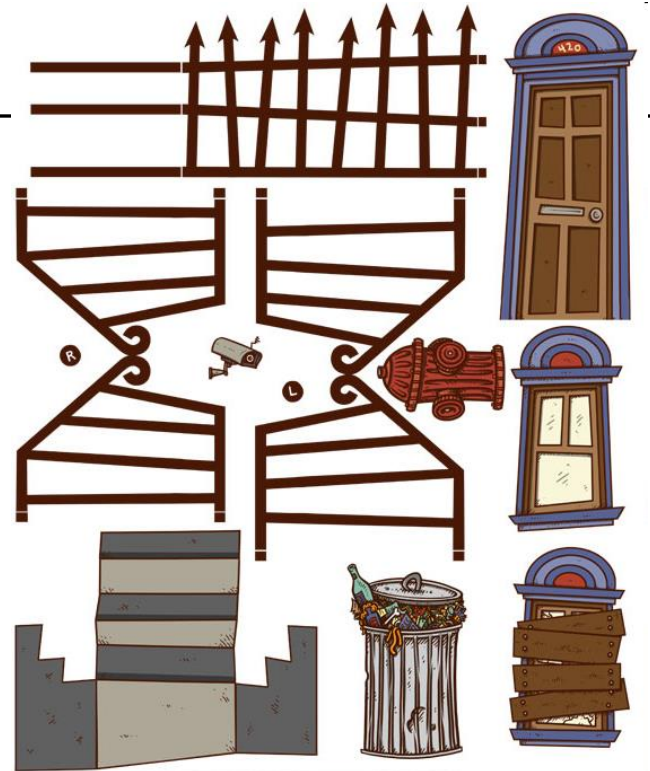
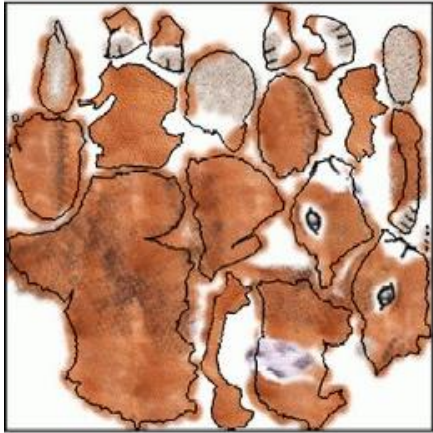
+



=



Atlas textur

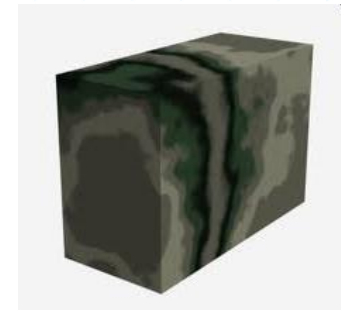
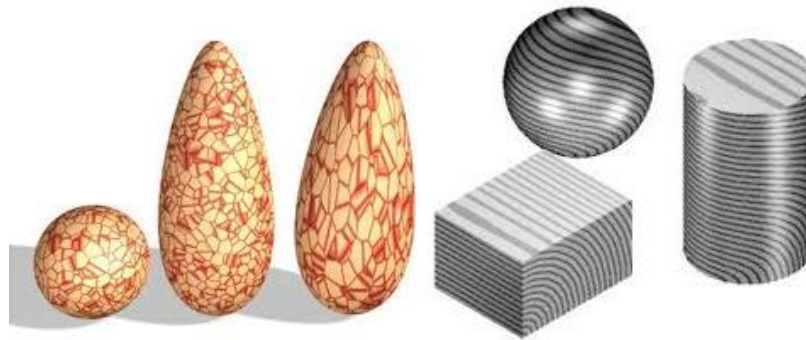


DCGI



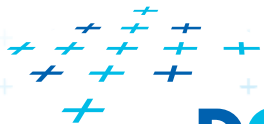
3D textury

- Reprezentována 3D mřížkou či funkcí
- Zachycuje vnitřní materiál (dřevo, mramor)
- Odpadá inverzní mapování



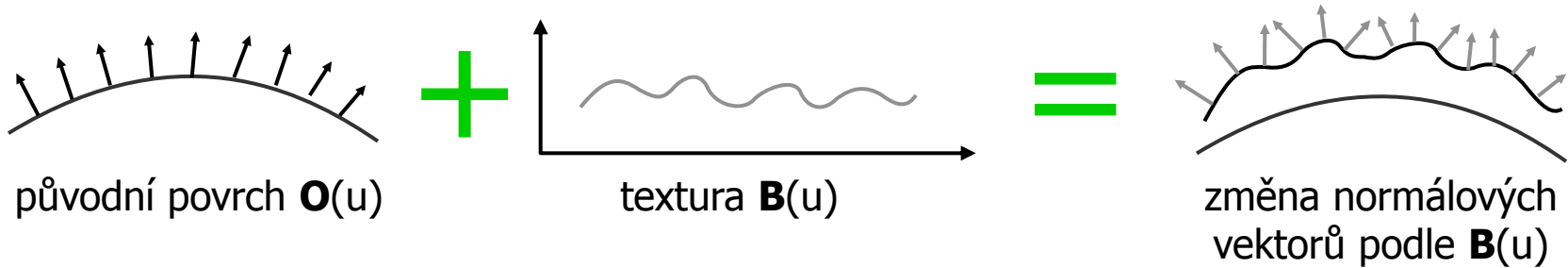
Modulace - Co mění textura?

- Barva – difúzní odraz, spek. odraz (*gloss mapping*)
- Směr normál (*bump mapping*)
- Přicházející světlo (*reflection mapping, environment mapping*)
- Tvar povrchu (*displacement mapping*)
- Průhlednost (*alpha mapping*)

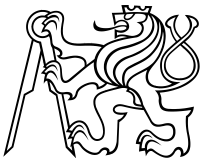
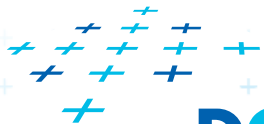
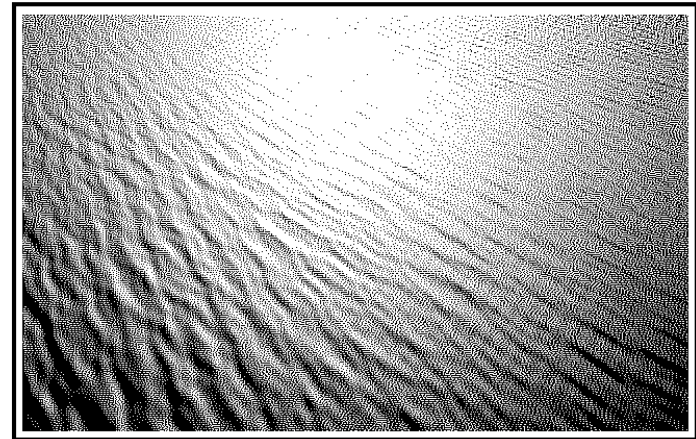
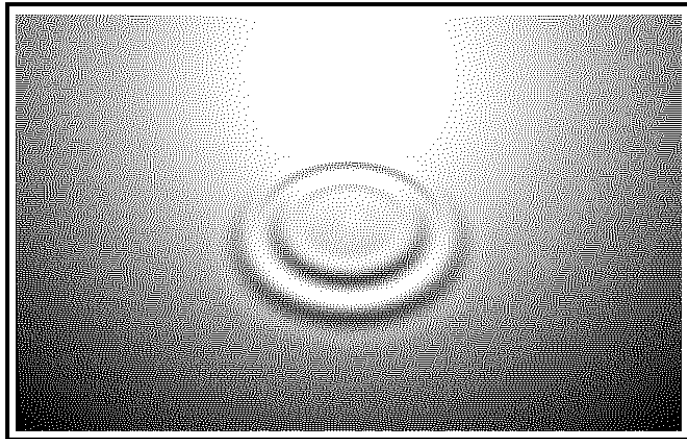


Modulace normál

■ Hrbolaté textury (*bump mapping*)

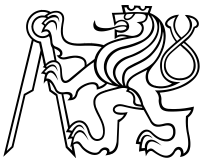
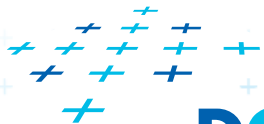
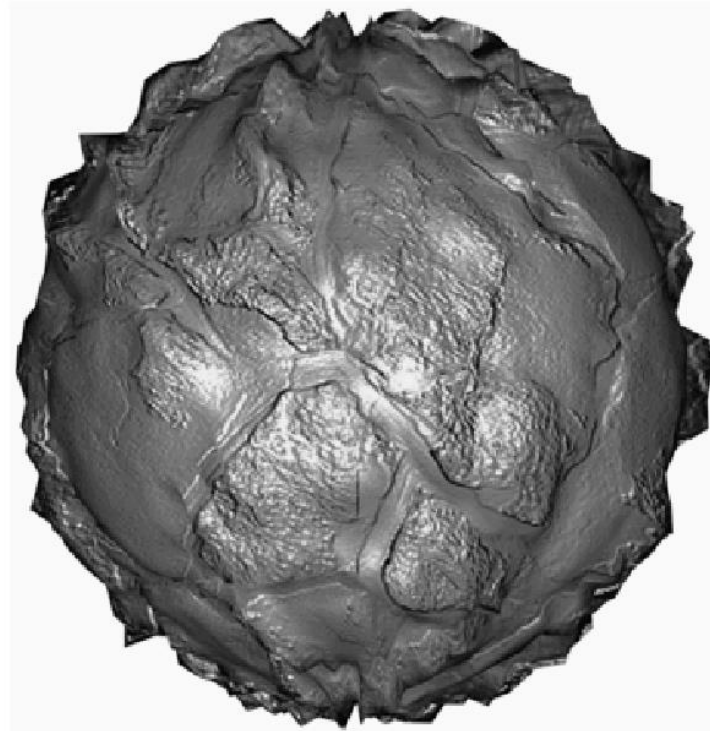
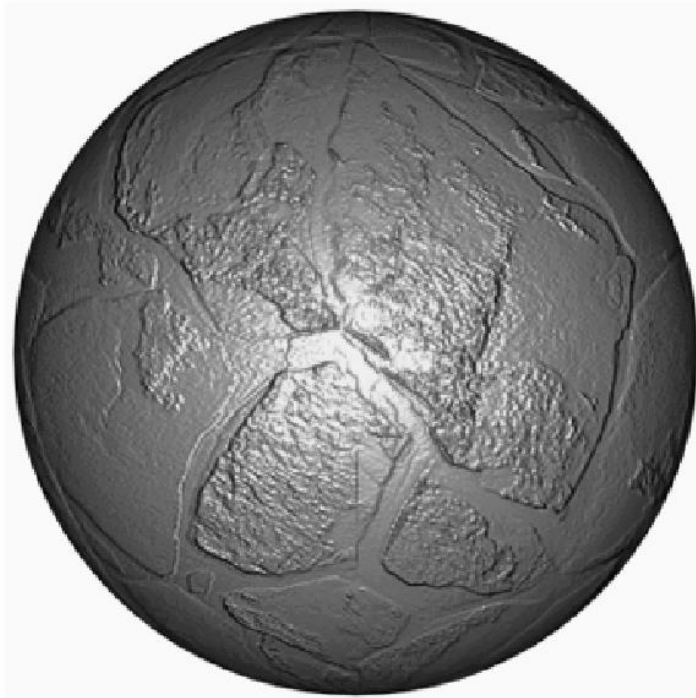


- Vstup: obraz v šedi => derivací směry normál



Displacement mapping

- Změna povrchu proti původnímu podle směru normály modulovaná texturou.



Vzorkování a filtrování textur

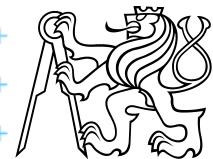
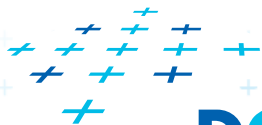
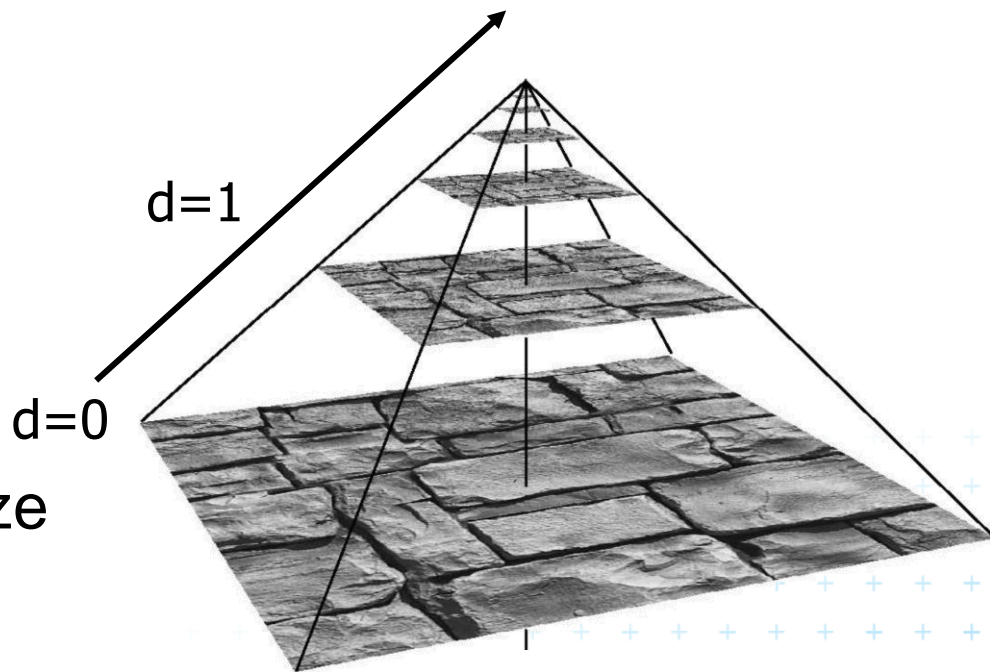
- Zvětšení rozlišení (angl. magnification – jeden texel se promítá na více pixelů), metody:
 - Nearest neighbor
 - Bilineární interpolace
 - Bikubická interpolace
- Zmenšení rozlišení (angl. Minification – více texelů na jeden pixel výsledného obrázku), metody:
 - Mipmapa a trilineární interpolace
 - Ripmapa
 - Summed area table
 - EWA filtering (elliptical weighted filtering)
 - Ray differentials



Antialiasing textur

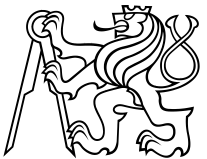
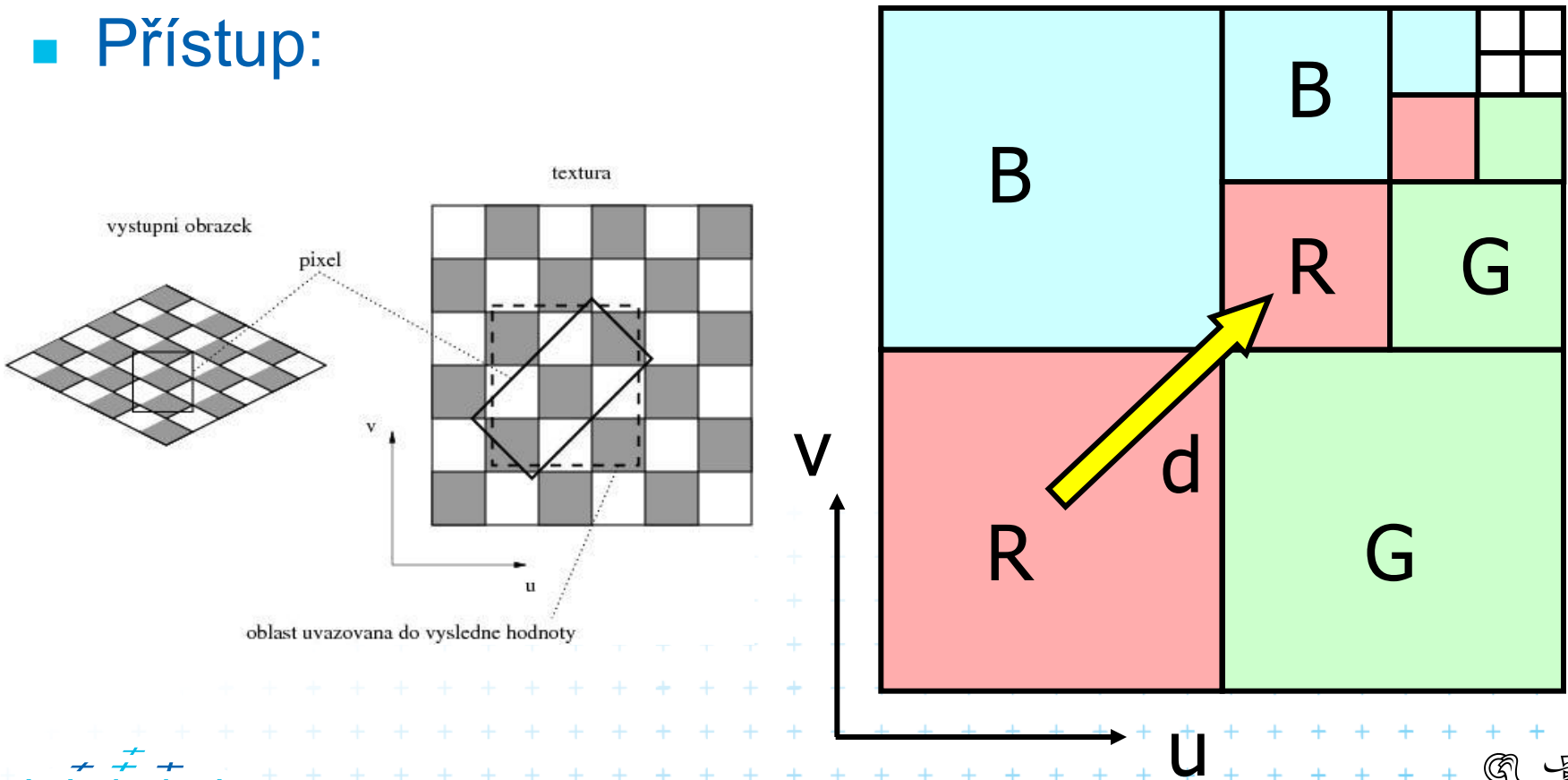
■ *Mipmapping* : více rozlišení v jednom obrazu

- při načtení souboru
- větší jen o 1/3
- výběr pixelu textury dle vzdálenosti D pozorovatele od tělesa
- Rozlišení obrázku pouze textury $2^k \times 2^k$
- Číslo úrovně (LOD) označeno většinou „ d “
- Použití trilineární interpolace

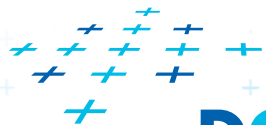
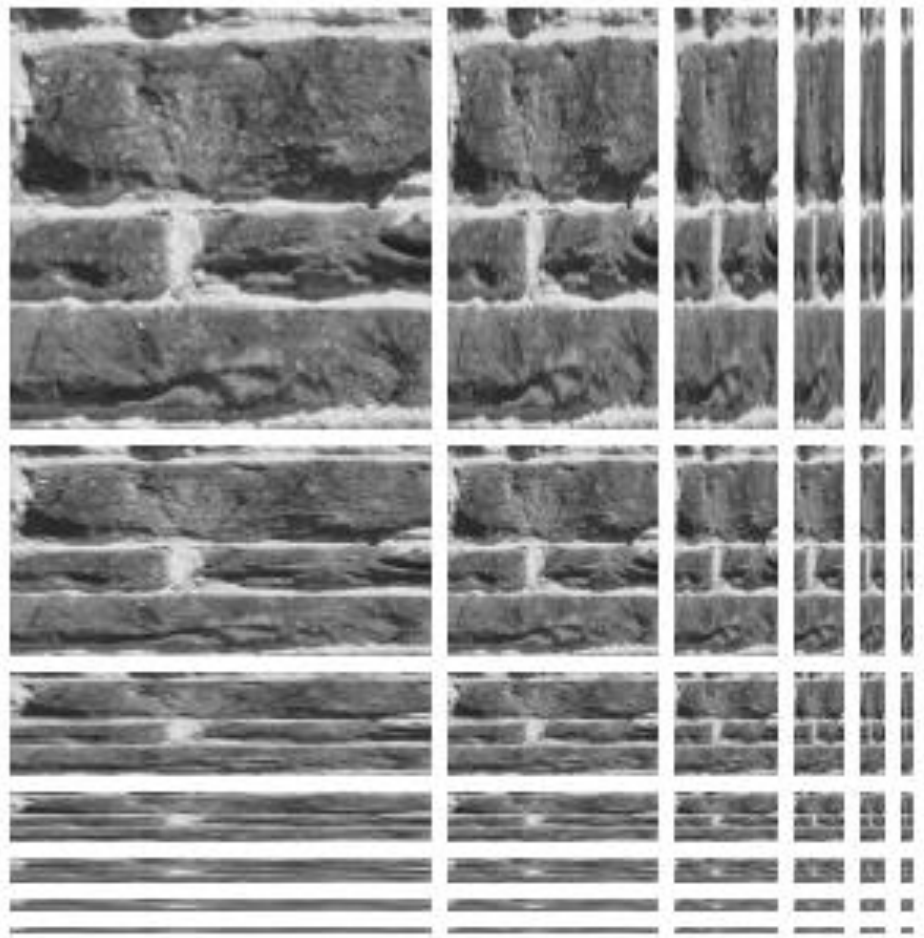


Mipmapa uložení v paměti

- Praktické uložení v paměti 2D šedotónového obrázku pro RGB
- Přístup:



- Anizotropní filtrování



DATA Z HISTORE

- 1974 základní myšlenka textur (Catmull/Williams)
- 1976 mapa okolí (Blinn/Newell)
- 1978 bump mapping (Blinn)
- 1983 mipmapa (Williams)
- 1984 illumination mapa (Miller/Hoffman)
- 1985 procedurální 3D textura (Perlin)

