

Computer Graphics 2

Tiene

Shadows

Marek Zimányi

Michal Valient

Katedra aplikovanej informatiky,
OPGSO, FMFI UK, Bratislava

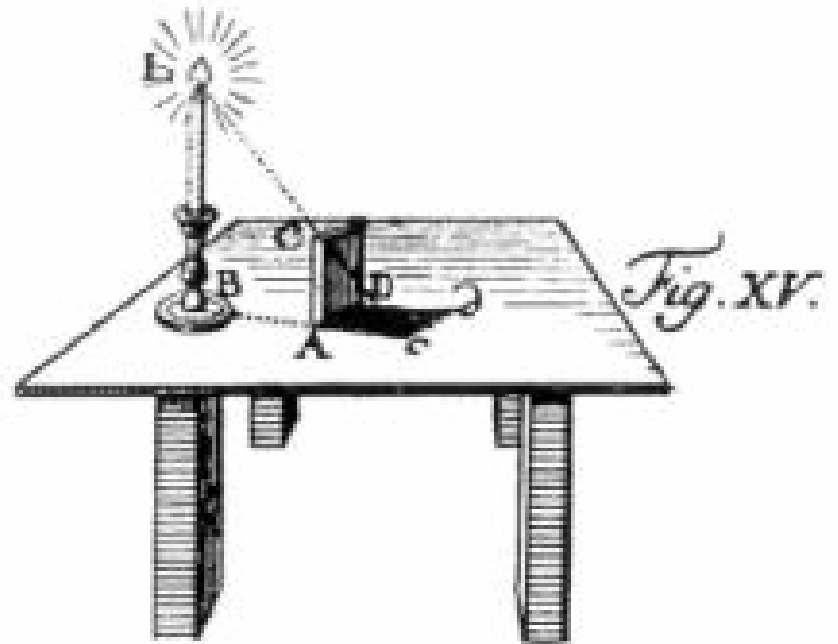
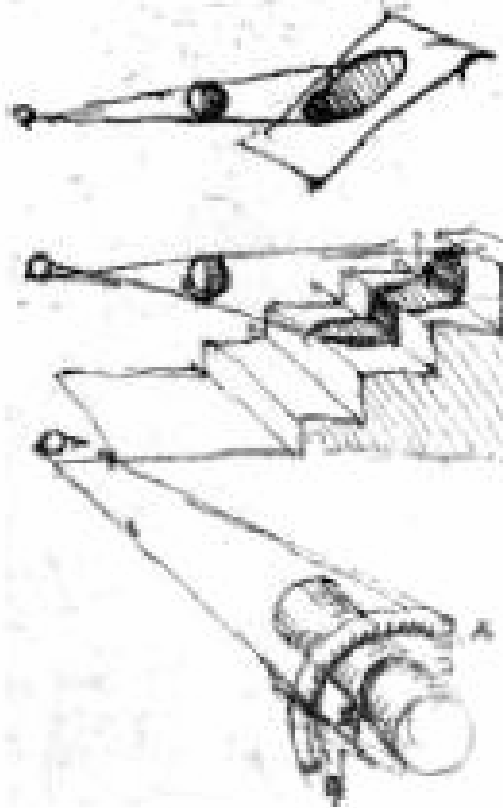
www.uniba.sk/~zimanyi

2004/2005

February 18, 2003

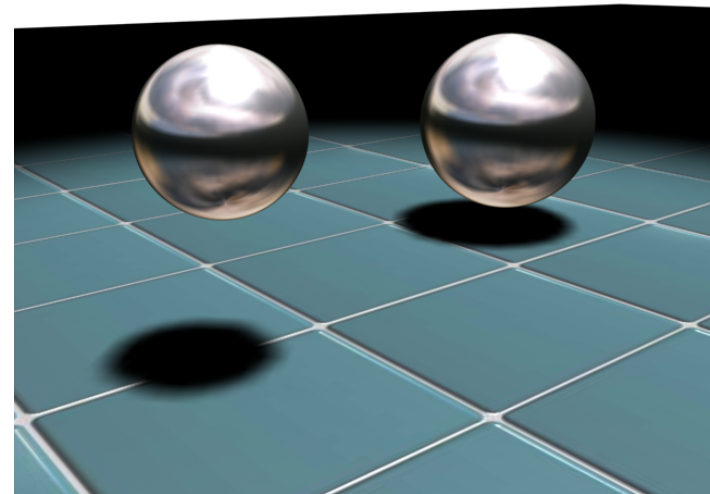
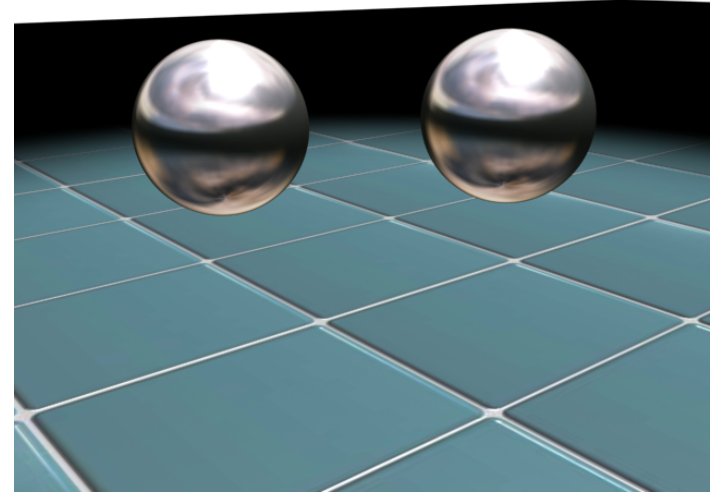
History

- Leonardo Da Vinci

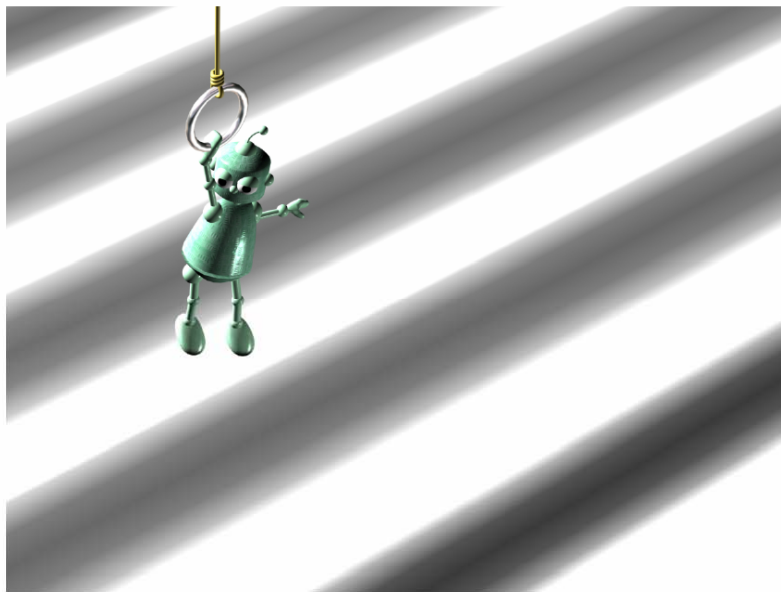


Dôležitosť tieňov

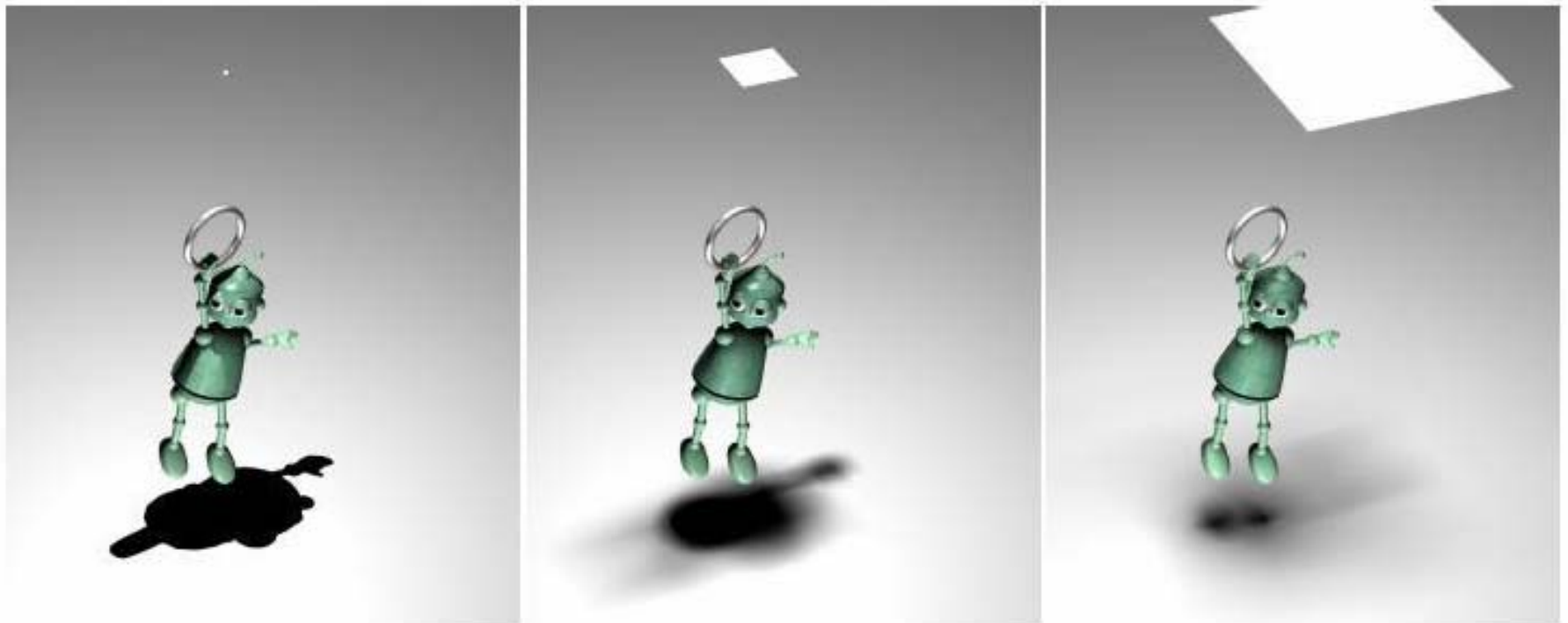
- Vnímanie
 - Orientačný prvok
 - Vzťahy medzi objektami
- Umelecký prvok
 - vyjadrenie nálady scény
 - ostré tieňe



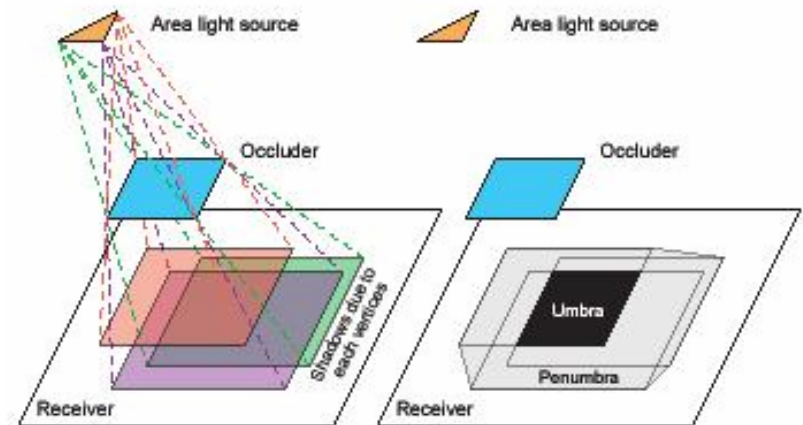
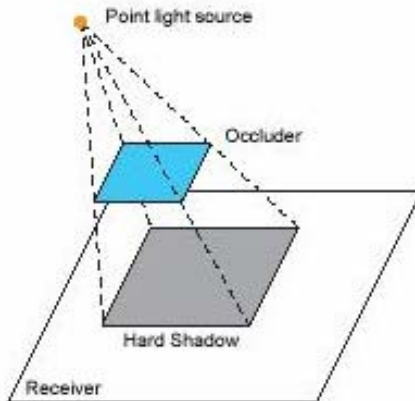
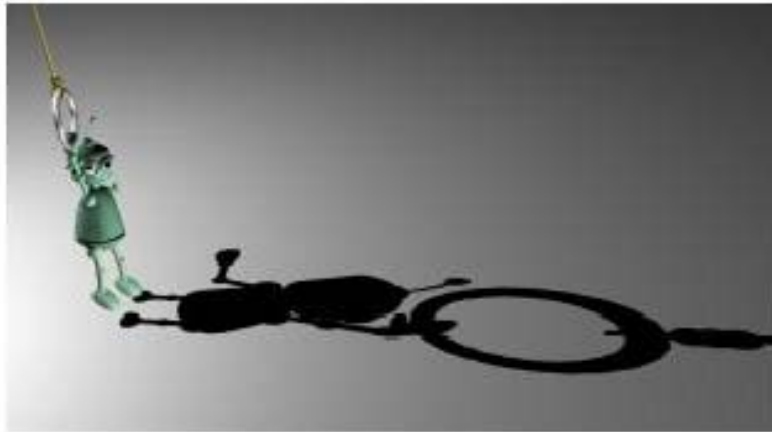
Dôležitosť tieňov II



Area lights



Hard shadows vs soft shadows

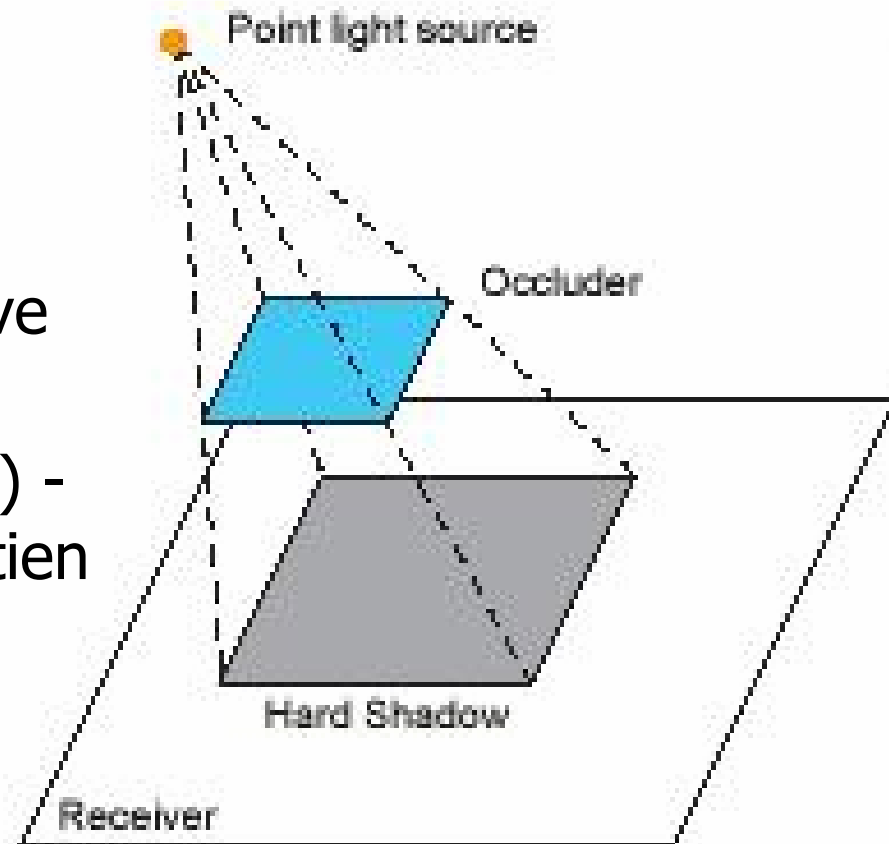


Viac-nasobne svetlá



Pojmy

- Zdroj svetla
 - Bodové vs plošné
- Occluders & receivers
 - Occluder (Tienidlo) - tienove teleso
 - Receiver (Zatienený objekt) - teleso, na ktorý je vrhaný tien
- Tiene
 - Hlavný tieň - Umbra
 - Polotieň - Penumbra



Pojmy II

- Ostrosť tieňa
 - Mäkké tiene (Soft shadows)
 - Ostré tiene (Hard shadows)

- Druh tieňa
 - Vlastný (Self shadow)
 - Vrhnutý (Cast shadow)

Ako pridať tieň do scény?

$$I = I_a k_a O_{d\lambda} + \sum_{1 \leq i \leq m} S_i f_{att_i} I_{L_i} \left(k_d O_{d\lambda} (\vec{L} \cdot \vec{N}) + k_s O_{s\lambda} (\vec{R}_i \cdot \vec{V})^n \right)$$

$$S_i = \begin{cases} 0, & \text{ak svetlo } i \text{ je zakryté v tomto bode} \\ 1, & \text{ak svetlo } i \text{ nie je zakryté v tomto bode} \end{cases}$$

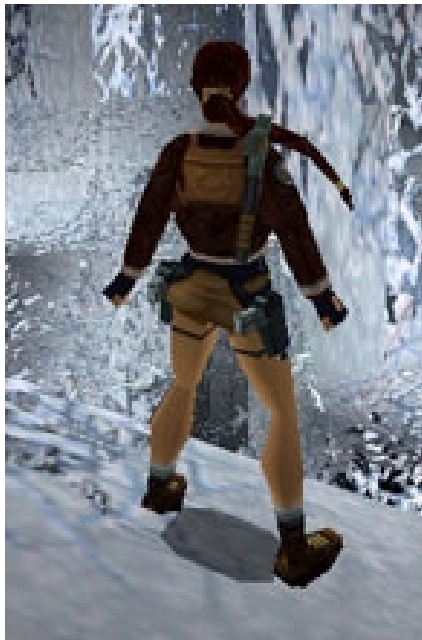
- Projekčné metódy
- Tienové teleso
- Tieňová pamäť hĺbky
- Optimalizácie
- Projective shadows
- Shadow volumes
- Shadow maps
- Shadow optimizations

Tiene v OpenGL

- Falošné tiene (Fake methods)
 - Jednoduché zlepšenie priestorového dojmu
- Analytické metody
 - Výpočet geometrických (projekčných) transformaácií v scéne.
- Rasterizačné metody
 - Algoritmus pracuje na rastrí v scene

Falošné tiene

- Fake methods



Images from TombRaider. ©Eidos Interactive.

- Jednoduché tiene (elipsy ...)
- Žiadny globalny vplyv

Rovinne tiene

- Planar Shadows
- Premietnutie geometrie tienidla do roviny (zatienny objekt)
 - Objektovo-orientovaný (Object space precision)
 - Z-bias artefakty
- Dve metody
 - Projekcne tiene
 - Tienove teleso

Planar Soft Shadows

- Zakladna idea:
 - Navzorkovat viacnasobne svetelný zdroj a exportovat vysledky (accumulation buffer) do textury
- Gooch et al: pohybovat rovinu vo vertikálnom smere
 - Vnorene tiene (Nested shadows) → menej krokov

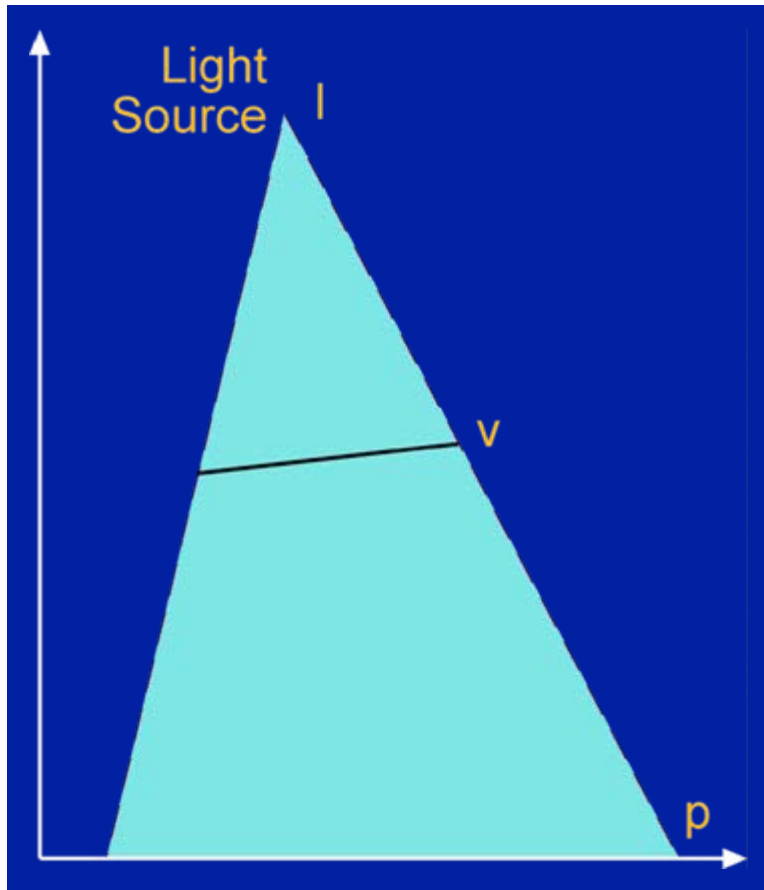
Projekčné tiene

- [Blinn88] *Me and my fake shadow*
 - Tiene dopadajú na vybrané veľké polygóny
 - Rovina podlahy
 - Steny



Projekčné tieňe

- Príklad: Tieňene teleso je xz rovina; $y=0$



$$\vec{p} = \vec{l} + t(\vec{v} - \vec{l})$$

$$t = \frac{l_y}{l_y - v_y}$$

Projekčné tiene

- Transformácia def. maticou 4x4

$$p_x = \frac{l_y v_x - l_x v_y}{l_y - v_y}$$
$$p_z = \frac{l_y v_z - l_z v_y}{l_y - v_y}$$
$$\vec{p} = \begin{pmatrix} l_y & -l_x & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -l_z & l_y & 0 \\ 0 & -1 & 0 & l_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \\ 1 \end{pmatrix}$$

Projekčné tiene

- Vo všeobecnosti: tieneny objekt je rovina E

$$E : \vec{n} \bullet \vec{x} + d = 0$$

$$\vec{p} = \vec{l} - \frac{d + \vec{n} \bullet \vec{l}}{\vec{n} \bullet (\vec{v} - \vec{l})} (\vec{v} - \vec{l})$$

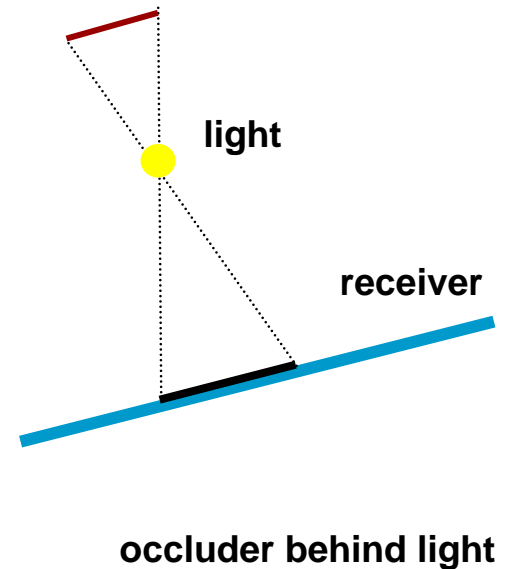
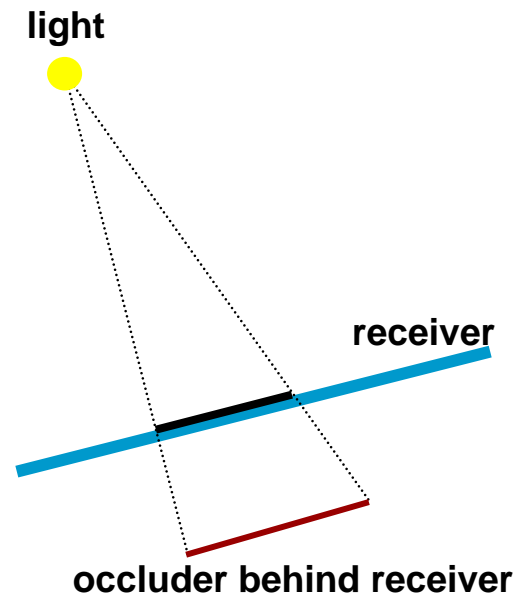
Projekčné tiene

- Základný algoritmus:
 - Render scenu (uplné osvetlenie)
 - Pre každý zatienený polygon
 - Vypočítaj projekčnú maticu M
 - Vynasobenie s aktuálnou transformáciou (modelview)
 - Render vyznačenú (occluder) geometriu
 - Darken/Black

Rovinne tiene - problemy

- Svetelný zdroj vnútri objektu, alebo medzi tienidlom a tieneným objektom (Antishadows)

- Ak $t < 0$

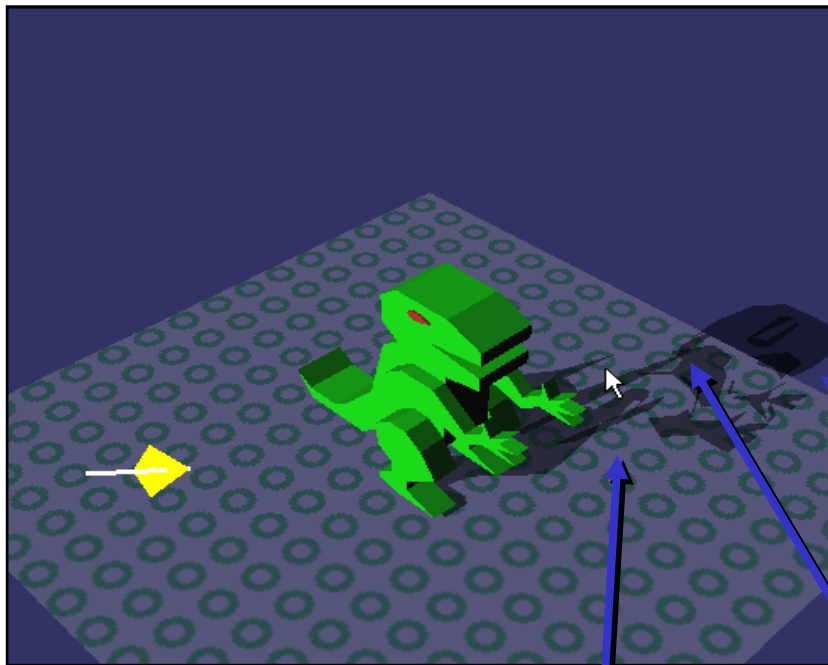


- Riesenie je orezavanie...

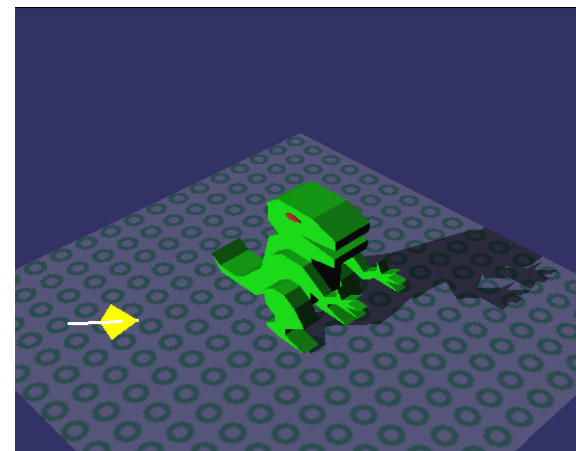
- Tienený objekt môže byť len rovina
→ žiadne vlastne tiene

Projekčné tiene - problémy

Zle



Dobre



Tien mimo plochy

Z fighting

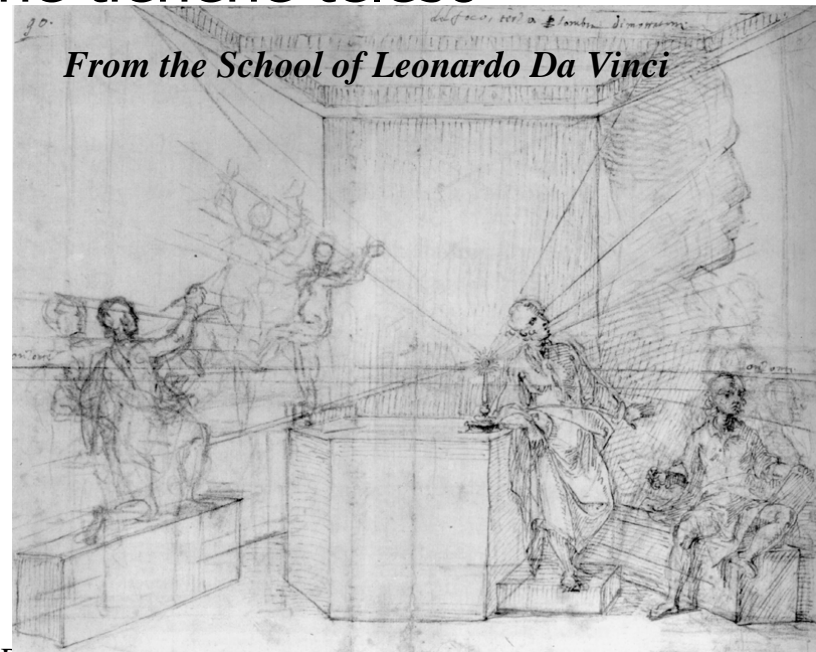
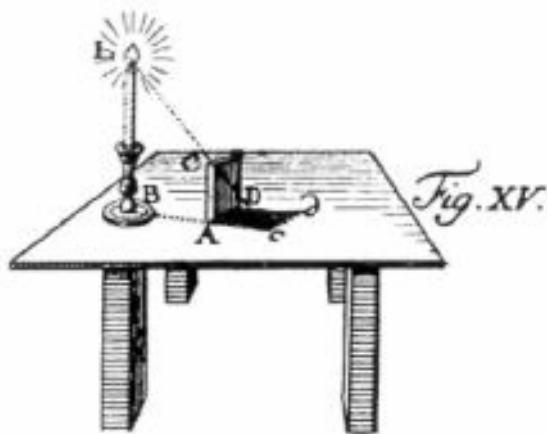
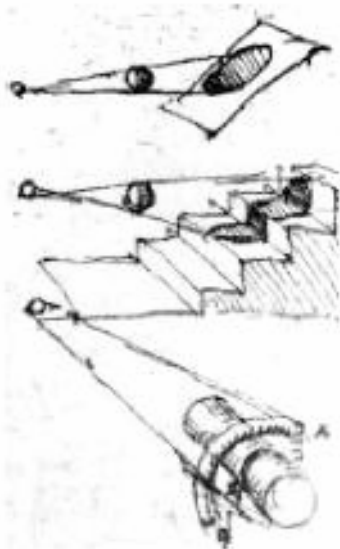
Dvojite blendovanie

Projekčné tieňe

- Zhrnutie:
 - Praktická implemetacia len pre niekoľko, veľkých tienených objektov (plôch)
 - Ľahko implementovateľné
 - Použitie stencil buffra (z fighting, overlap, receiver)
 - Možné renderovanie do textúry, ak tienidlo a aj tienený objekt sú dostatočne dlho statické objekty

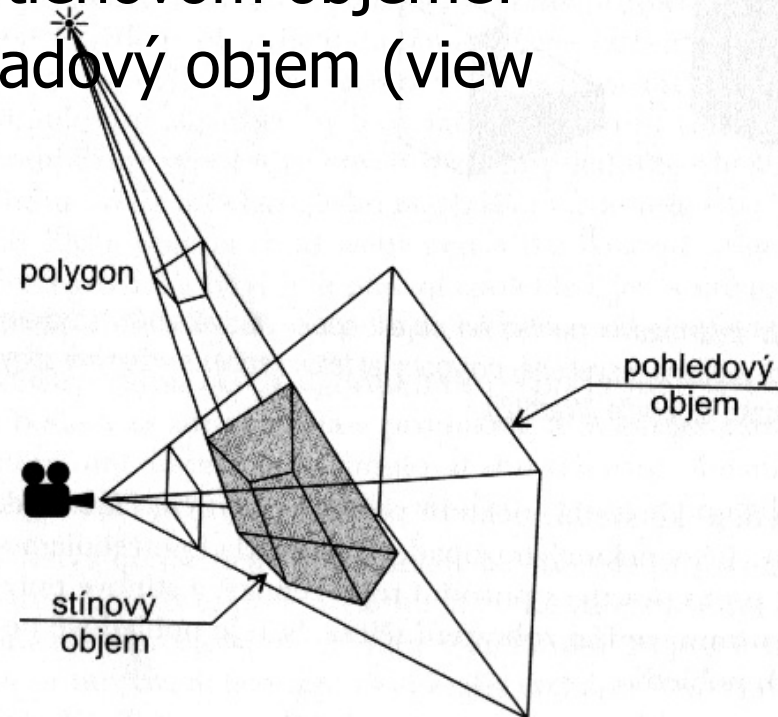
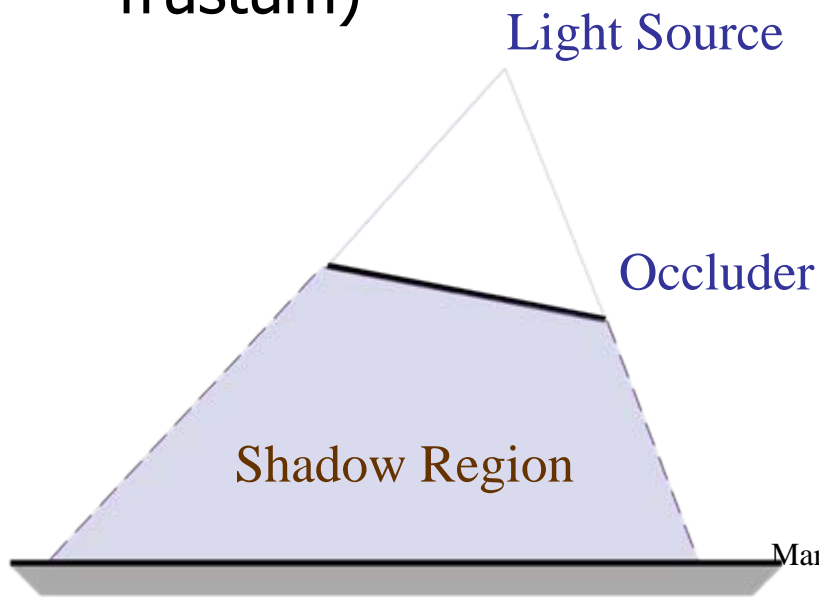
Tieňové telesá

- Shadow volumes
- [Crow77] *Shadow algorithms for computer graphics*
 - Výpočet oblasti tieňa v 3D
 - Objektovo orientovaný algoritmus
 - Tieň je vrhaný na ľubovoľné tienené teleso



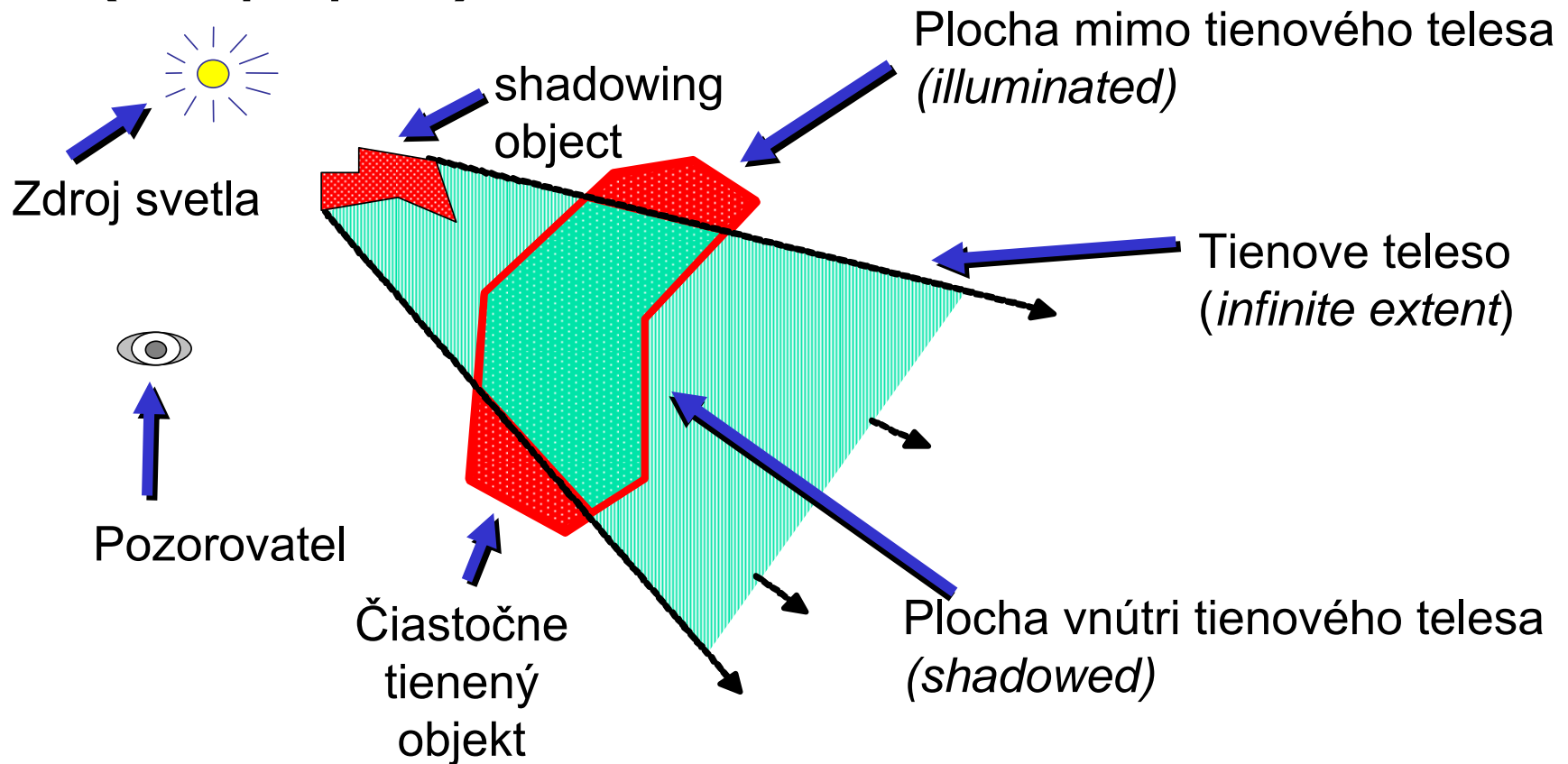
Tieňové telesá

- Základná myšlienka → vytvorenie pomocného telesa
- Rozšírenie tienidlových polygonov do formy 3D telies
 - Svetelný zdroj je *stred projekcie*
 - Všetko za tienidlom je v tieni
 - Test či bod leží aspoň v jednom tieňovom objeme!
 - Rozšírenie na výpočet mimo pohľadový objem (view frustum)



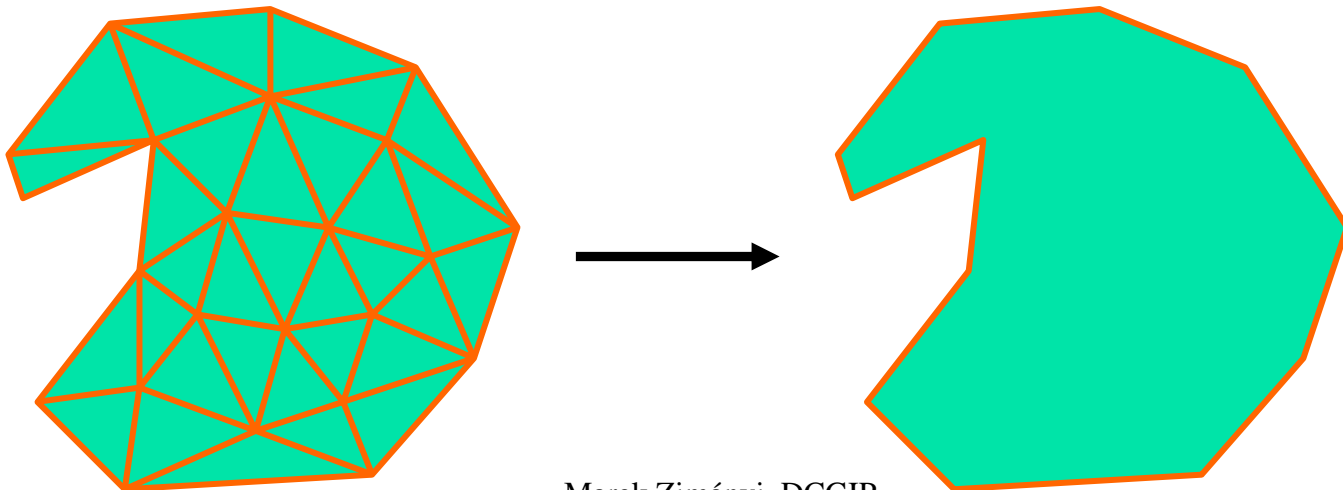
Tieňové telesá

■ (2D prípad)



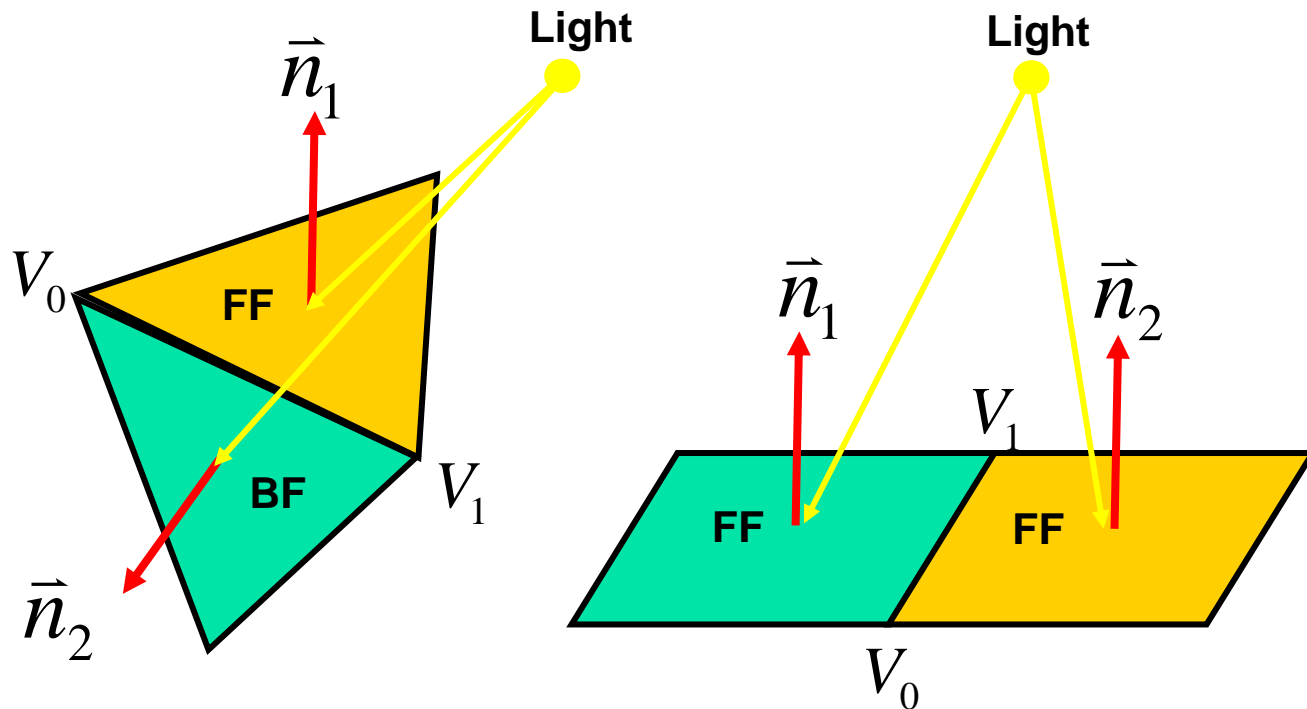
Tieňové telesá

- Vytváranie tieňového telesa
 - Jednoduchý prístup:
 - Jeden objem pre každý polygón
 - Zlepšenie
 - Siluetovo orientovaný prístup
 - Výhoda: Jedno tieňové teleso
 - Len určitá množina tienidiel



Tieňové telesá

- Detekcia siluet
 - Uhol normál susedných stien (odvrátená-privrátená stena)



Silhouette Edge (v0,v1) !

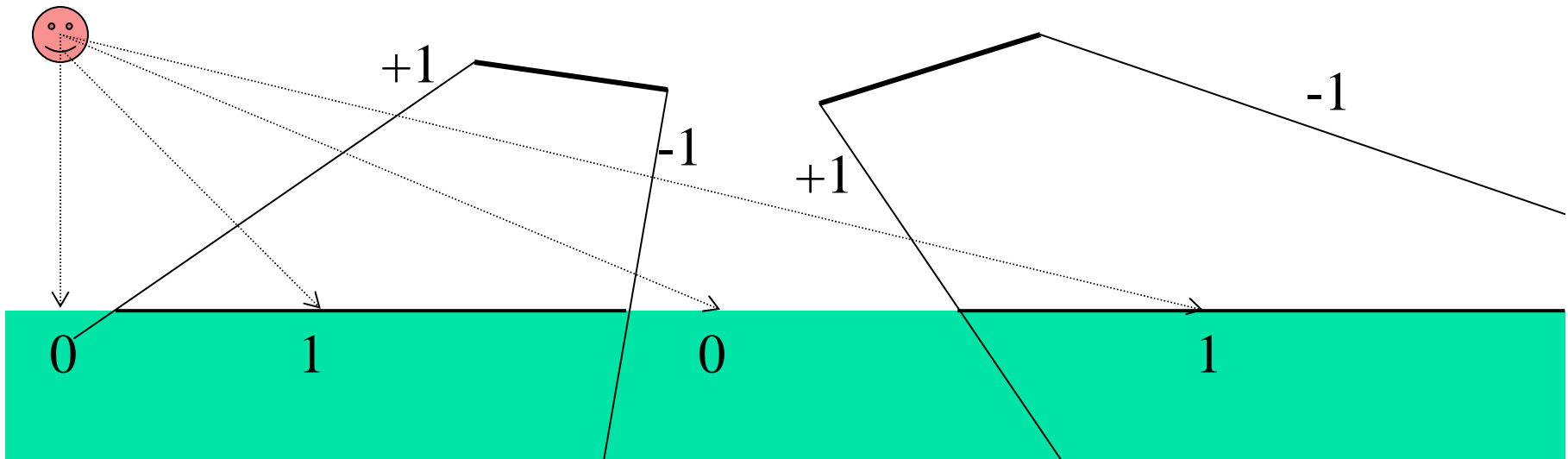
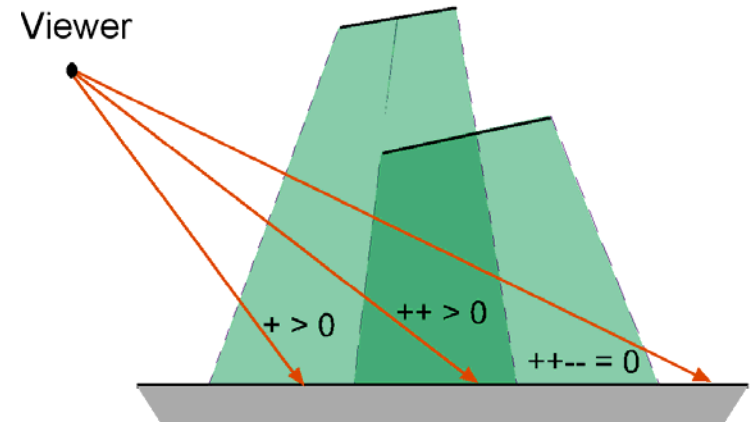
No Silhouette Edge !

Tieňové telesá

• Light Source

■ Test na tien: *in-out* počítadlo

- Counter == 0:
osvetleny
- Counter >= 0:
tineny



Tieňové telesá

- Details základného algoritmu:
 - Vypočítaj tienove telesa
 - Pohladovo nezávislé!
 - Vyčisti stencil buffer
 - Renderuj scenu bez difuzneho/spec osvetlenia
 - “Render” predných stien tieňových telies
 - Turn off color, depth updates (but leave depth test on)
 - Visible polygons increment pixel stencil buffer count
 - “Render” zadných stien tieňových telies
 - Turn off color, depth updates (but leave depth test on)
 - Visible polygons decrement pixel stencil buffer count
 - Renderuj scenu len s diffuse/spec zložkou
 - Update pixels len vtedy keď stencil = 0

Tieňové telesá

- Výhody
 - Presnosť
 - Všetky typy svetiel
- Nevýhody
 - Počítanie shadow volume
 - Fillrate



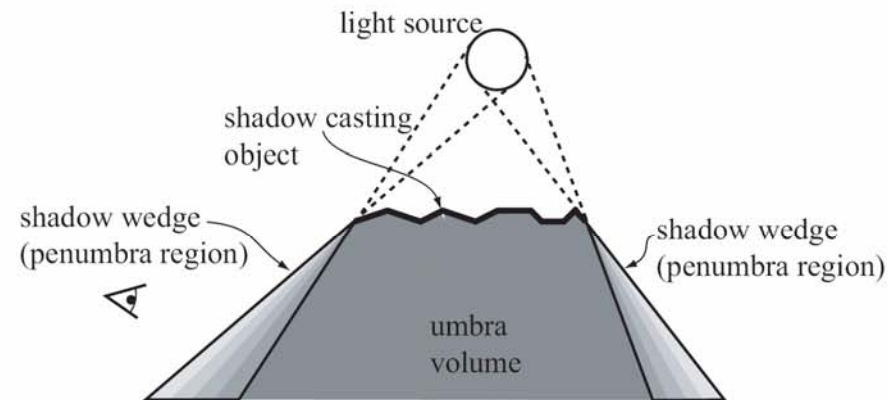
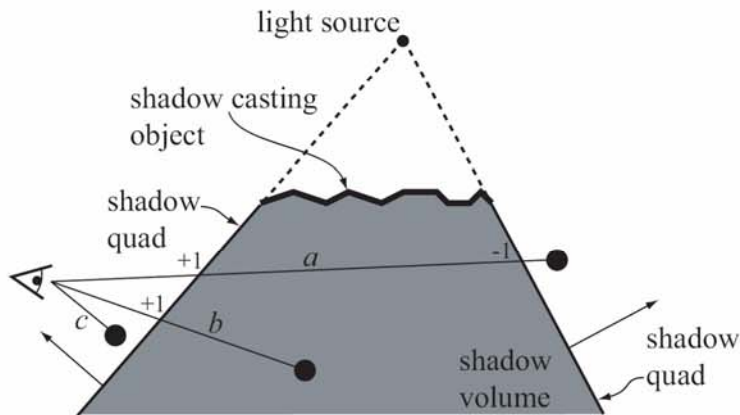
Tieňové telesá

- Výhoda:
 - Robustný
 - Self-shadowing
 - GPU
- Nevýhoda:
 - Limitovaný geometriou
 - Stencil polygons
 - Multi-pass scene geometry
 - Stencil test – per pixel - drahý
 - Ostré tieňe

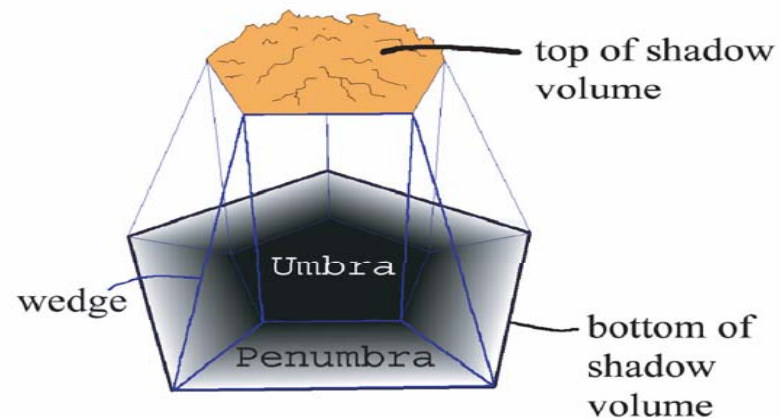
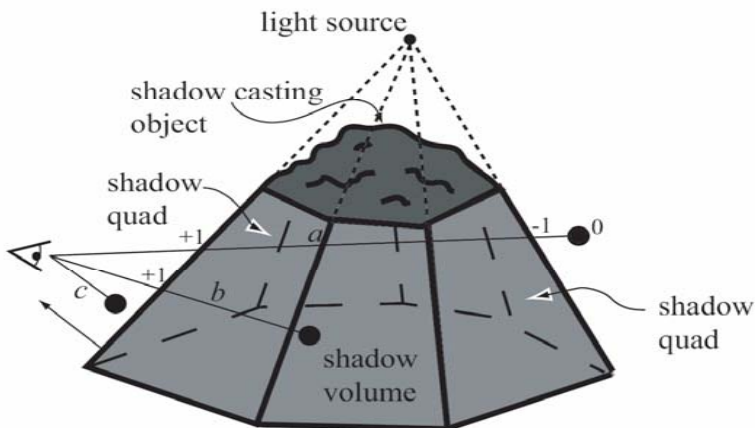
Mäkké tieňové telesá

- Tieňové telesá pre každý roh plošného telesa

2D:



3D:



Z-Buffer Shadow Algorithm

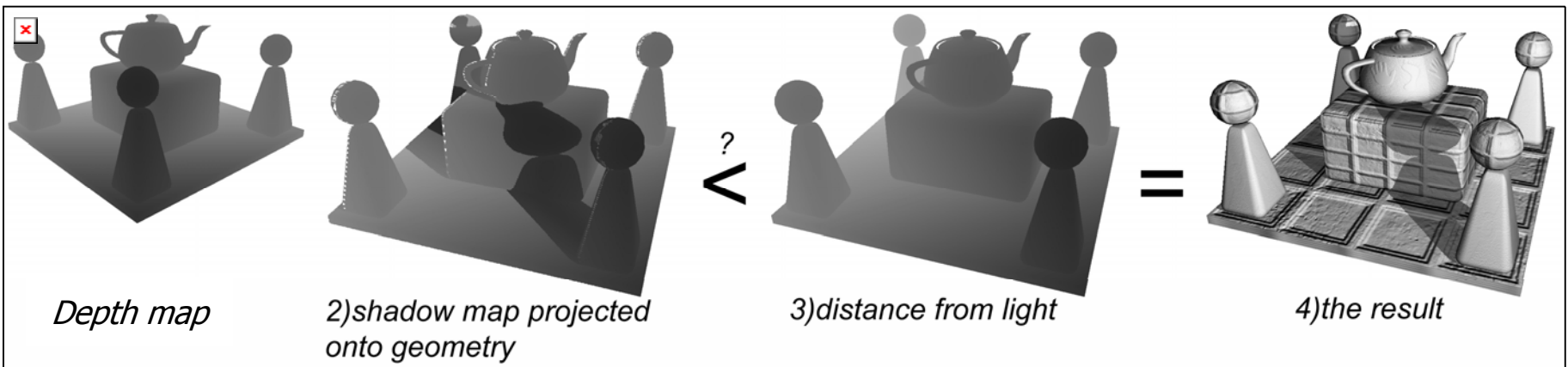
Tieňová pamäť hĺbky – „Shadow mapping“

Dva kroky:

1. zobrazenie scény z pohľadu svetla, z-buffrom => hĺbková mapa, HM (depth map)
Pixle nesú info o svojej vzdialenosti ku zdroju a nie svoju farbu.
2. zobrazenie scény z pohľadu pozorovateľa z-buffrom.
Pixle z tejto HM sa transformujú do pohľadu svetla, a porovnávajú sa.
Ak leží bod, získaný z pohľadu kamery, bližšie než z pohľadu svetla => je v tieni
Ak je zdrojov viacej, tak sa to opakuje pre každú uloženú HM.

Shadow mapping

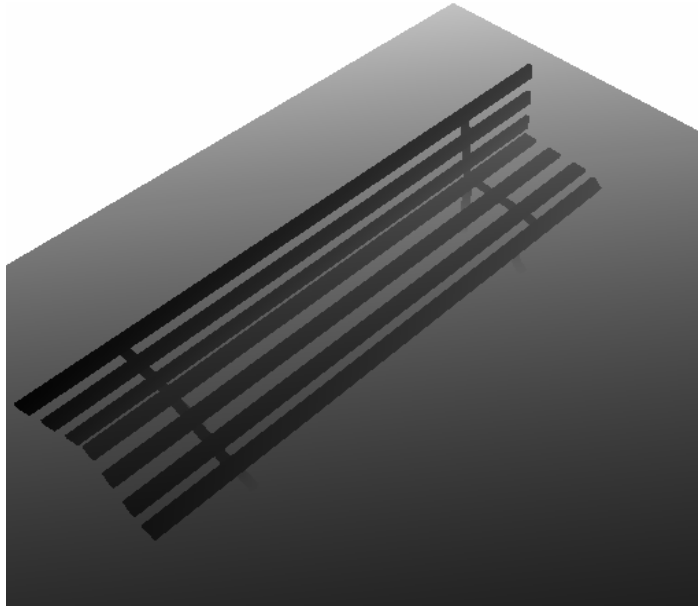
- Metóda „Shadow mapping“
 - Lance Williams 1978
 - Dvoj krokový algoritmus
 - Rendering z pohľadu svetla a uloženie z-buffra
 - Rendering scény z pohľadu kamery
 - s projekciou uloženého z-buffra na geometriu a porovnaním vzdialenosti od svetla



Shadow mapping

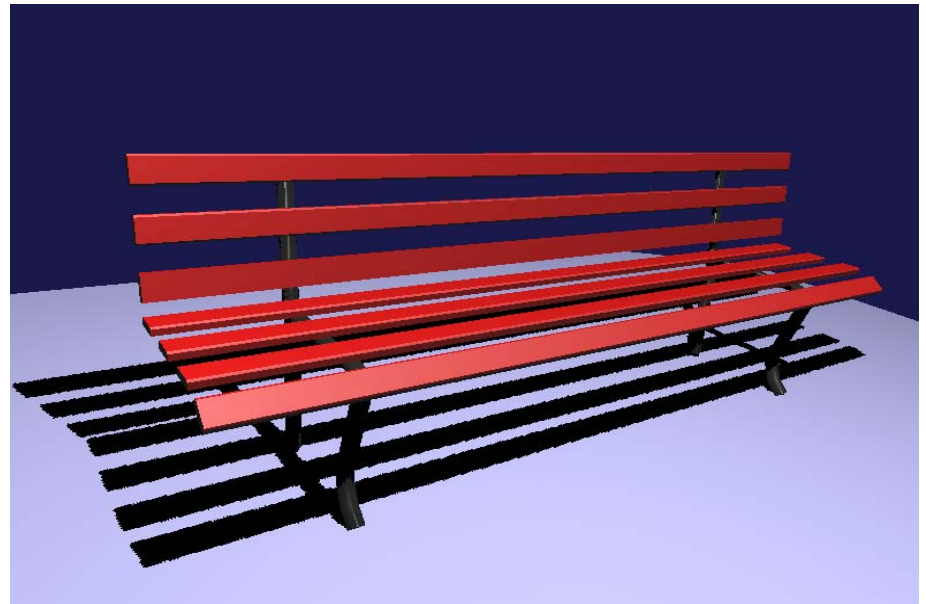
1. Zobraz scénu z pohľadu svetelného zdroja;
Hlbkovu mapu (z-buffer) odlož do H_i
2. Zobraz scénu z pohľadu kamery pomocou pamati hlbky
3. Pre všetky pixely $[u,v]$ (s hĺbkou w) zobrazenej scény do:
 - (a) $[u,v,w] \rightarrow$ do súradníc svetla L_i a získaj nové $[x,y,z]$
 - (b) $A = H_i[x,y]$
 - (c) $B = z$
 - (d) Ak $(A < B)$ tak je pixel $[u,v]$ v tieni, inak je osvetlený L_i .

Shadow Maps



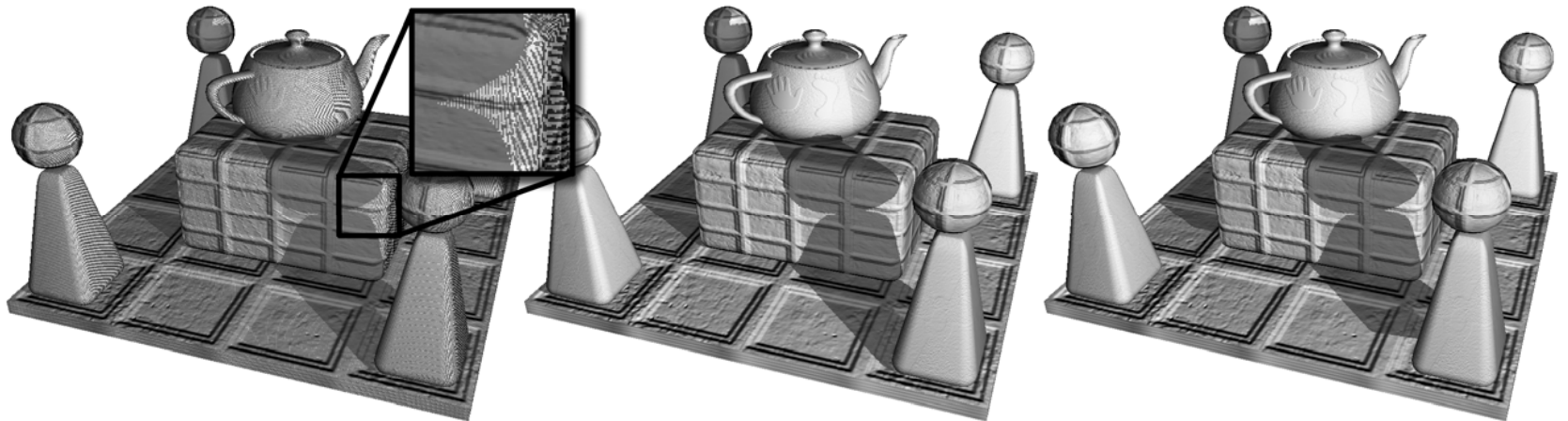
Shadow map

Final scene



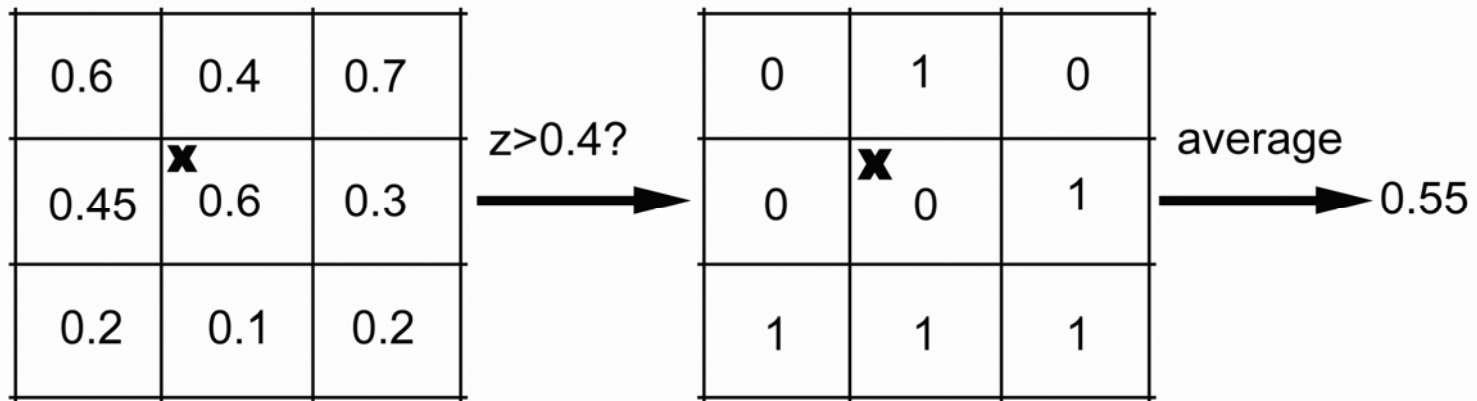
Shadow Maps

- Chyby pri porovnávaní hĺbky
 - „Depth bias problem“
 - Dajú sa obmedziť pripočítaním malej hodnoty (depth bias) k uloženým vzdialenostiam alebo sa bude ukladať priemer vzdialenosti dvoch najbližších.
 - Lepšie riešenie: do z-buffra vykresľovať len plochy odvrátené od svetla.
 - Umožňuje použitie textúr s nižším počtom bit/pixel
 - Dá sa kombinovať s predchádzajúcim riešením



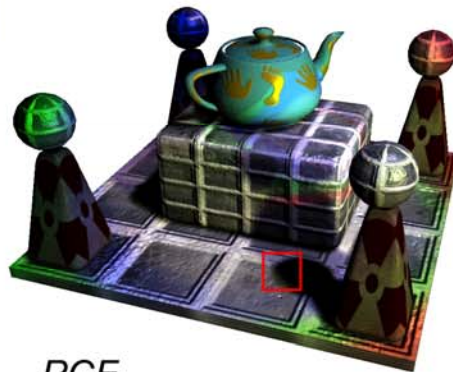
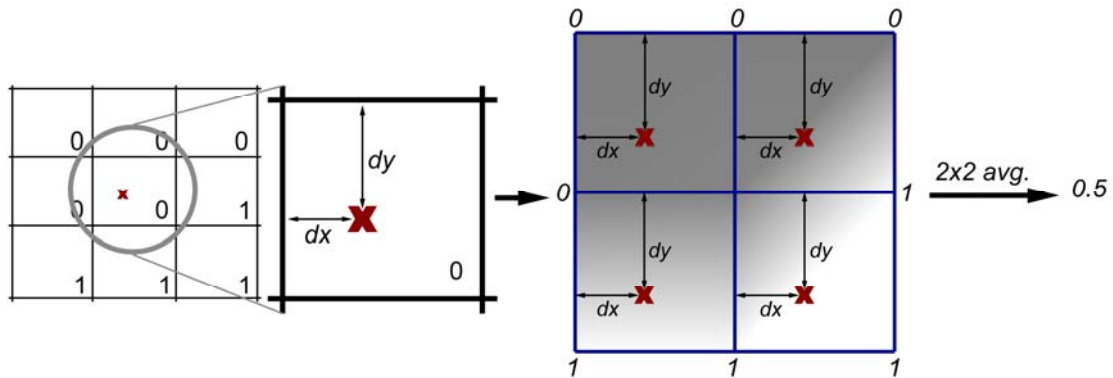
Shadow Maps

- Chyby spôsobené rozmermi z-buffra
 - Hranaté tieňe
 - Priamočiare filtrovanie nefunguje
 - Percentage closer filtering (Reeves 1987)
 - najskôr je porovnávaná hĺbka v určitej oblasti
 - zo vzniknutej binárnej mapy sa vypočíta priemerná hodnota

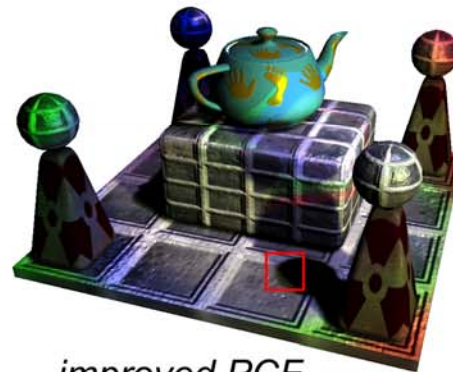


Shadow Maps

- Bilineárne filtrovaný PCF
 - Vkladá medzikrok s bilineárnou filtráciou



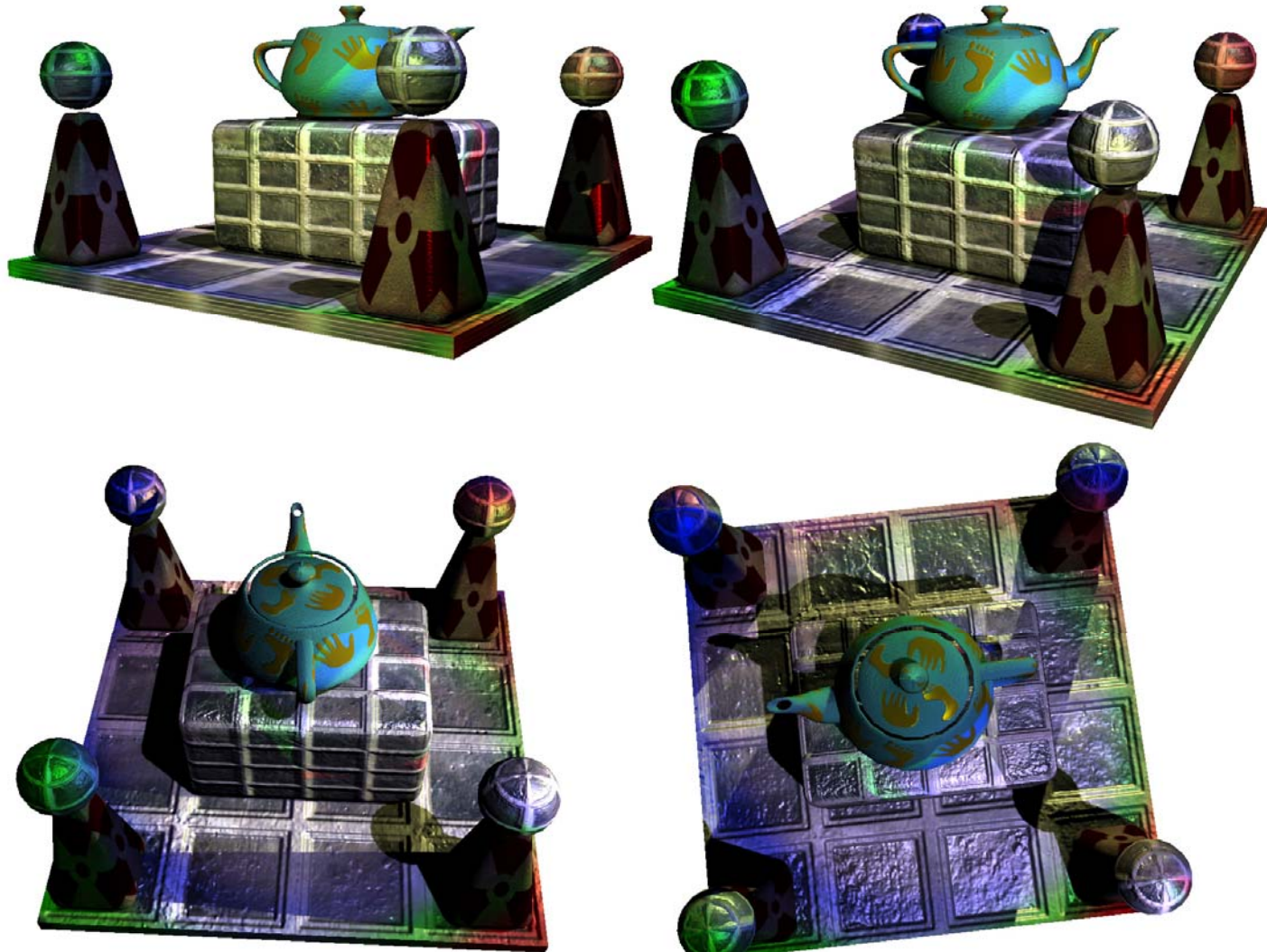
PCF



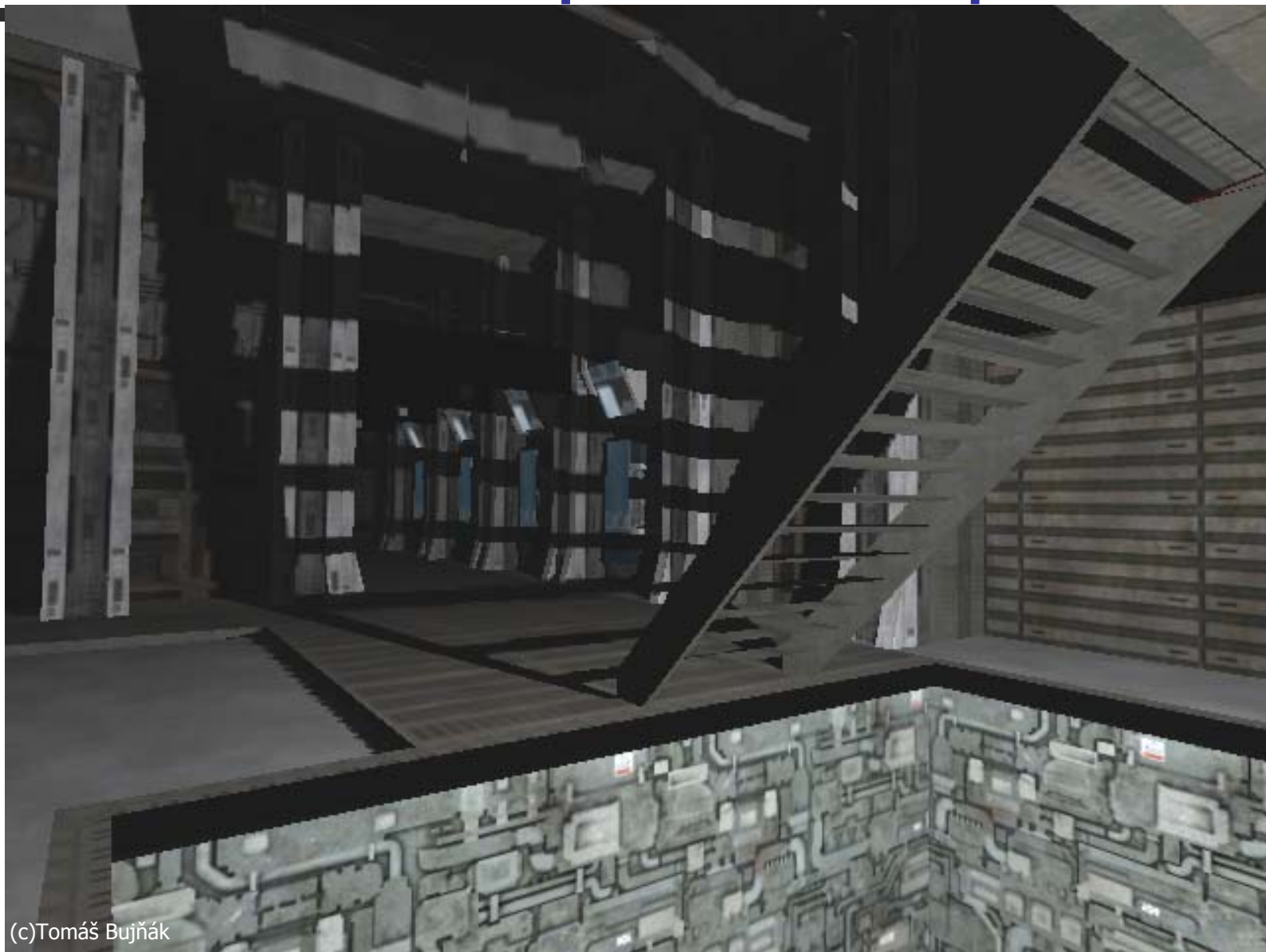
improved PCF



Shadow Maps



Shadow maps - examples



Shadow maps - examples

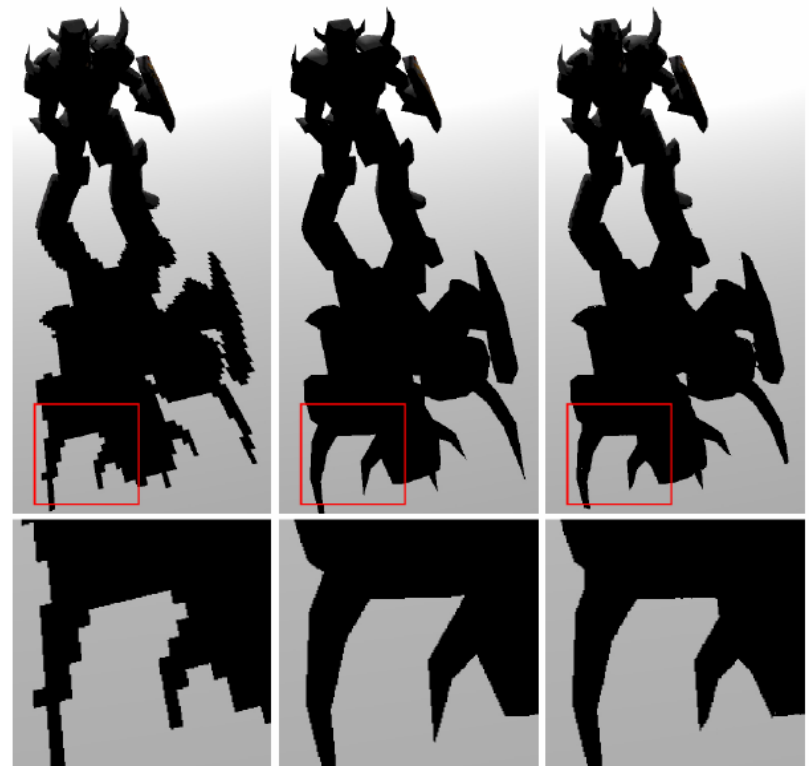


Shadow maps - examples



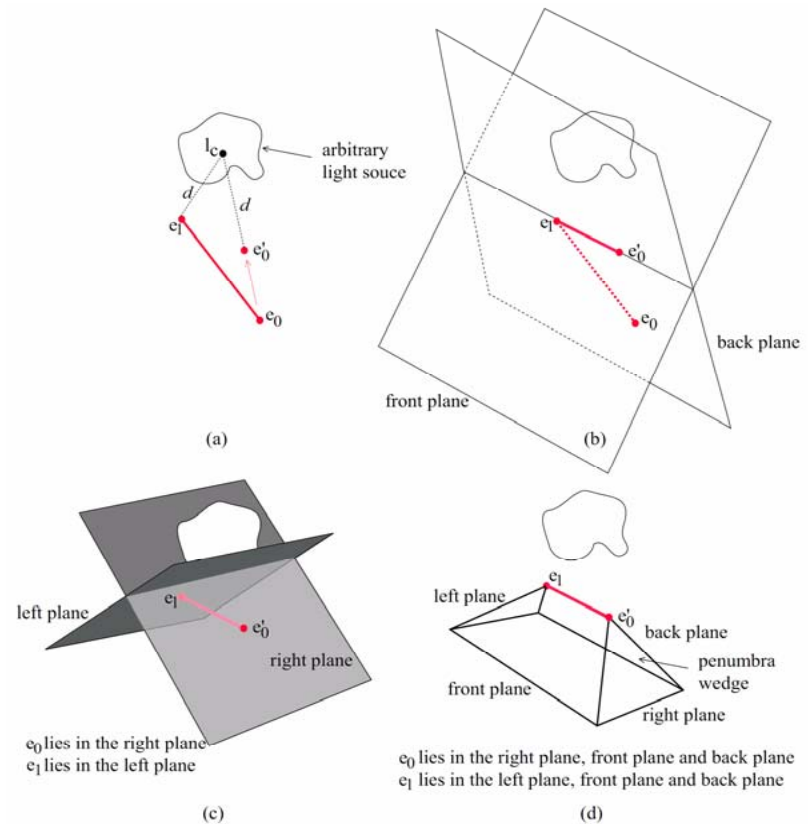
Shadow Silhouette Maps

- Pradeep Sen, Mike Cammarano and Pat Hanrahan
- Rozšírenie shadow mappingu o ďalšiu informáciu
 - Aproximácia siluety objektu

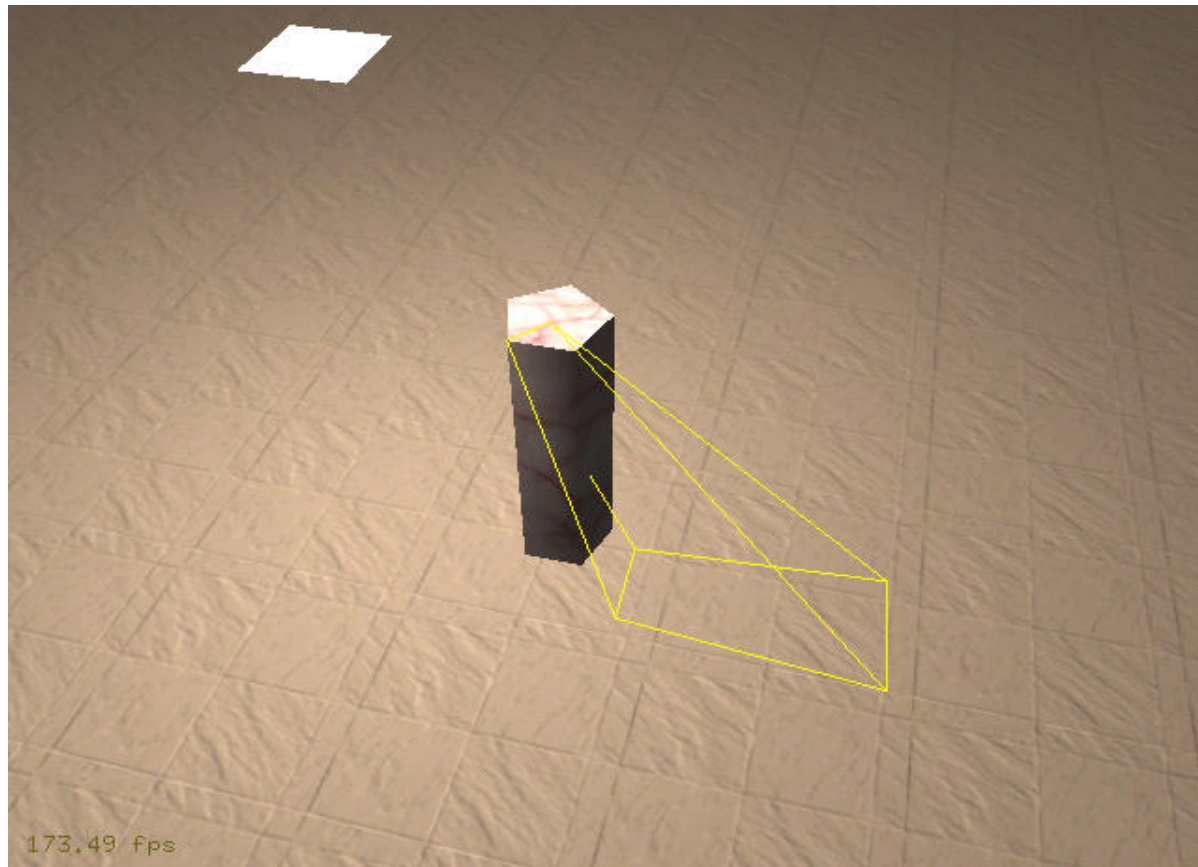


Konštrukcia klinov

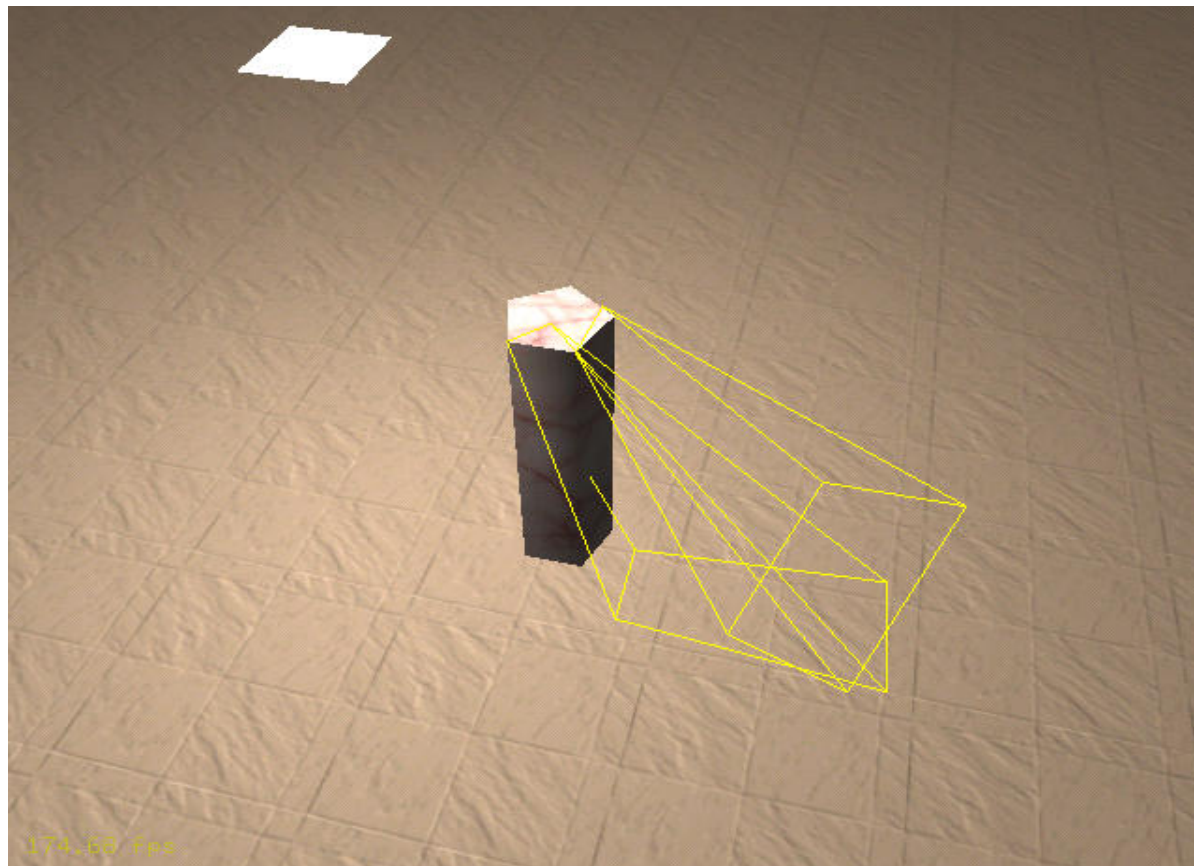
- a) Vzdialenejší vrchol hrany siluety sa posunie do tej istej vzdialenosti od svetla ako ten bližší
- b) Tvorba prednej a zadnej steny
- c) Pravá stena
 - obsahuje e'_0
 - vektor kolmý na $e_1e'_0$ a e'_0l_c
 - „dotýka“ sa plochy svetla
 - Ľavá stena podobne
- d) Finálny klin



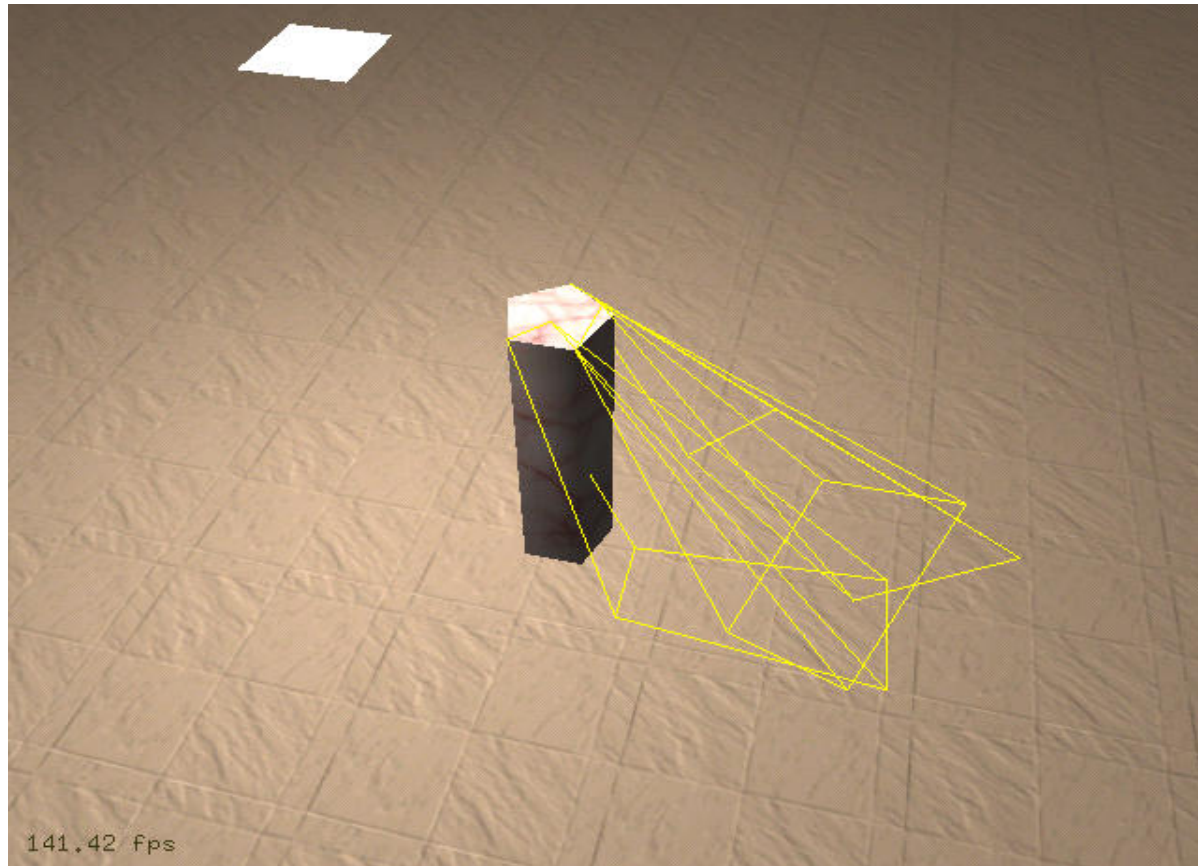
Konštrukcia klinov



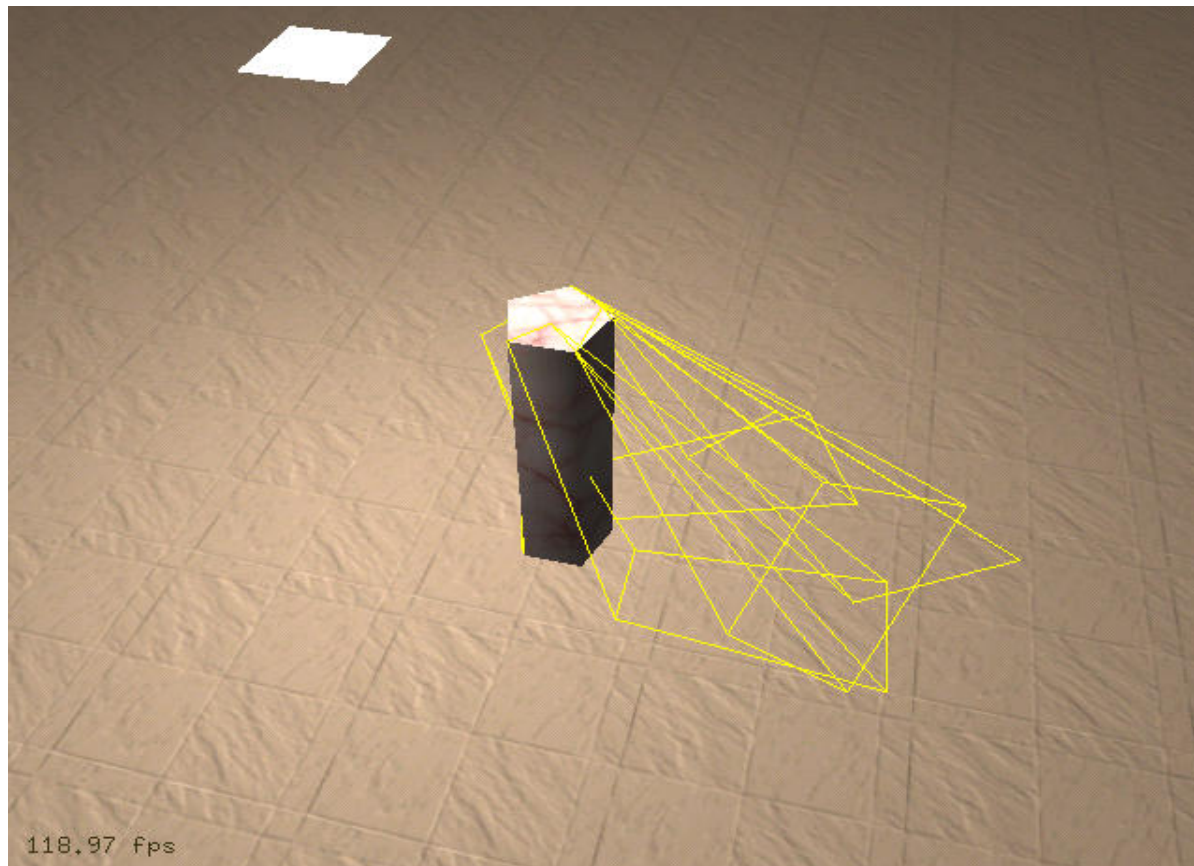
Konštrukcia klinov



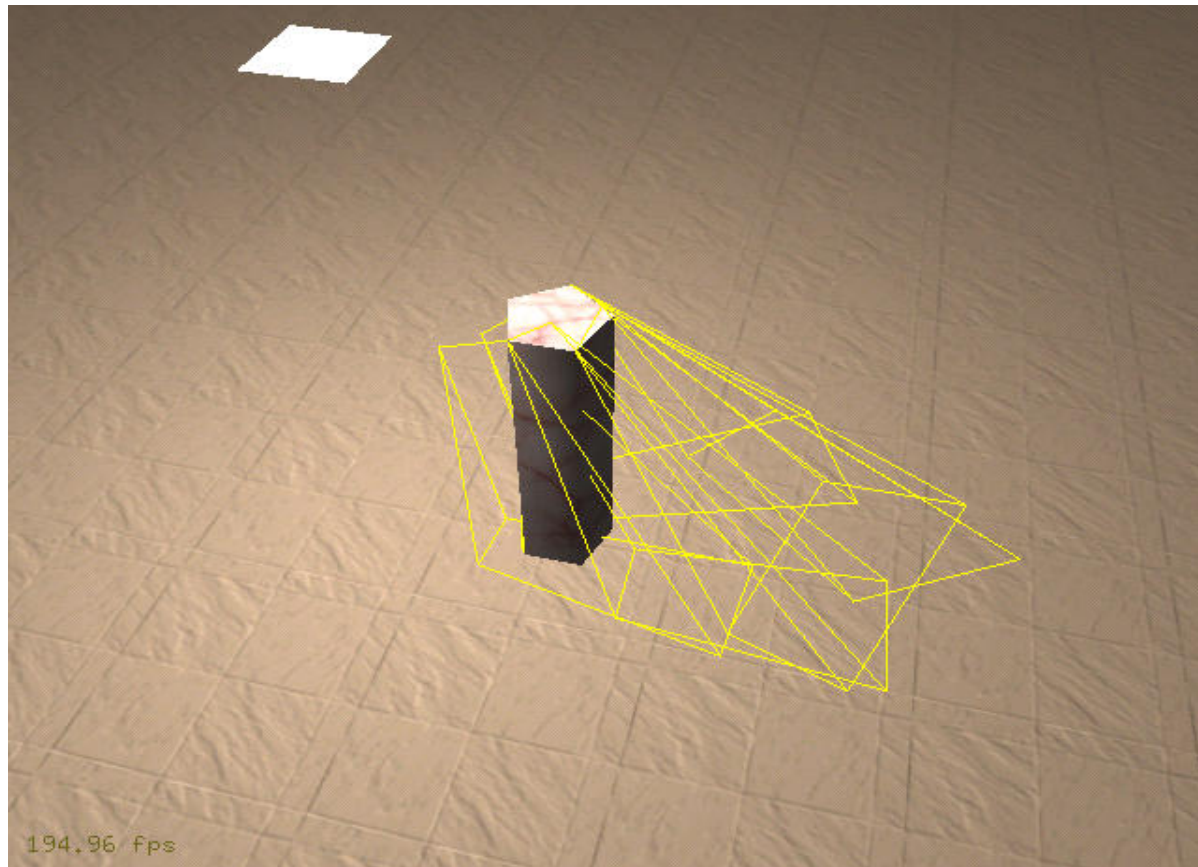
Konštrukcia klinov



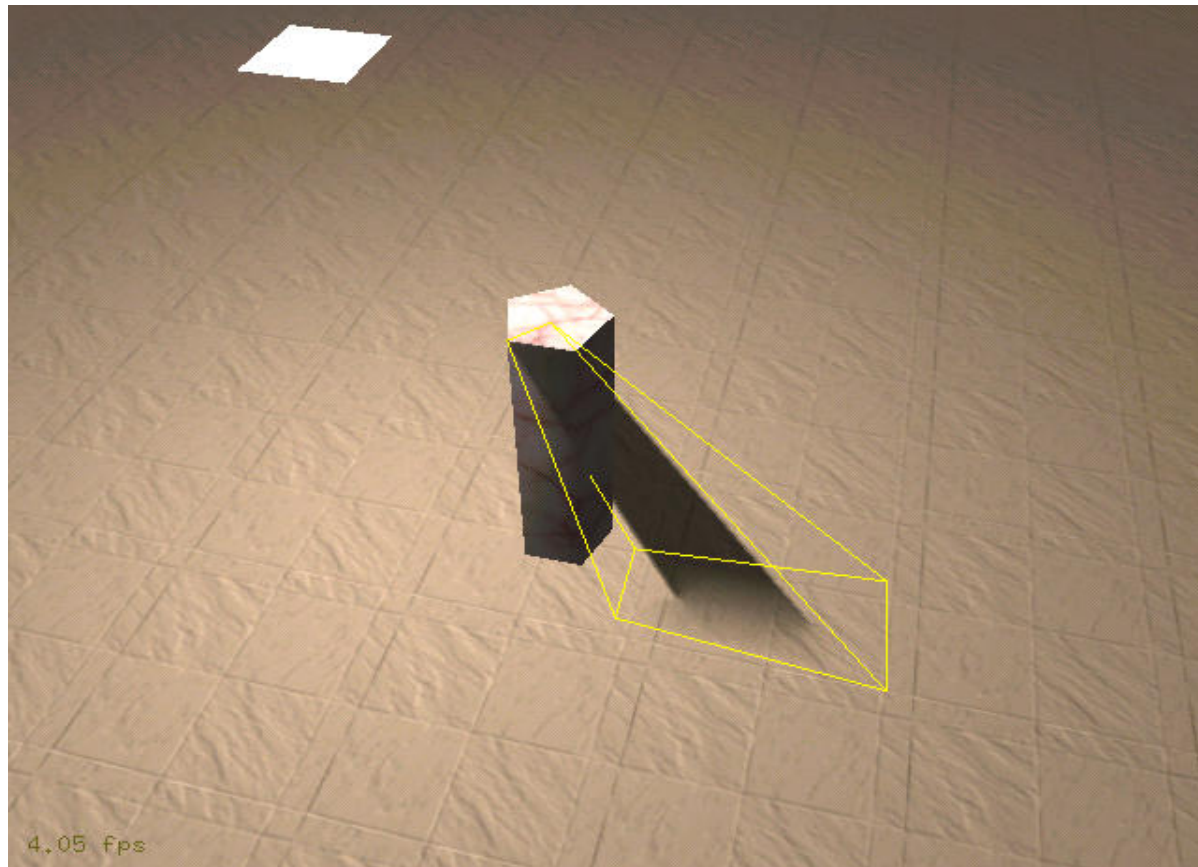
Konštrukcia klinov



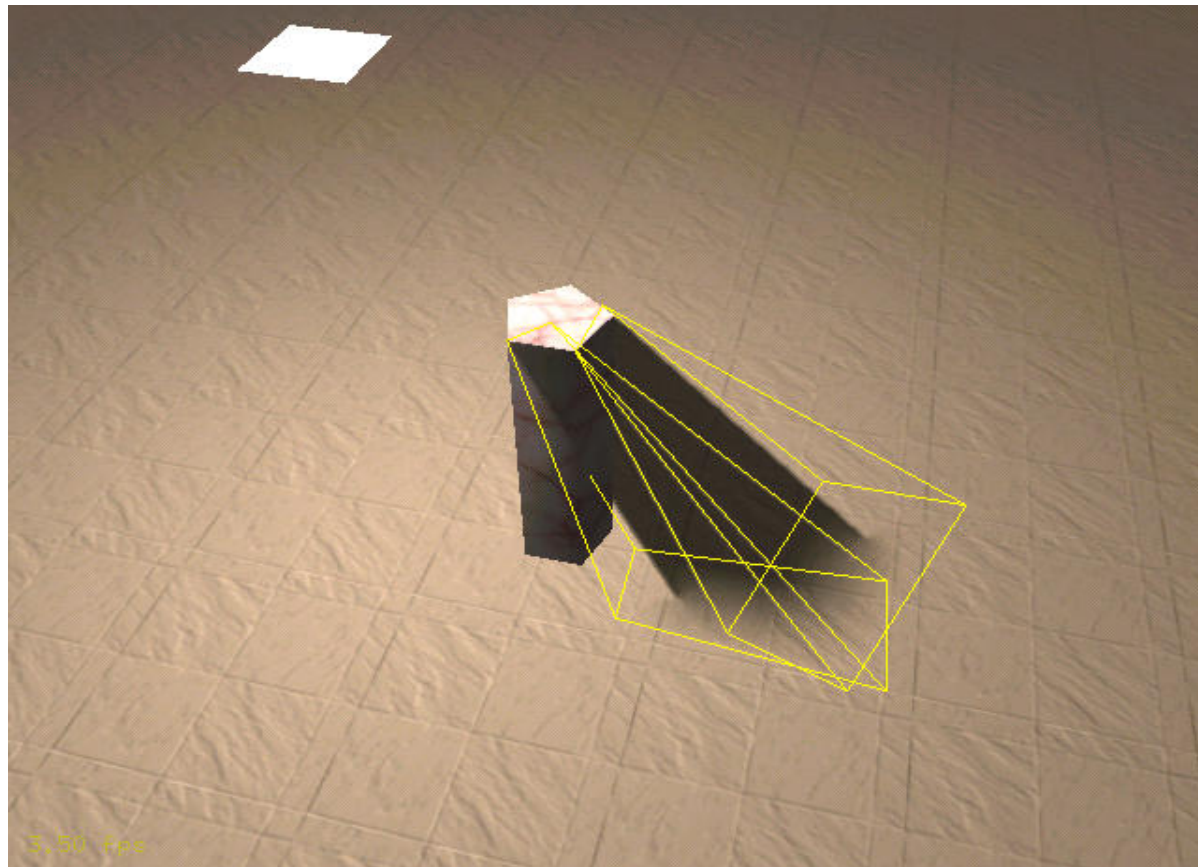
Konštrukcia klinov



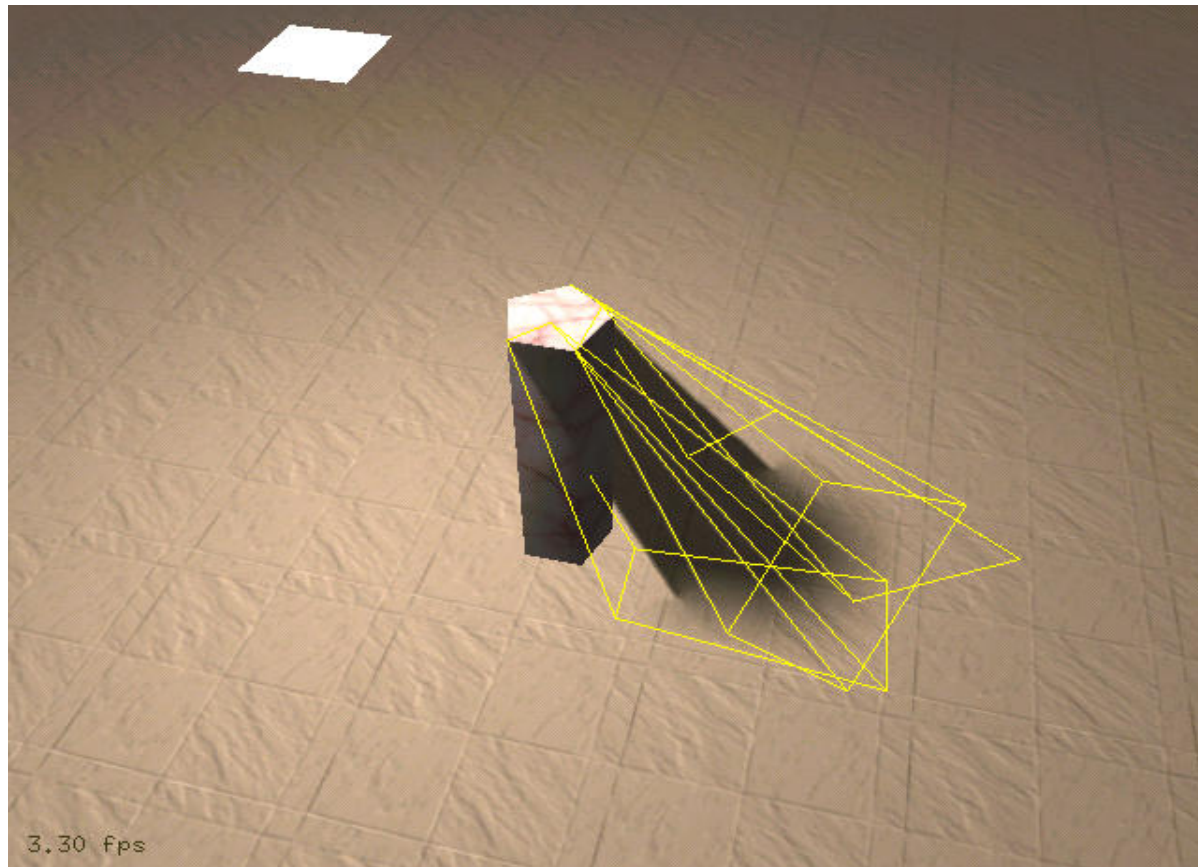
Rasterizácia



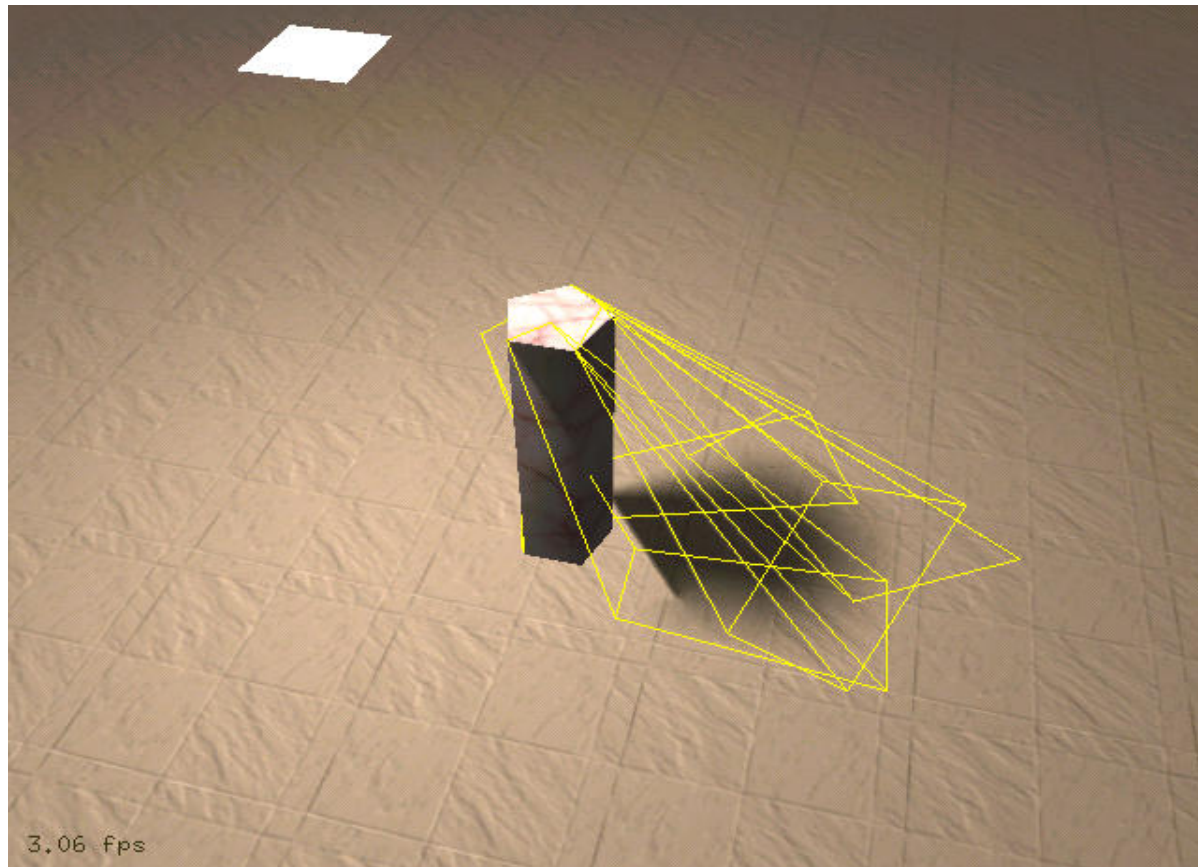
Rasterizácia



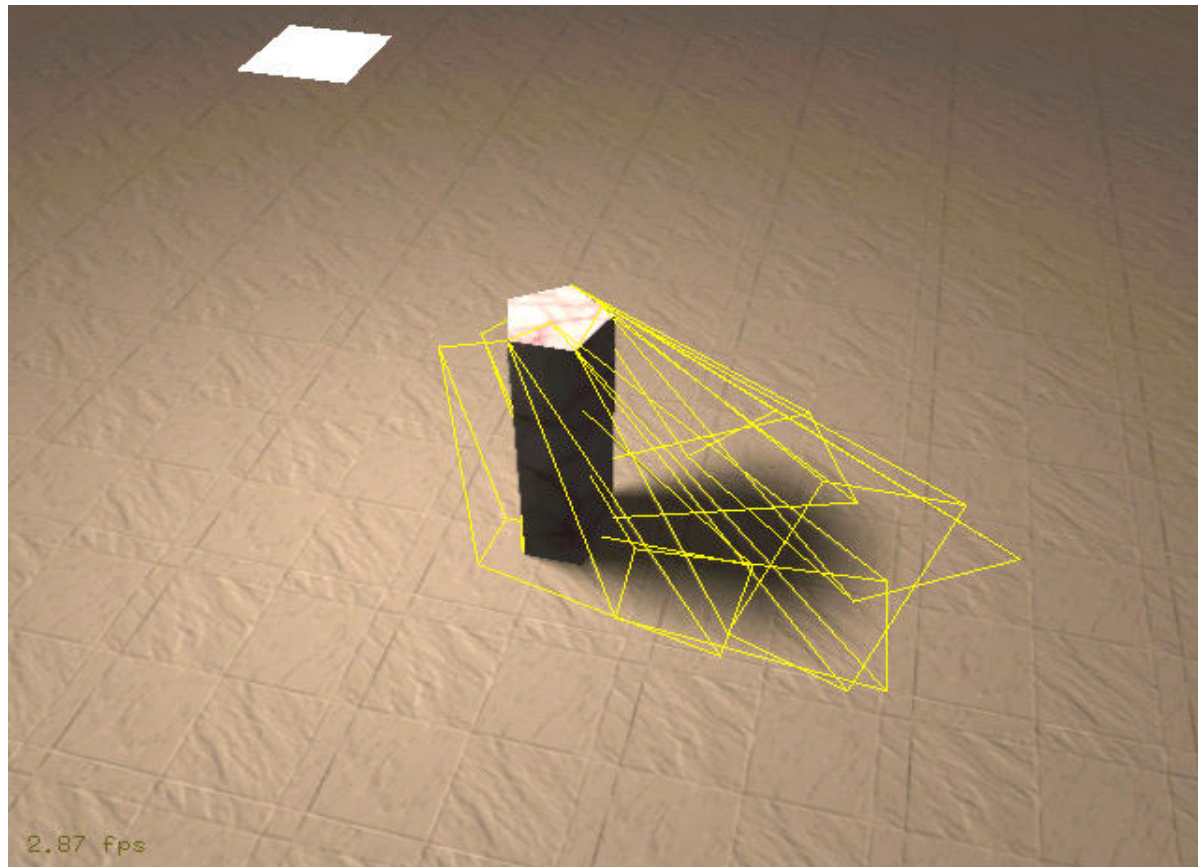
Rasterizácia



Rasterizácia

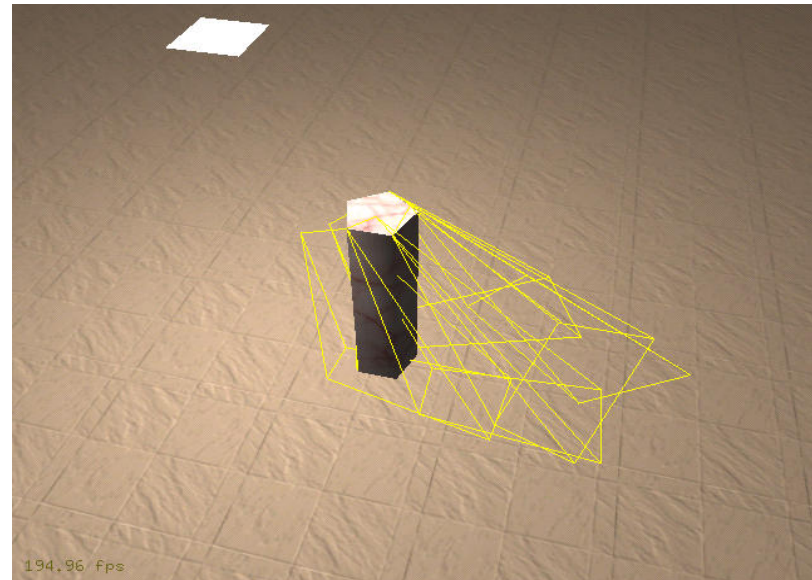


Rasterizácia



Konštrukcia klinov II

- Výhody
 - Nezávislosť jednotlivých klinov
 - rýchlosť
- Nevýhody
 - zbytočne veľké pri hranách s väčšími vzdialenosťami
 - fillrate



Shadow volumes - literature

- Crow, F. C. „*Shadow algorithms for computer graphics*“, ACM Siggraph 1977.
- Heidmann, T. „*Real Shadows, Real Time*“, Iris Universe, 1991.
- C. Everitt and M. Kilgard, „*Practical and Robust Stenciled Shadow Volumes for Hardware-Accelerated Rendering*“, <http://developer.nvidia.com/>, 2002.
- U. Assarsson and T. Akenine-Möller, „A Geometry-Based Soft Shadow Volume Algorithm using Graphics Hardware“, ACM *SIGGRAPH*, July 2003.