

Engine pro renderování a procedurální generování voxelových světů

Bc. Lukáš Hepner

Vedoucí práce: Ing. Adam Veseczký

**Fakulta informačních technologií
České vysoké učení technické v Praze**

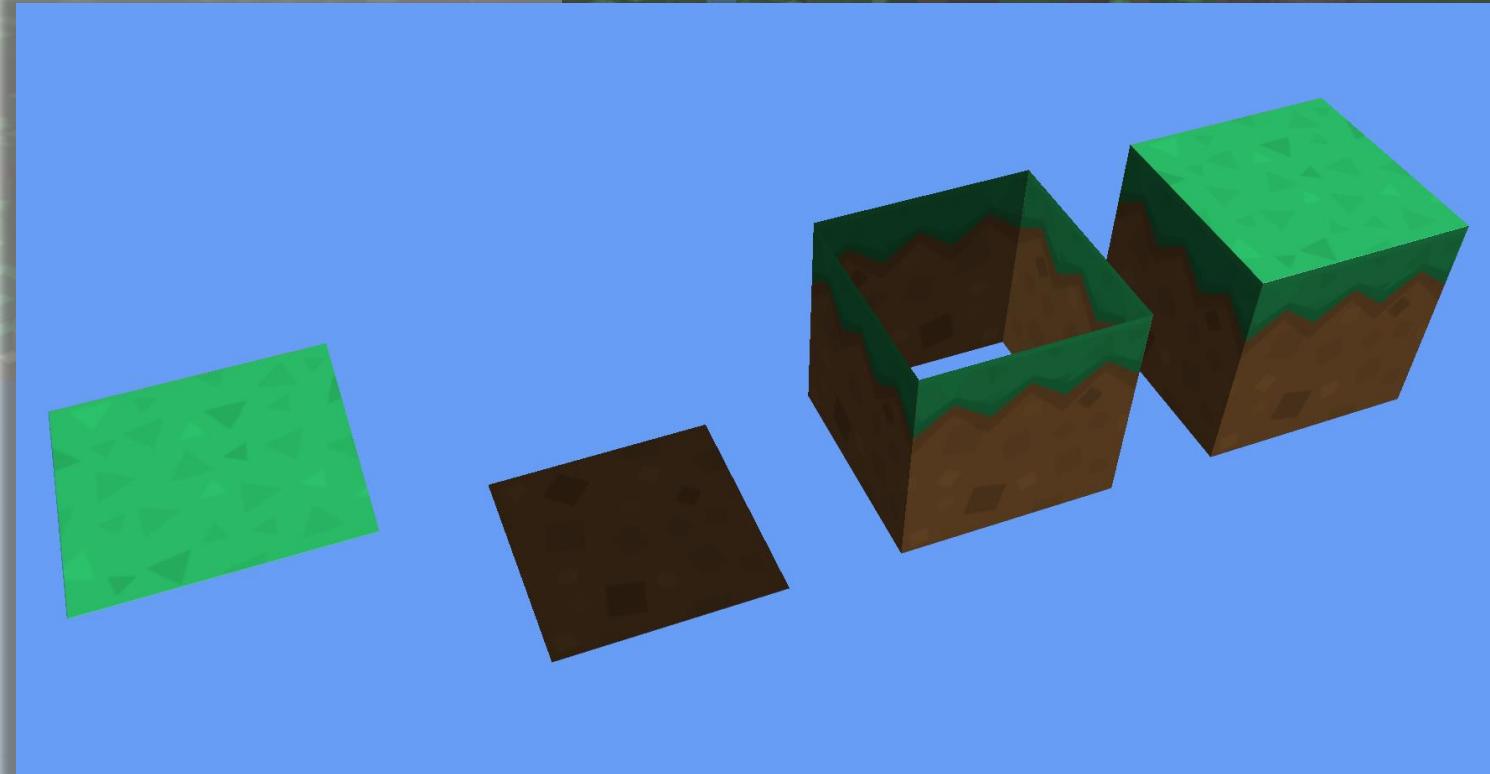
9. 6. 2022

Cíle práce

- Vykreslování voxelové grafiky
- Využití grafické karty
- Dynamické načítání scény
- Parametrizace velikosti vykreslované scény
- Procedurální generování
 - Terénu
 - Rostlin
- Komunikace s enginem
- Export do souboru

Vykreslení scény

- OpenGL & OpenGL Shading Language
- Složena z chunků
- Vrchol
 - Pozice
 - Normálový vektor
 - Souřadnice na textuře
- Tvar objektu
 - Pořadí vrcholů
 - Flyweight
- Reprezentace maticí
 - Pozice
 - Velikost
 - Sprite sheet souřadnice
- Instancing



Osvětlení scény

- Phongův osvětlovací model
 - Ambientní
 - Difúzní
 - Spekulární
- Fragment shader
- Ovlivněno úhlem dopadu
- Materiál objektu



Globální zdroj světla

- Nekonečně vzdálený
- Rovnoběžné paprsky
- Stálá intenzita
- Barva
- Směr



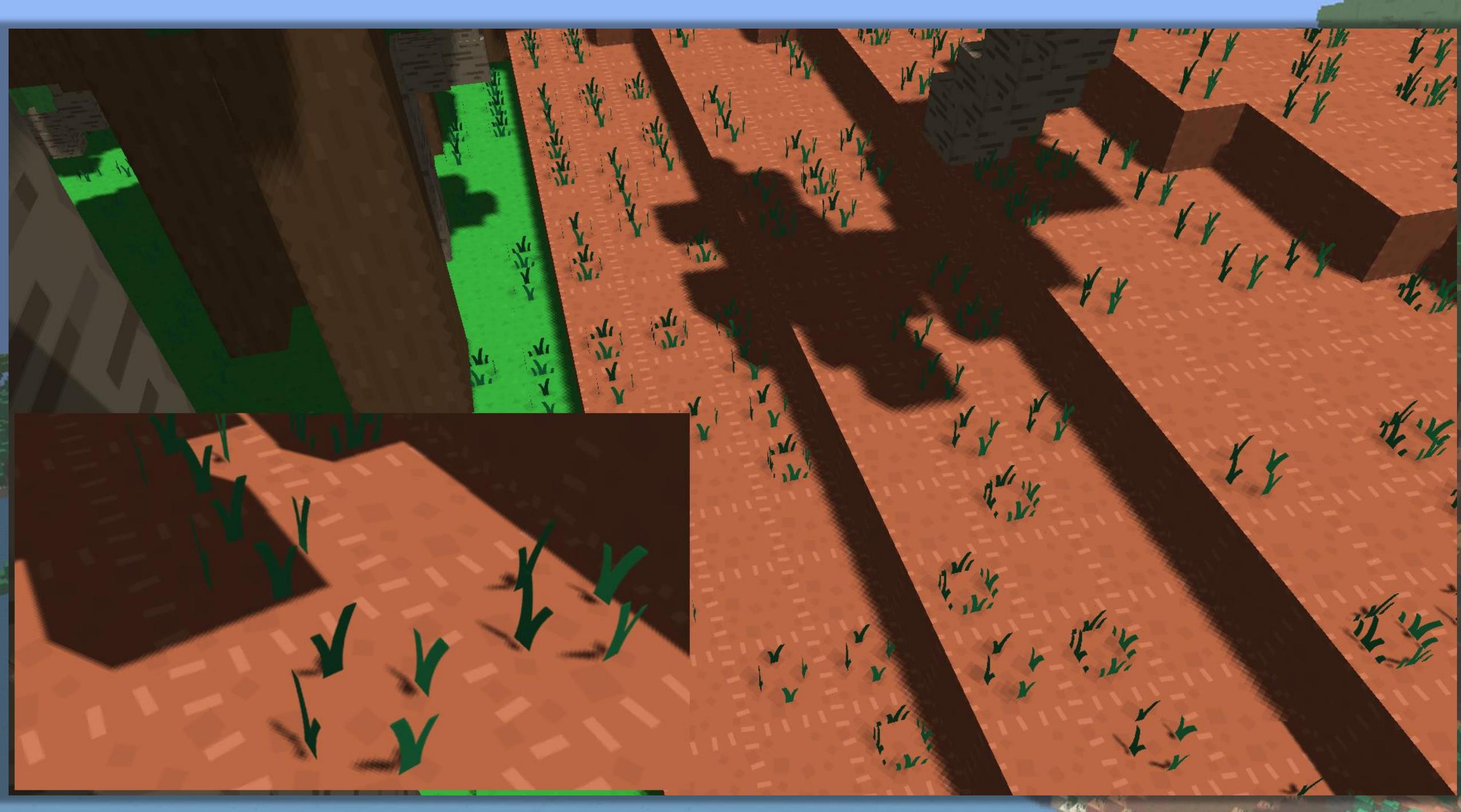
Stínování scény



Stínování scény

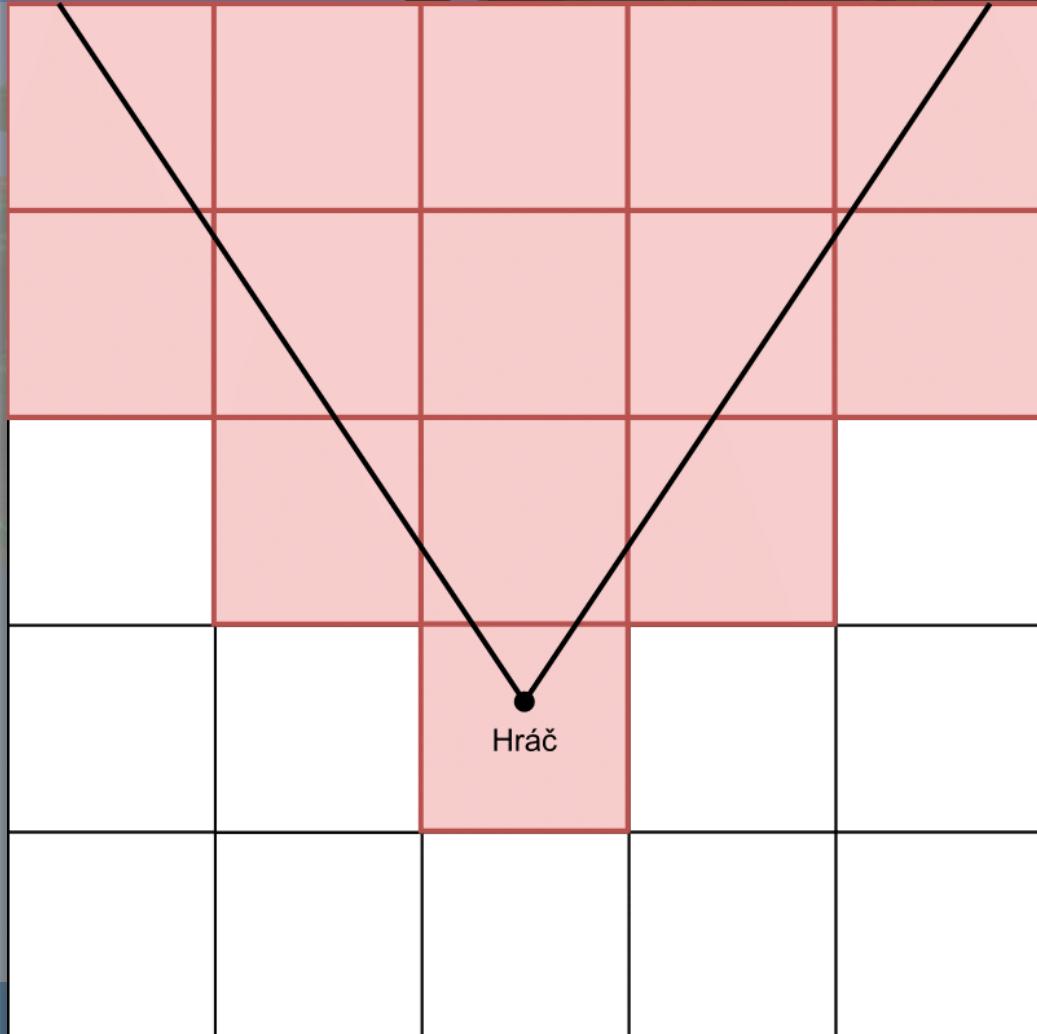
- Provedeno na GPU
- Vykreslení mimo obrazovku
- Transformace do prostoru světla
- Stínování viditelné části
- Mapa stínů
- Kaskáda map stínů - CSM
- Dynamický počet kaskád
 - `#define CASCADE_COUNT 3`



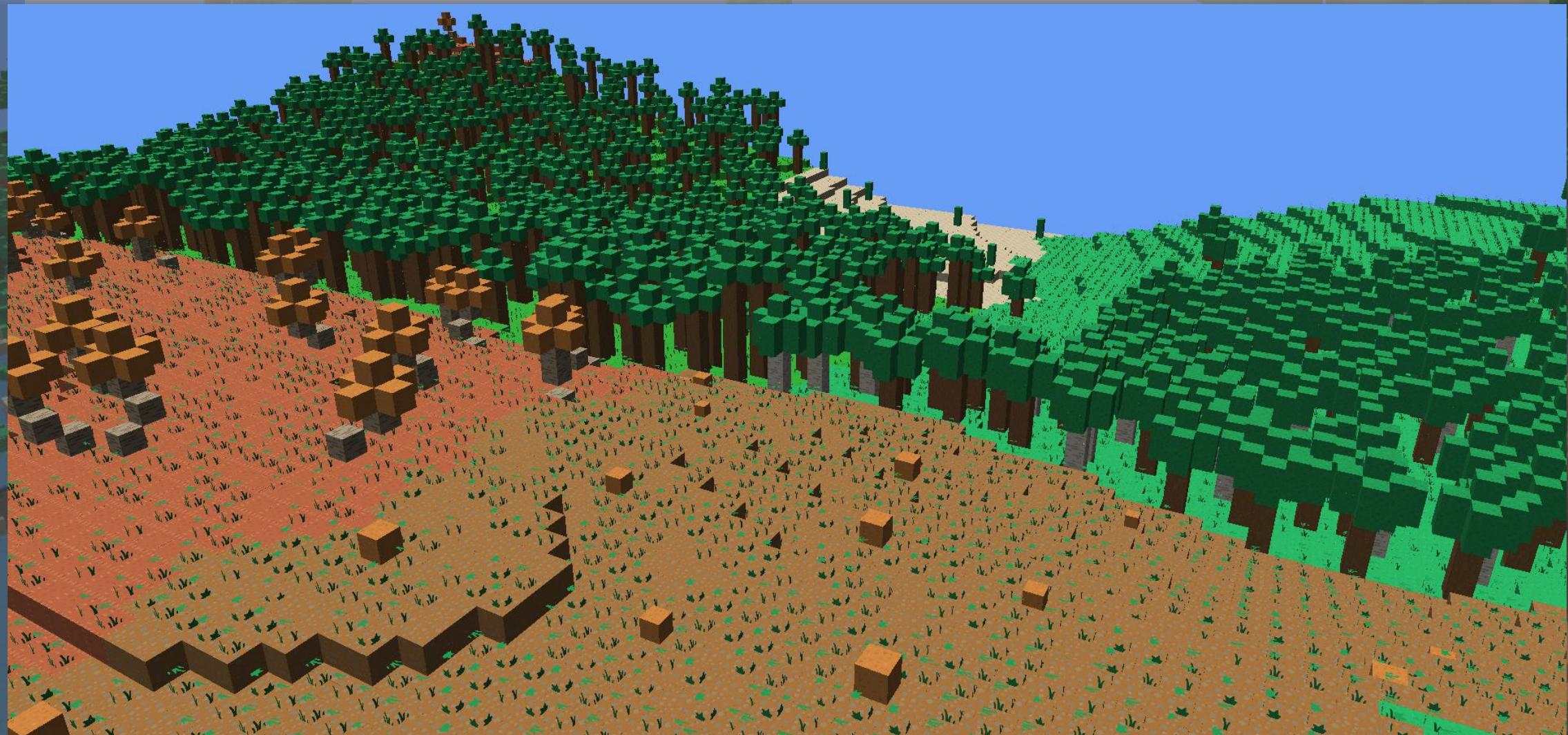


Ořezání scény

- **Geomtry shader neprovede ořezání**
- **Duplikace neviditelných objektů**
- **3,4x rychlejší vykreslení**
- **CSM 3**
 - Zpomalení o 7,39 %
- **CSM 5**
 - Zpomalení o 10,18 %
- **Dvojnásobná kvality jedné mapy**
 - Zpomalení o 63,88 %



Modelování rostlin



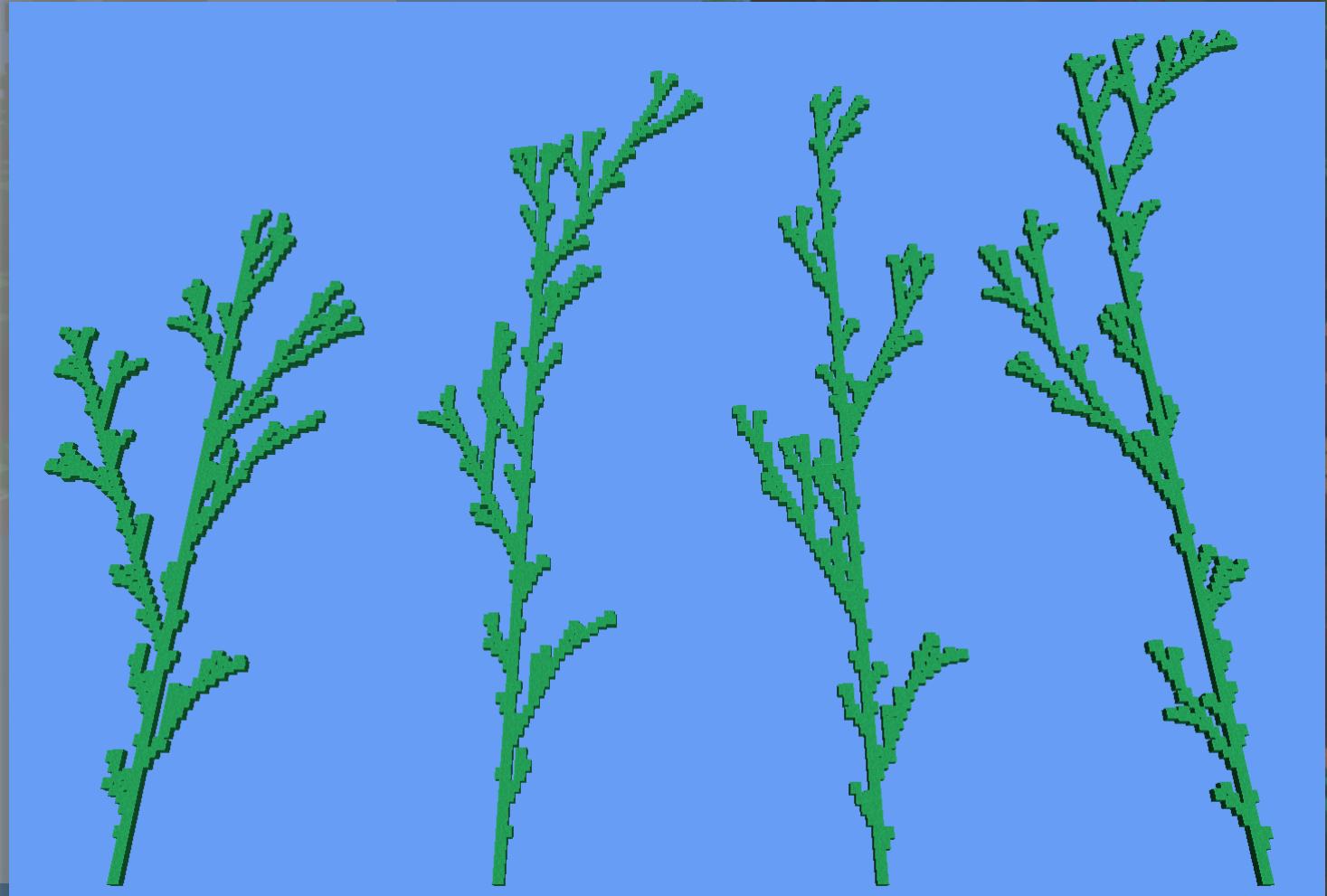
Modelování rostlin

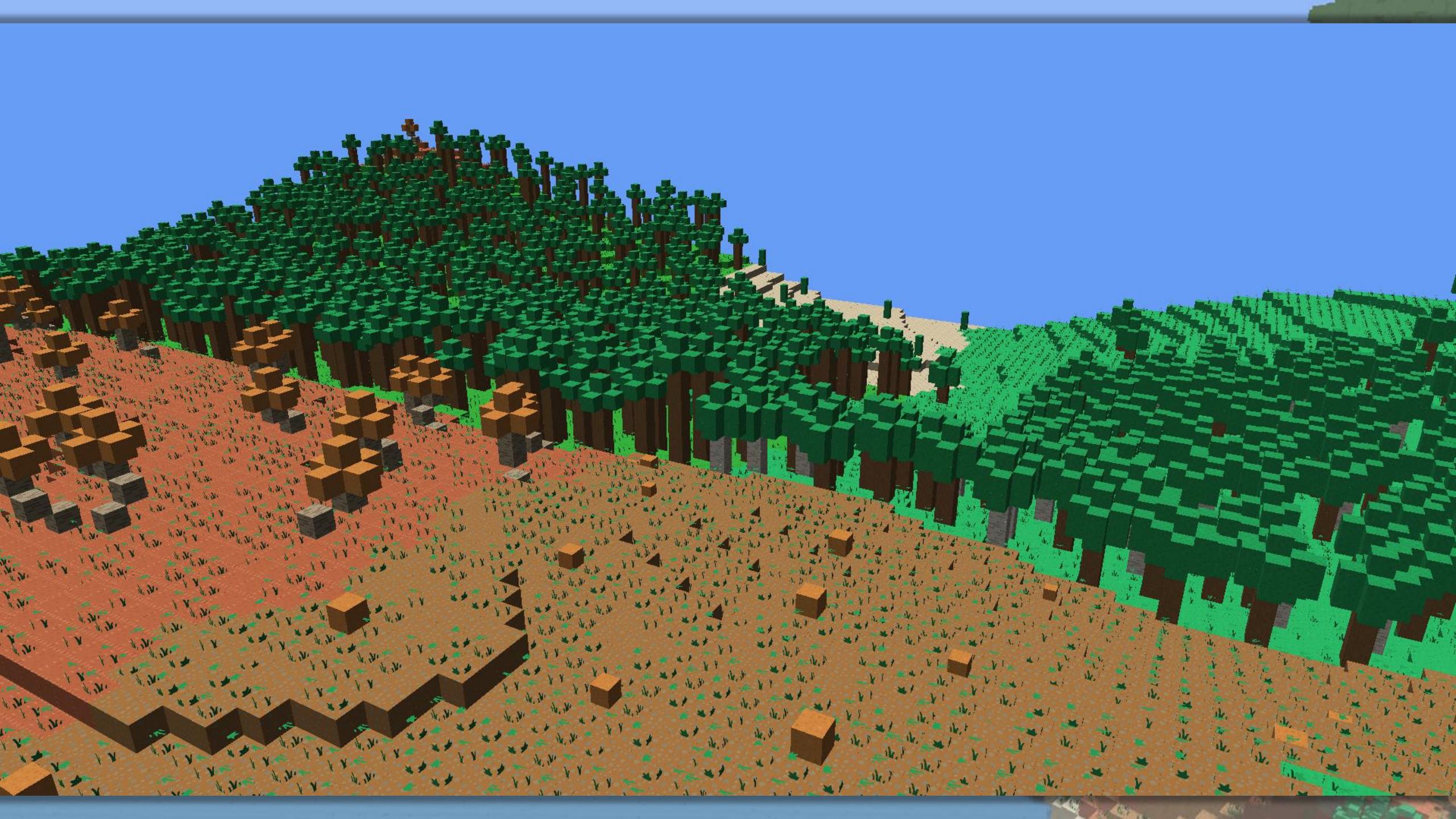
- L-systém
 - Aristid Lindenmayer, 1968
 - Formální gramatika
 - Abeceda
 - Počáteční axiom
 - Přepisovací pravidla
- Simulace růstu derivováním počátečního axiomu



Interpretace řetězce

- **Želva**
 - Pozice
 - Rotace
 - Velikost
 - Výstupní pole
- **Zásobník želv**
- **Variace v rámci druhu**
 - Úhel větvení
 - Šírka
 - Výška
- **Stochastika**

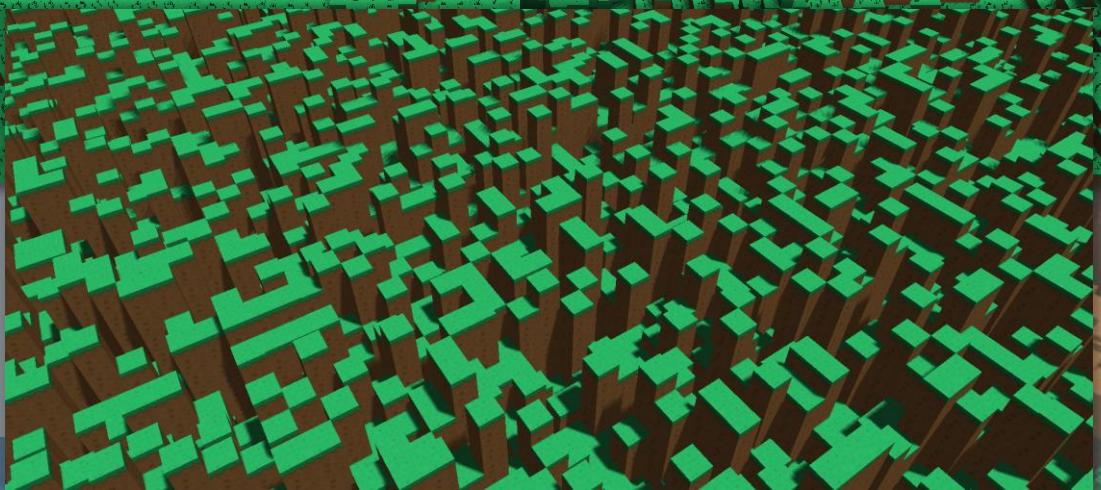
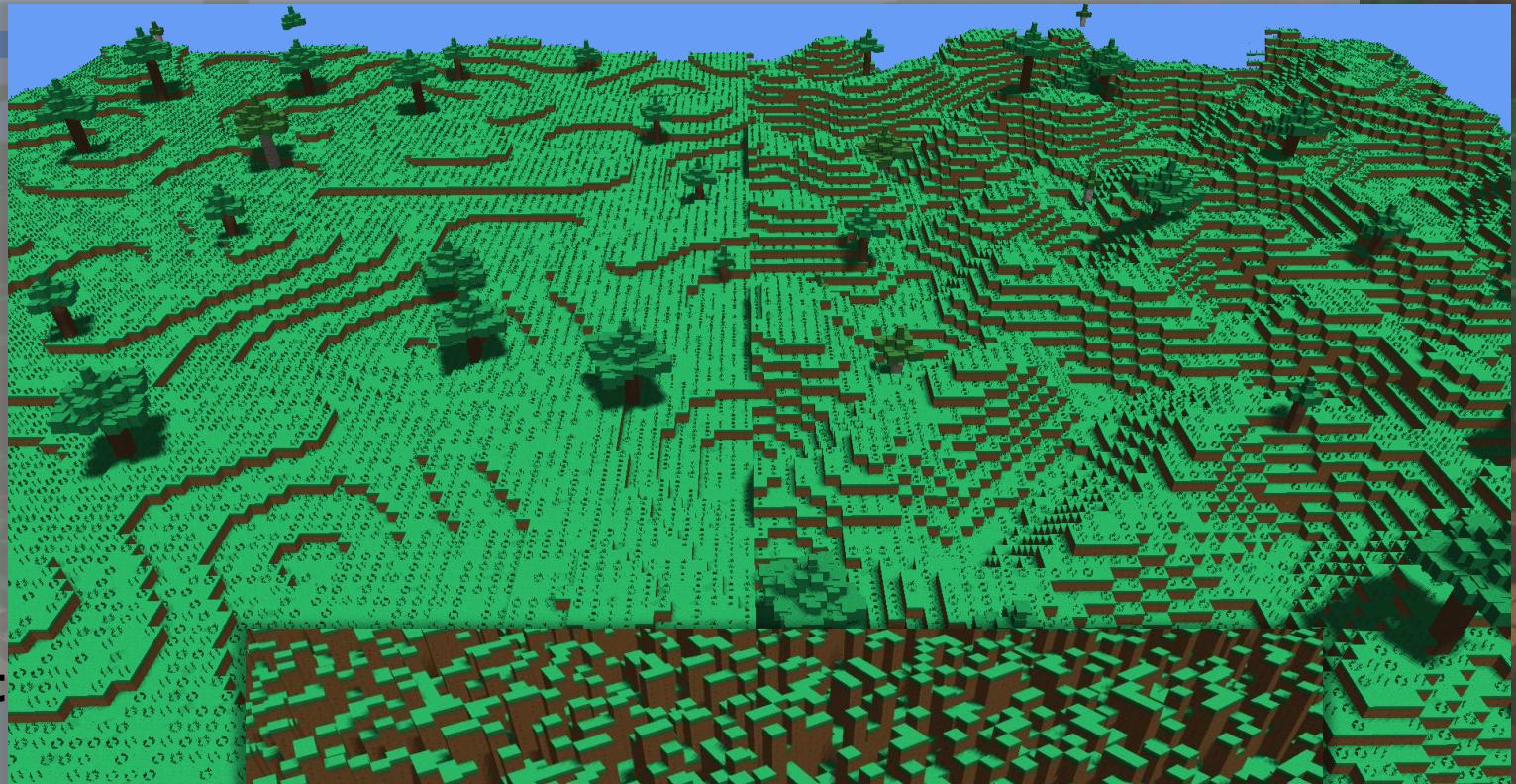






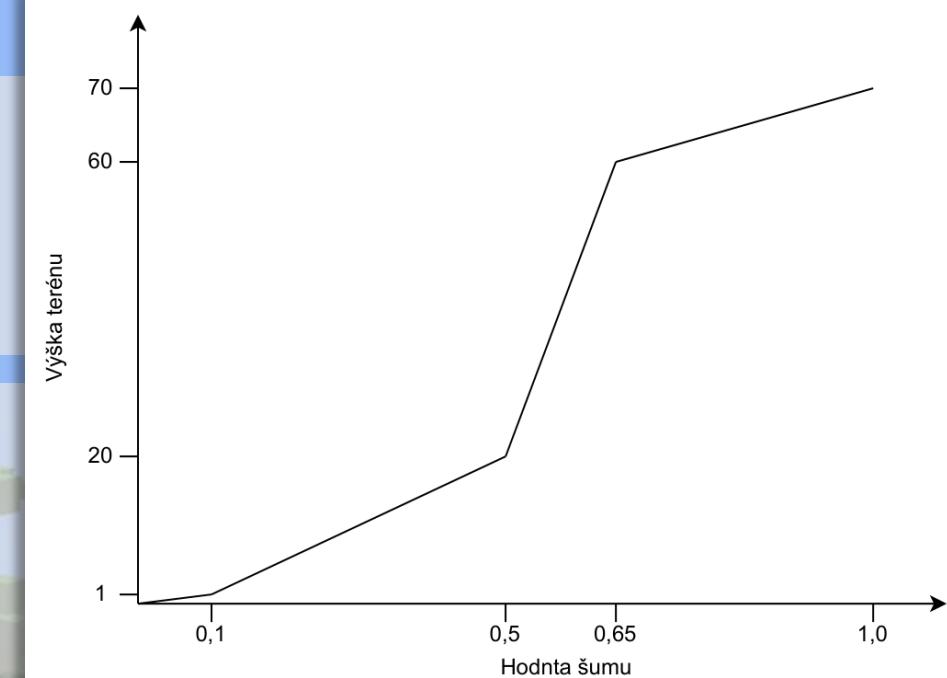
Procedurální generování terénu

- Deterministické
- Šumové funkce
 - Nemají vnitřní stav
 - Náhodný
 - MD5, SHA1
 - Vylepšený Perlinův
 - Simplex
 - Nižší výpočetní složitost
 - Patent vypršel 8.1.2022
 - Seedovatelné



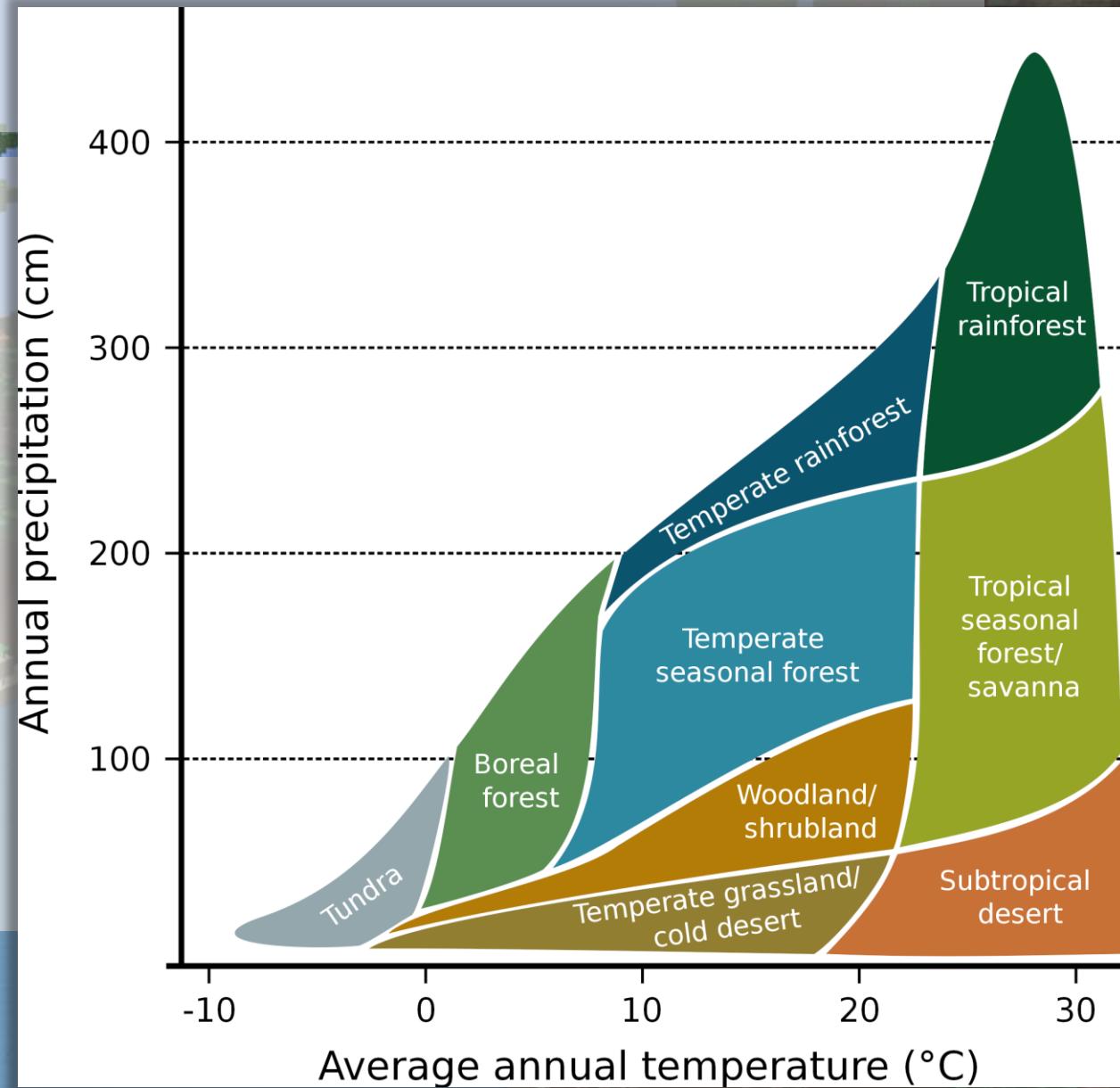
Výška terénu

- Kombinace více šumů
 - Základní výška
 - Hory
 - Pohoří
 - Údolí a vrcholy
 - Detaily



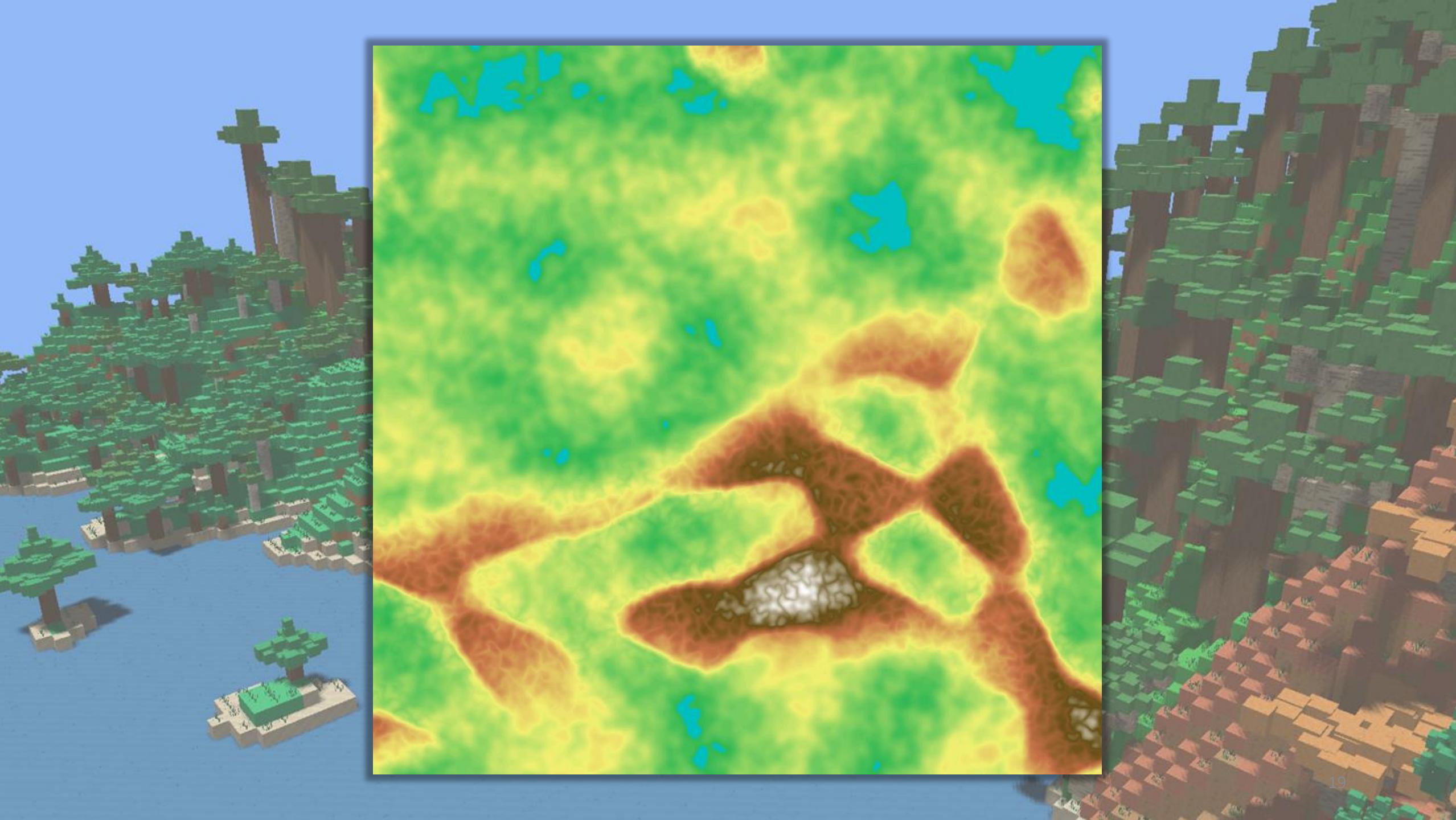
Biotopy

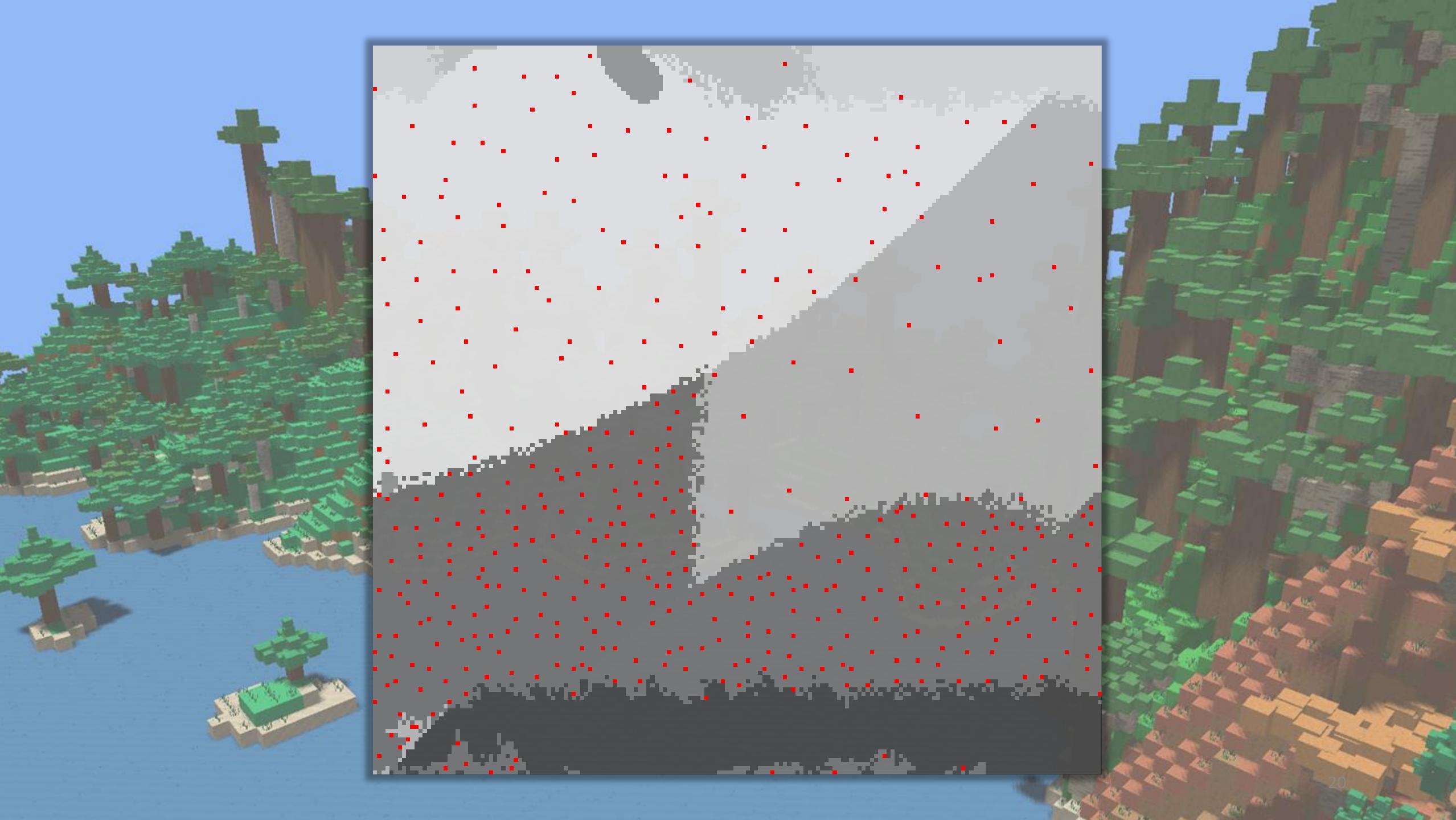
- Unikátní fauna a flóra
- Whittakerův systém
- Průměrná teplota
- Roční úhrn srážek
- 10 úrovní
- Mapa srážek
- Teplotní pásy
 - Ovlivněny výškou terénu



Vizuální testování

- Nepřesně definovaný výstup generátoru
- Velké množství zobrazených informací
- Skryté parametry
- Vizualizace
 - Teploty
 - Srážek
 - Výšky terénu
 - Distribuce stromů
 - Rozmístění biotopů







Shrnutí

- **Implementována vykreslovací část enginu**
 - Bodové a globální osvětlení
 - Jednoduché a kaskádové mapování stínů
 - Výpočet na grafické kartě
- **Načítání scény podle pozice hráče**
- **Parametrizace velikosti scény**
- **Procedurální generátor terénu**
 - Prostředí připomínající Zemi
- **Generování vegetace pomocí L-systémů**
- **Export a načítání scény pomocí vizualizačního programu**