

Názov prednášky:

Modelovanie slnečného žiarenia

Osnova prednášky:

- Úvod do problematiky
- Modelovanie slnečného žiarenia
- r.sun a v.sun
- Modelovanie slnečného žiarenia na rôznych mierkových úrovniach

Odporúčaná literatúra

KAŇUK, J., 2016: Geopriestorové modelovanie slnečného žiarenia na rôznych rozlišovacích úrovniach. Habilitačná práca. Hornícko-geologická fakulta, Vysoká škola Báňská – Technická univerzita, Ostrava, Česká republika, 121 s.

HOFIERKA, J., ZLOCHA, M. (2012): A New Solar Radiation Model for 3-D City Models. Transactions in GIS 16, pp. 681-690.

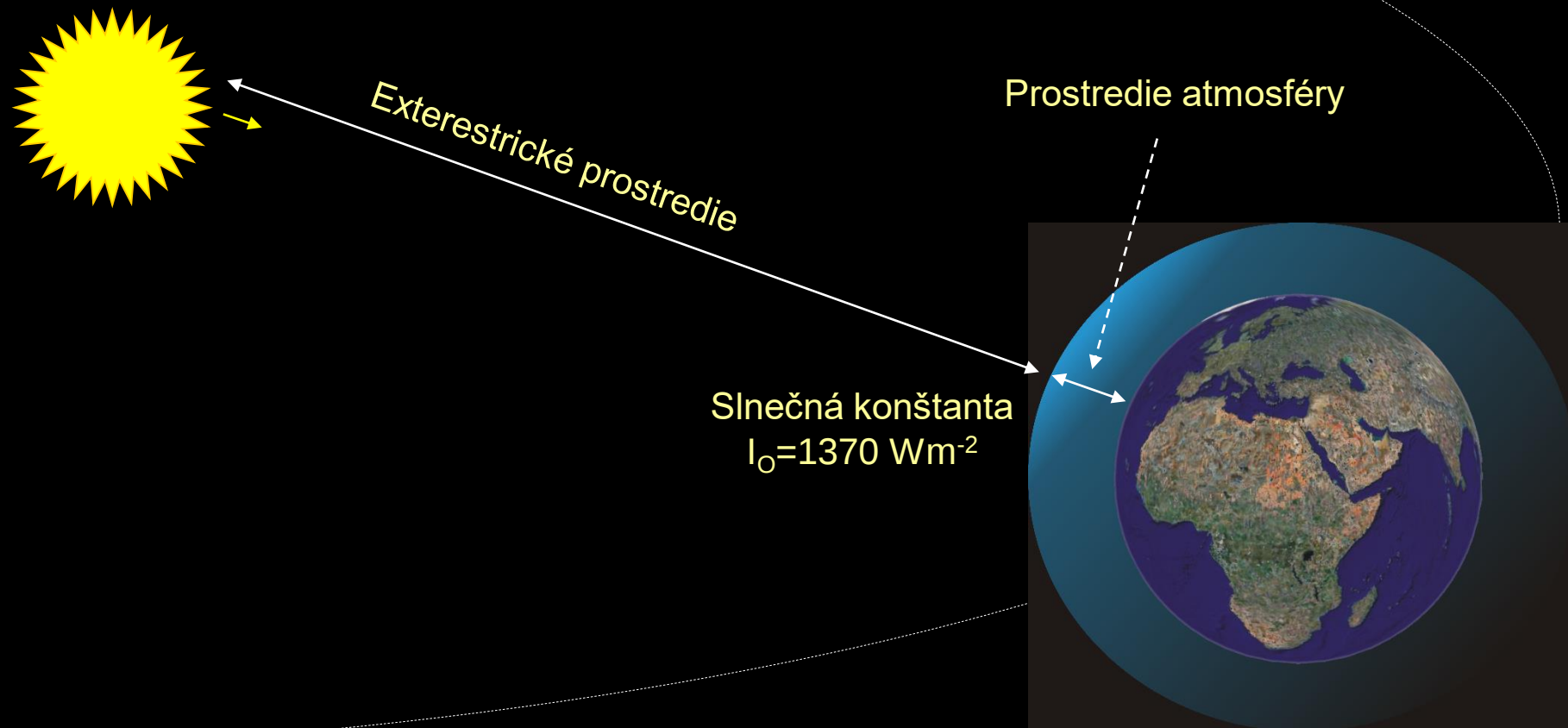
HOFIERKA, J., ŠÚRI, M. (2004): A New GIS-based Solar Radiation Model and Its Application to Photovoltaic Assessments, Transactions in GIS, Volume 8, Issue 2, Pages 175–190

Úvod do problematiky

- Kvantifikácia množstva slnečného žiarenia v ľubovoľnom bode krajinnej sféry je veľmi potrebné najmä pri modelovaní prírodných procesov alebo pri plánovaní konkrétnych ľudských aktivít
 - Príklady:
 - plánovanie a hodnotenie možností pestovania na slnko náročných poľnohospodárskych plodín
 - energetická bilancia obytných budov
 - fotovoltika a ohrev vody
- využívanie slnečného žiarenia je veľmi diskutovanou témou a má viacero aplikácií
- v posledných rokoch je to zpolitizovaná téma a súvisí s vyžívaním obnoviteľných zdrojov energie - štátne dotácie
- z pohľadu geoinformatiky - modelovanie slnečného žiarenia je príkladom komplexného, integrovaného geoinformatického výskumu s nutným previazaním fyzickogeografických a aj sociálno-ekonomických aspektov
- Stav riešenej problematiky – hlavná pozornosť sa doteraz koncentrovala na:
 - (i) odhad celkového energetického potenciálu slnečného žiarenia,
 - (ii) priestorovo-časová diferenciácii slnečného žiarenia
 - (iii) identifikácii vhodných lokalít (regiónov, plôch) pre inštaláciu systémov produkujúcich energiu zo slnečného žiarenia na rôznych mierkových úrovniach
- vývoj softvérových nástrojov a implementácia do GIS – rastrový a vektorový prístup
- vývoj nástrojov a technológií pre zber geopriestorových údajov = **zmena prístupu ku modelovaniu – výzvy pre nasledujúce obdobie**

Úvod do modelovania slnečného žiarenia

- dráha slnečného žiarenia



Úvod do modelovania slnečného žiarenia

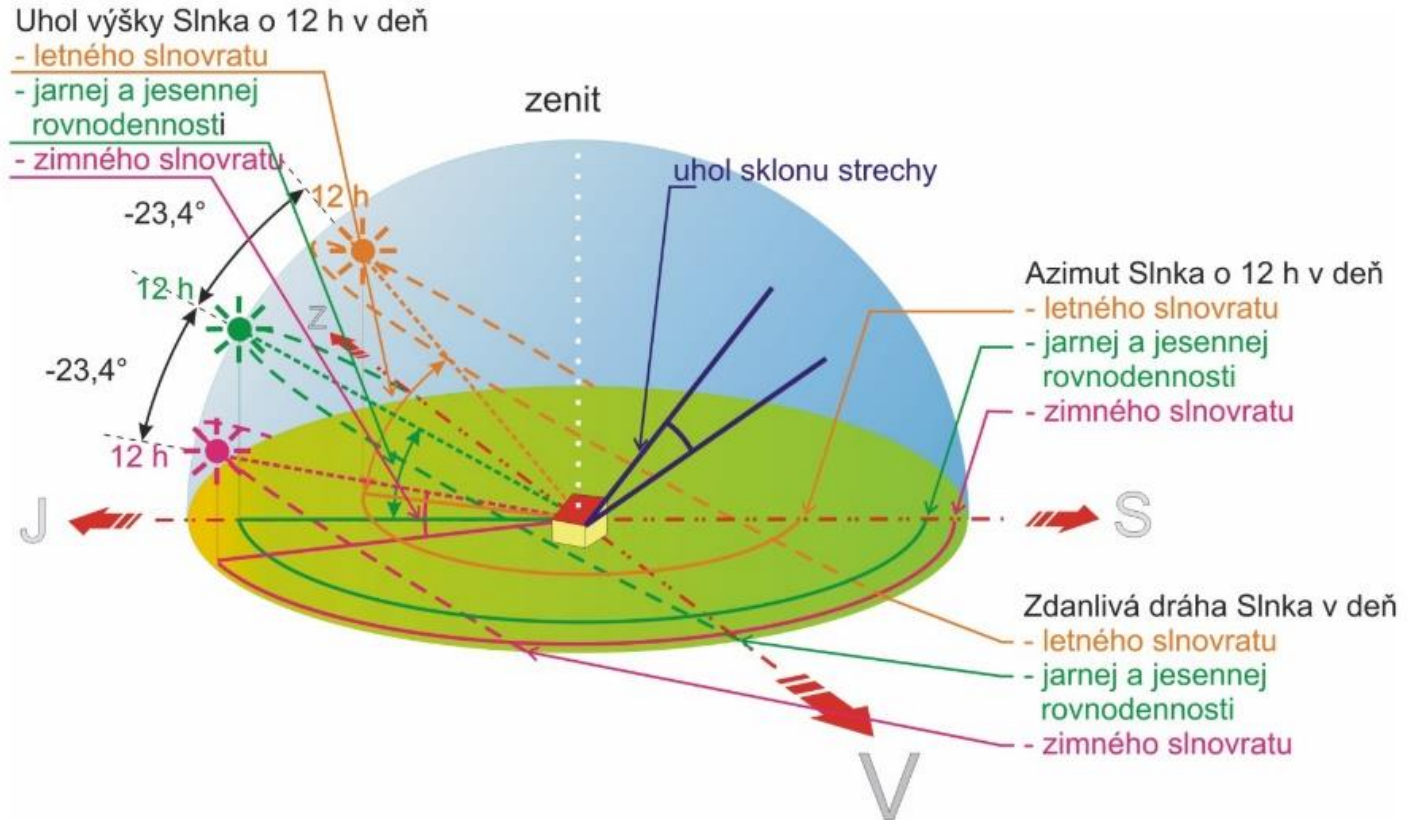
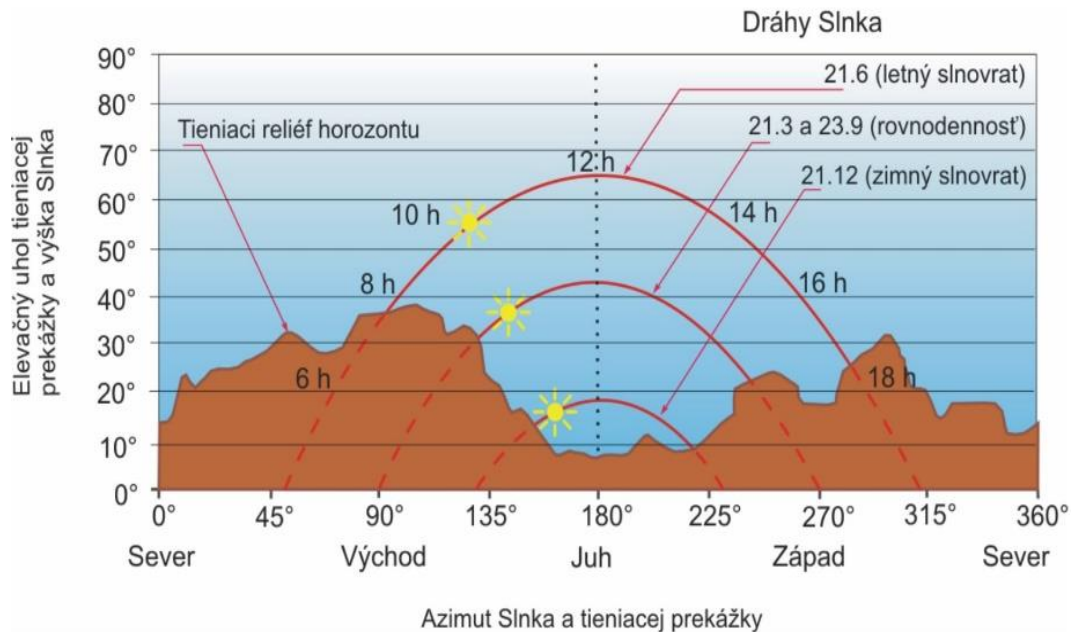
- princípy

1. Geocentrický prístup

2. Náhrada atmosféry priehľadnou pologuľou

Pri výpočte zdanlivej dráhy slnka sa zohľadňuje:

- „pohyb“ slnka počas roka
- „pohyb“ slnka počas dňa
- zatienenie okolitým terénom
(čas východu a západu slnka)



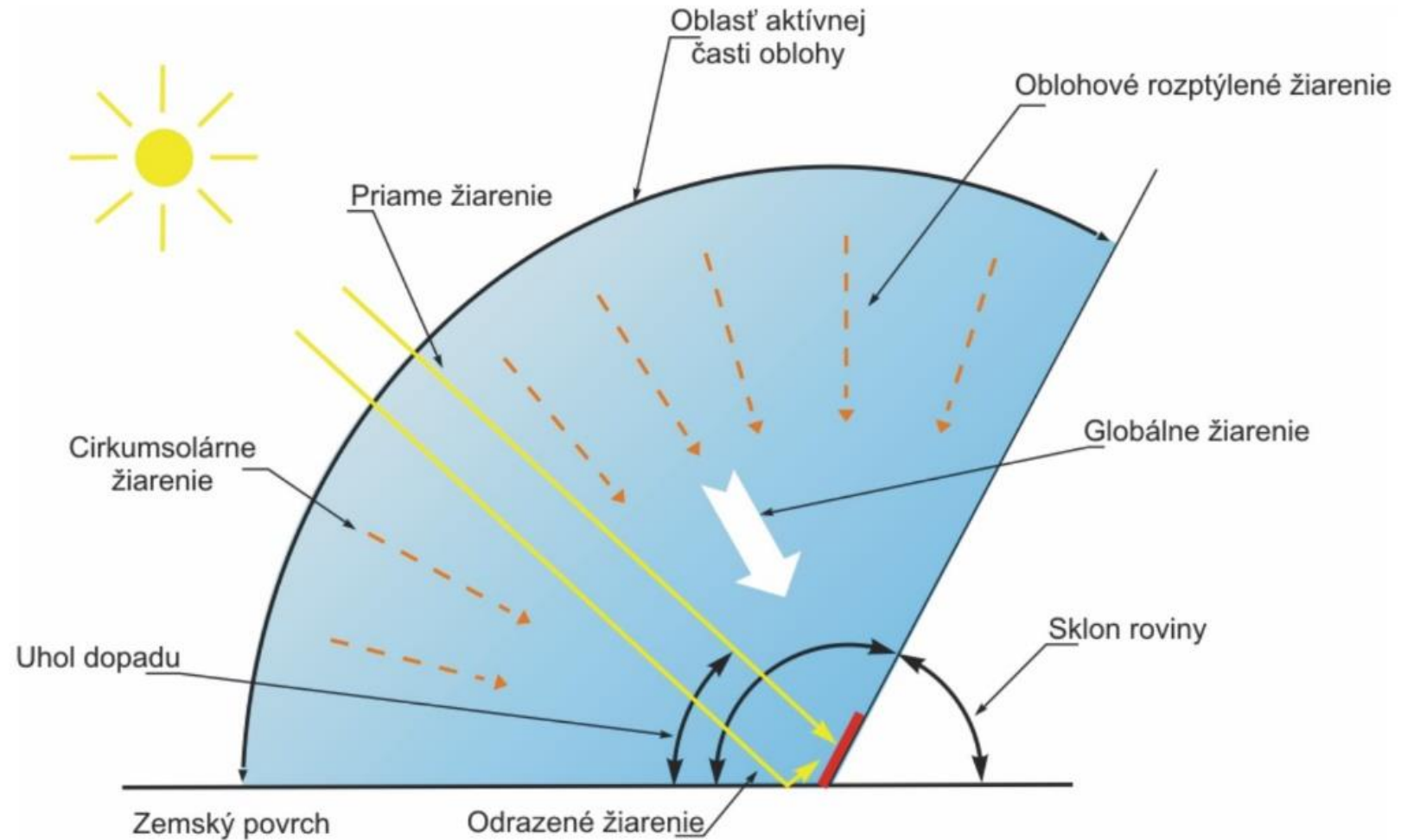
Úvod do modelovania slnečného žiarenia

- princípy

1. Geocentrický prístup
2. **Náhrada atmosféry priehľadnou poglobuľou**

Pri modelovaní prechodu slnečného lúča atmosférou sa zohľadňuje:

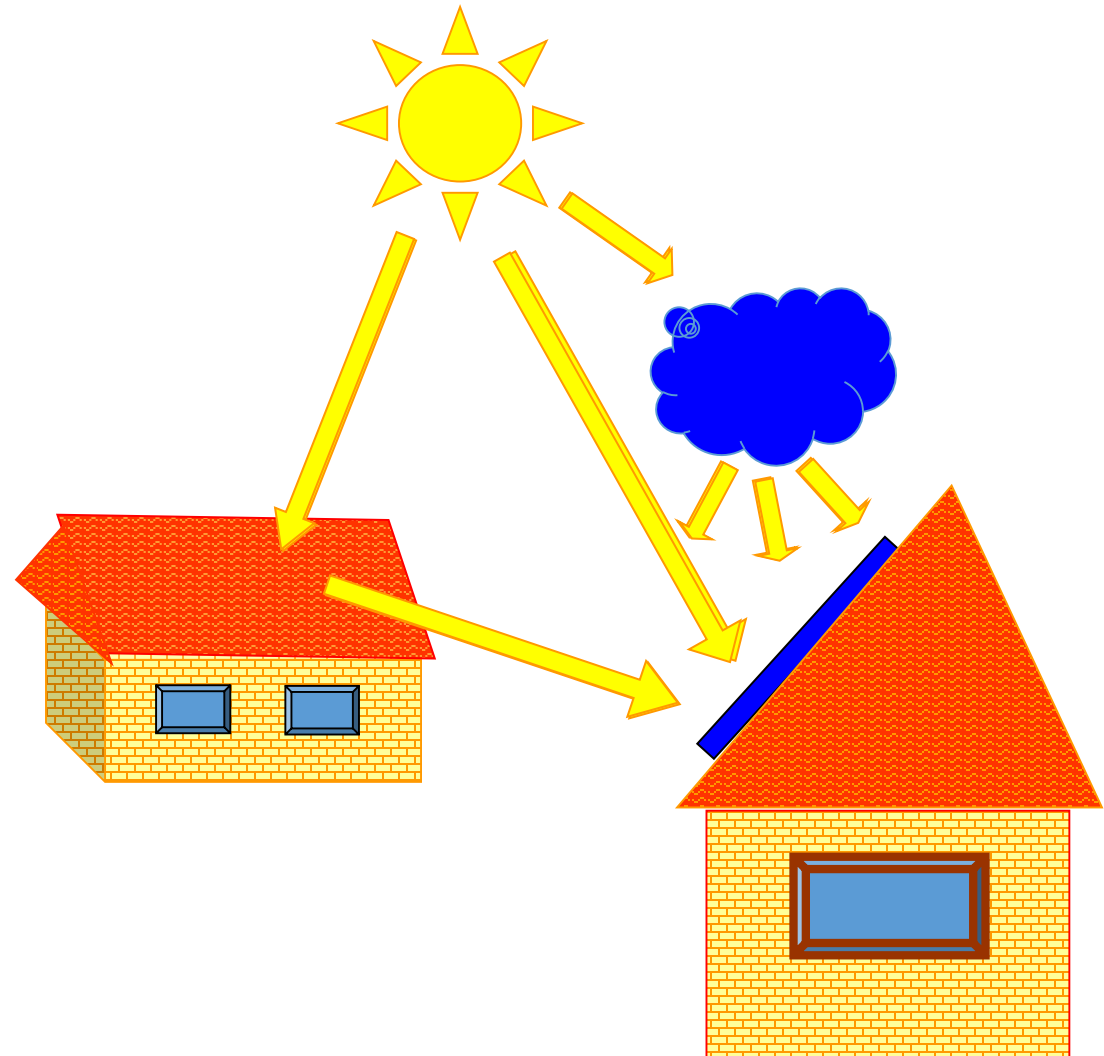
- a) fyzikálne vlastnosti atmosféry
- b) zložky slnečného žiarenia



Úvod do modelovania slnečného žiarenia

- zložky žiarenia

- priame žiarenie
- difúzne žiarenie
- odrazené žiarenie
- globálne (reálne) žiarenie



Úvod do modelovania slnečného žiarenia

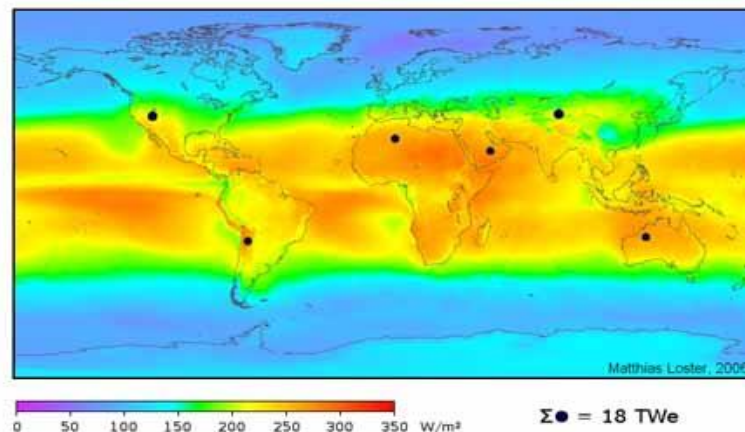
- Merná jednotka

- $[W/m^2]$ **okamžitá slnečnej ožiarenosť uvažovaného povrchu** (irradiance)
 - uhol dopadajúcich slnečných lúčov [stupne].
- $[Wh/m^2]$ **úhrn slnečného žiarenia** (irradiation)
 - trvanie slnečnej radiácie [minúty] podľa potrieb užívateľa pre určitý časový moment, alebo pre čas od východu Slnka až po západ
 - Príklady - Denný úhrn žiarenia, mesačný úhrn žiarenia, ročný úhrn žiarenia
 - Určujú sa aj priemery, napr. ročný priemer denných úhrnov, mesačný priemer denných úhrnov
 - Pri jednotkách je potrebné byť obozretný!

Variabilita slnečného žiarenia

- faktory

Geografická šírka



Morfometrické parametre

- nadmorská výška, orientácia, sklon

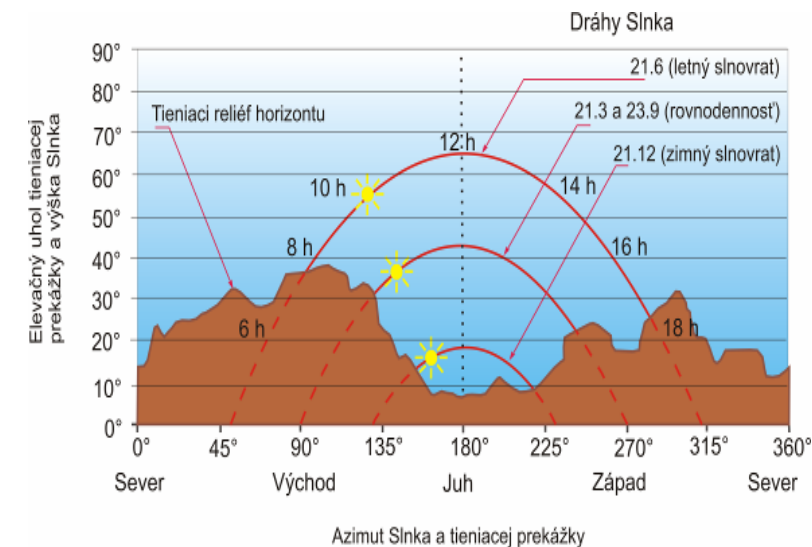


Lokálne podmienky

- budovy, strechy, steny, vegetácia ...

Atmosférické podmienky

- oblačnosť, atmosférický zákal, teplota ...



Modely umožňujúce automatizovaný výpočet

- Implementované v GIS-e

SolarFlux - Hetrick, Rich, Barnes, Weiss, 1993; Dubayah a Rich, 1995; Wong, Chow, 2001

Model SRAD - (Wilson a Gallant, 2000)

Model SOLEI pre GIS IDRISI – (Miklánek a Mészároš, 1993)

Solar Analyst pre ArcGIS – (Fu a Rich, 2000)

r.sun pre GRASS GIS – (Hofierka, 1997, Hofierka a Šúri, 2002)

v.sun pre GRASS GIS – (Hofierka a Zlocha, 2012)

Samostatné aplikácie

SAM (Blair, Dobos, Freeman, Neises, Wagner, Ferguson, Gilman, Janzou, 2014)

Solar3Dcity (Biljecki, Heuvelink, Ledoux, Stoter, 2015).

Modely umožňujúce automatizovaný výpočet

- Implementované v GIS-e

r.sun pre GRASS GIS – (Hofierka, 1997, Hofierka a Šúri, 2002)

v.sun pre GRASS GIS – (Hofierka a Zlocha, 2012)

Navrhnutý pre Open source GRASS GIS

- rastrový a vektorový údajový formát
- počíta priamu, odrazenú a difúznú zložku žiarenia
- dostatočne flexibilný
- pracuje v 2 režimoch

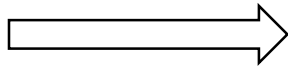
1. okamžité hodnoty žiarenia pre užívateľom definovaný časový moment
2. denné úhrny žiarenia



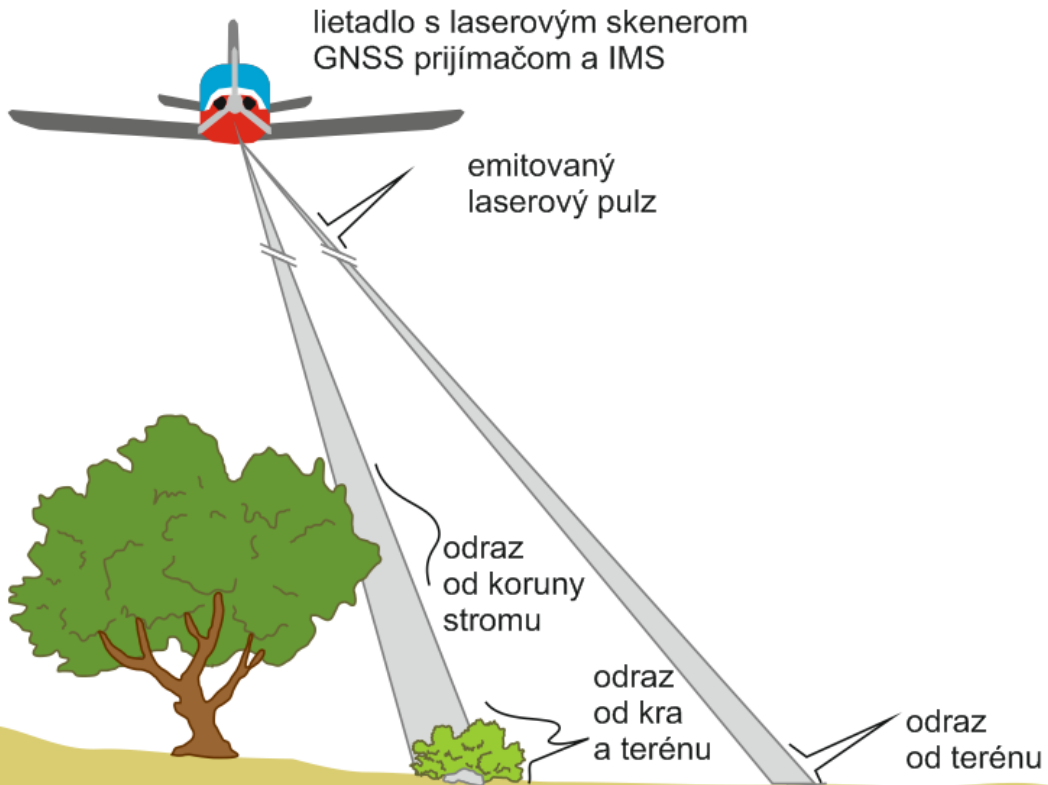
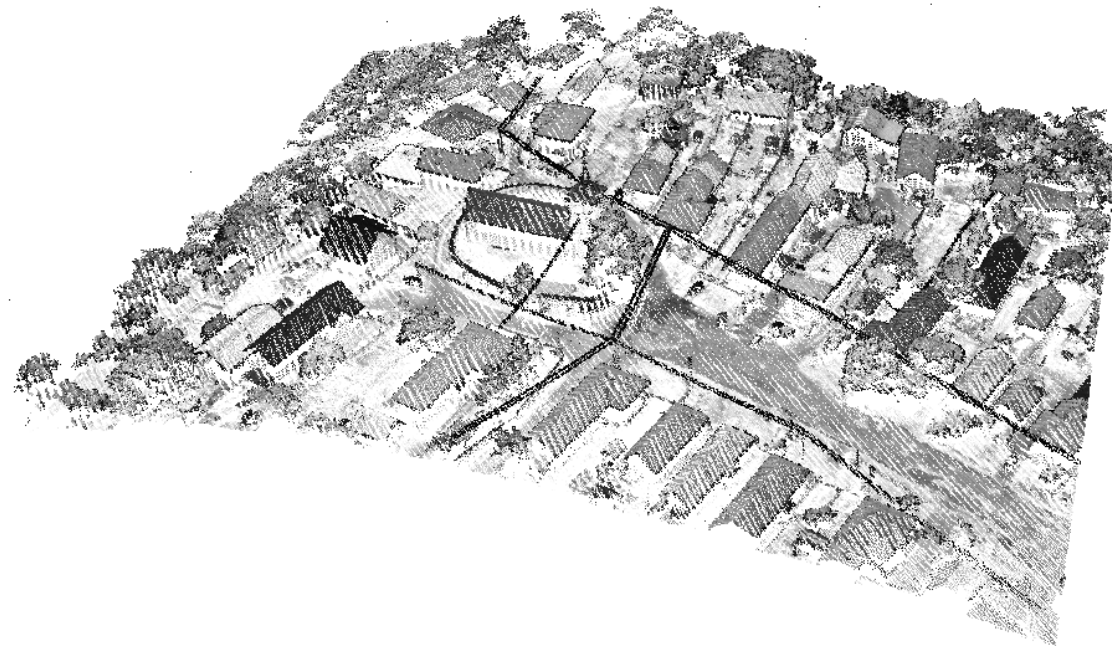
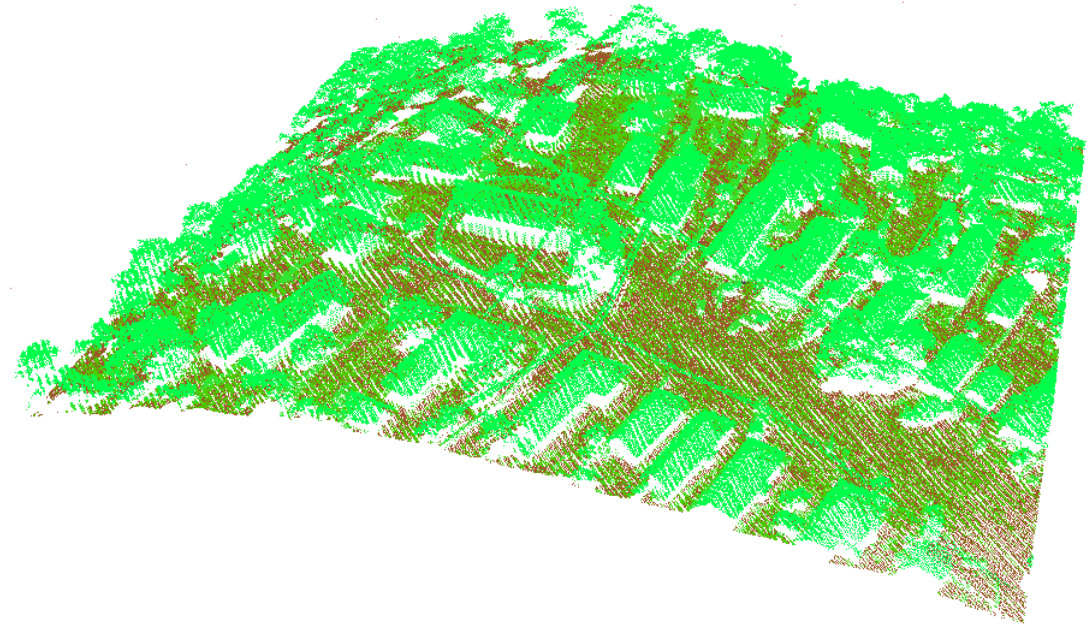
Priestorové dáta pre modelovanie slnečného žiarenia

1. Geografická poloha
2. Reliéf
3. Atmosférické podmienky
4. Lokálne podmienky

Laserové skenovanie



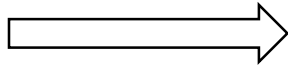
Mračno bodov



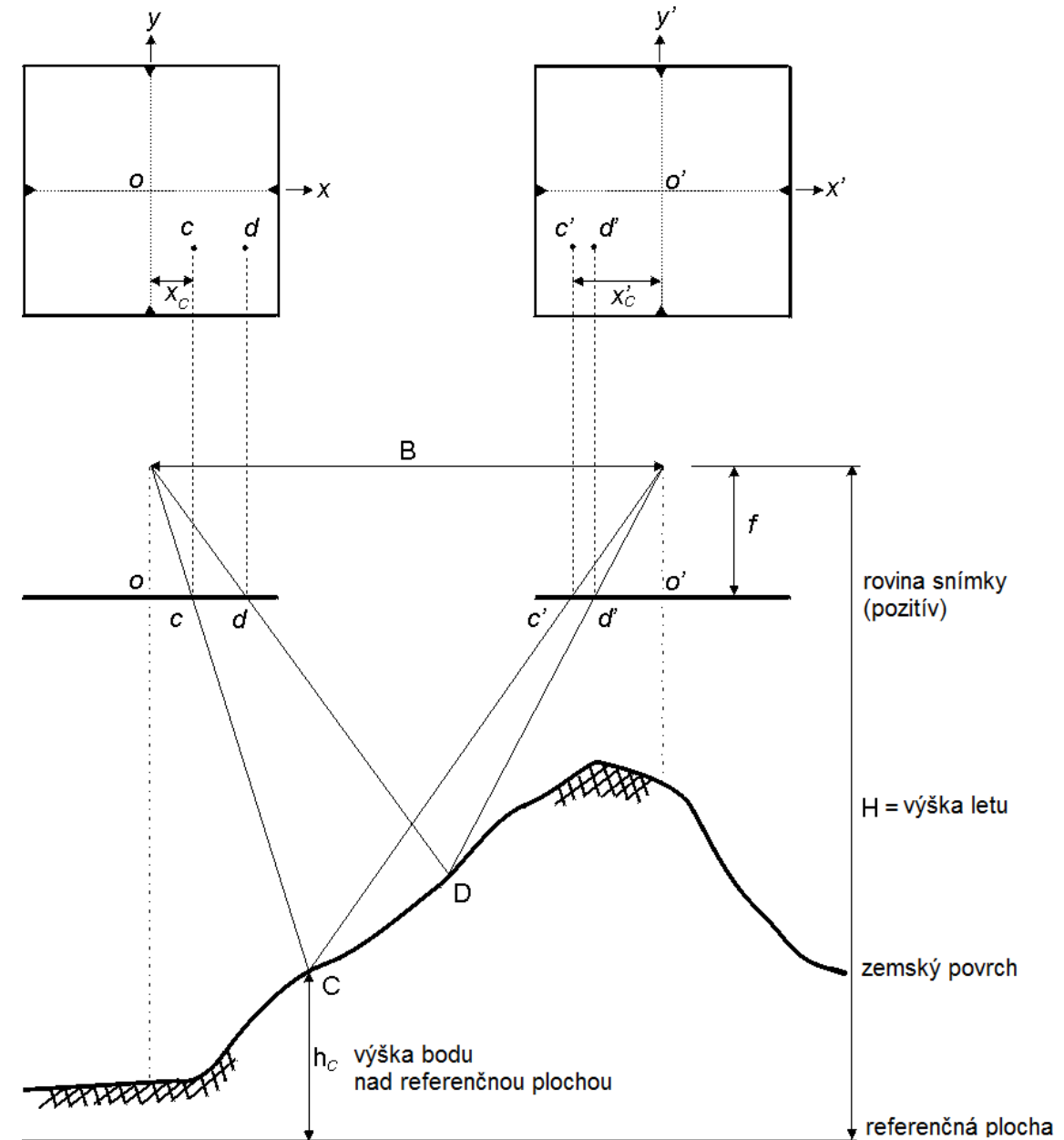
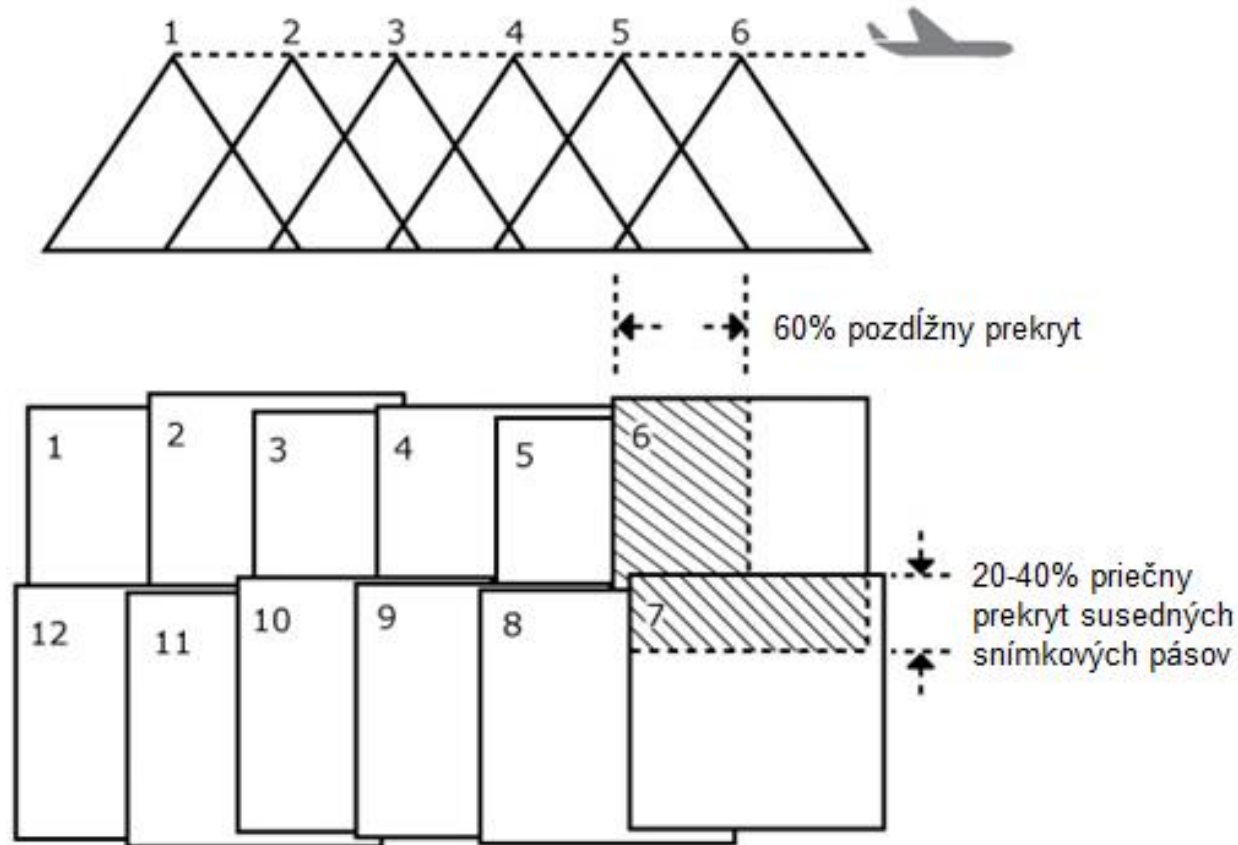
Priestorové dáta pre modelovanie slnečného žiarenia

1. Geografická poloha
2. Reliéf
3. Atmosférické podmienky
4. Lokálne podmienky

Digitálna fotogrametria



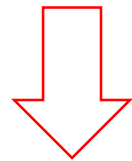
Mračno bodov
Ortofotomapa



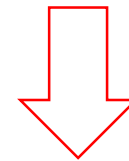
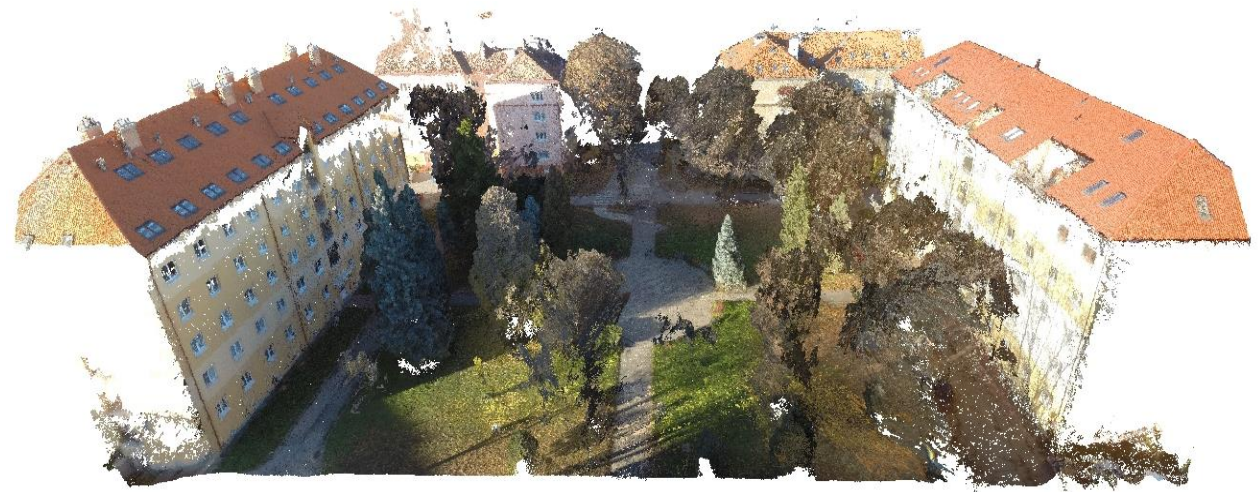
Priestorové dáta pre modelovanie slnečného žiarenia

1. Geografická poloha
2. Reliéf
3. Atmosférické podmienky
4. Lokálne podmienky

Laserové skenovanie



Digitálna fotogrametria

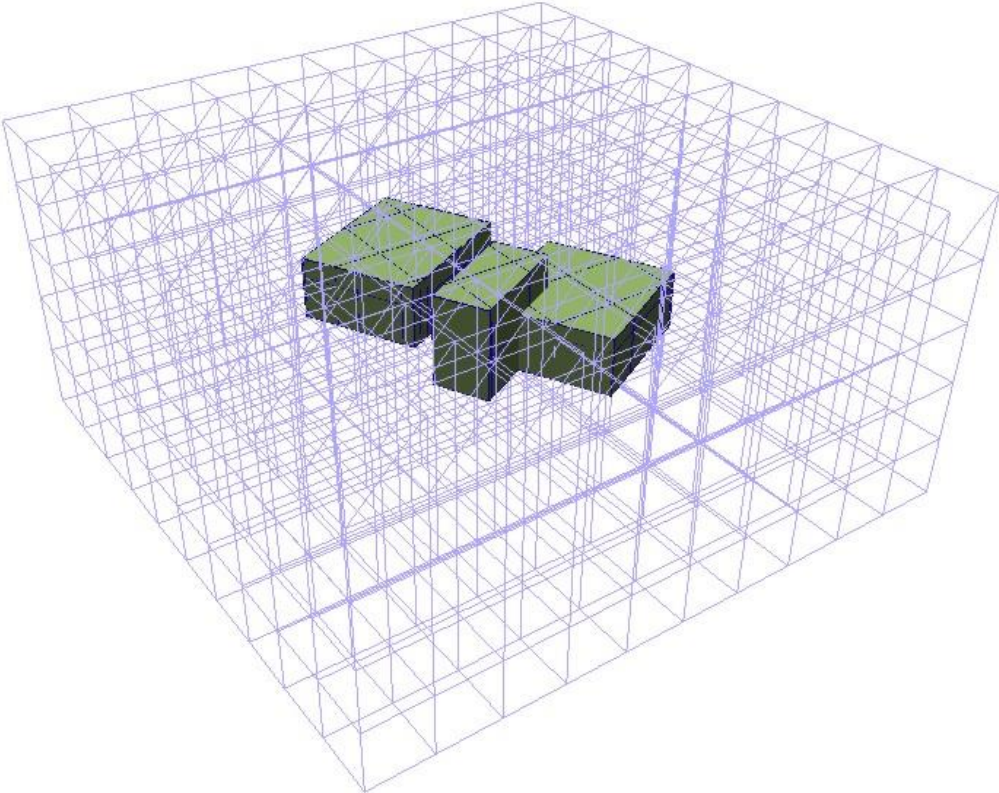


**Modely krajiny vo vysokom priestorovom a časovom rozlíšení
reprezentujúce komplexnú geometrickú štruktúru krajiny**

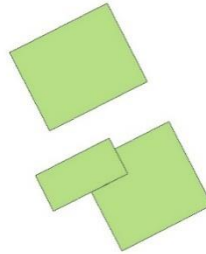
v.sun

- Ide o voxelovo-vektorový prístup
- V prvom kroku je kontrolovaná topológia vektorových objektov – vysoké nároky na tvorbu objektov
- V ďalšom kroku dochádza ku tvorbe virtuálnych voxelov, na základe ktorých dochádza ku segmentácii polygónov podľa voxelovej mriežky
- Novovzniknutým polygónom sa určia vektory normál stien polygónov
- Pre novovzniknuté polygóny sa počíta množstvo dopadajúceho slnečného žiarenia
- Čiastočne implementovaný do GRASS-u

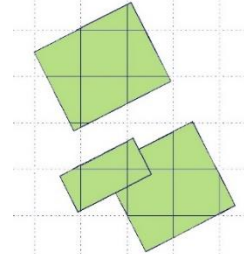
voxelizácia



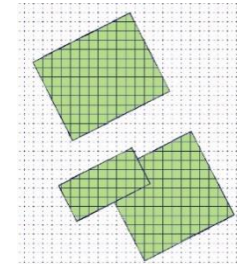
original



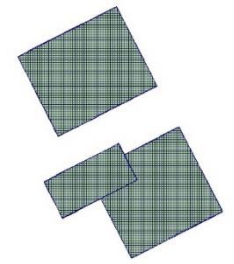
5-m



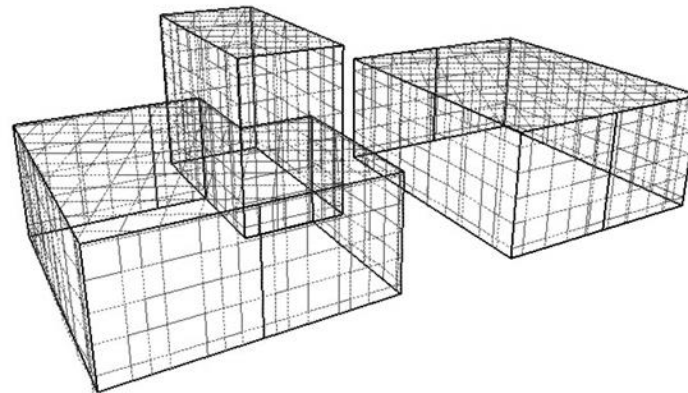
1-m



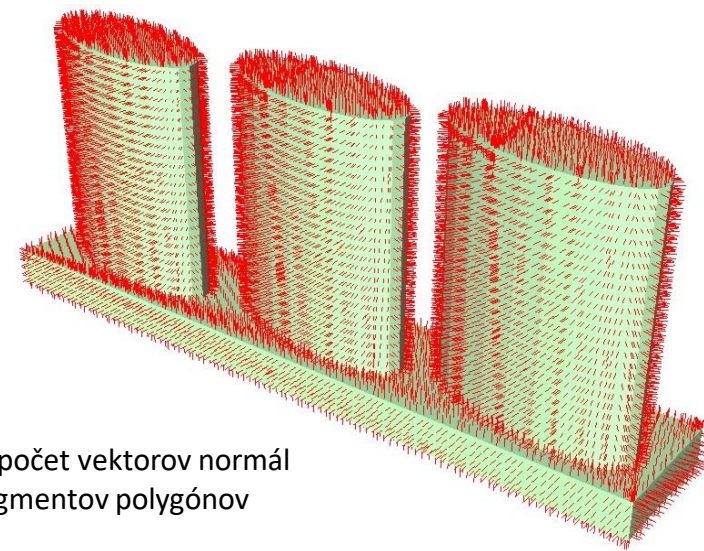
0.25m



Segmentácia polygónov podľa voxelovej mriežky

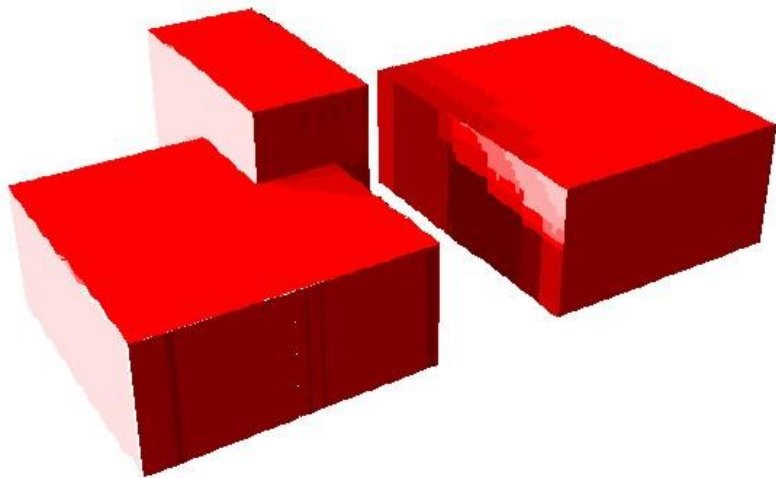


Výpočet vektorov normál segmentov polygónov

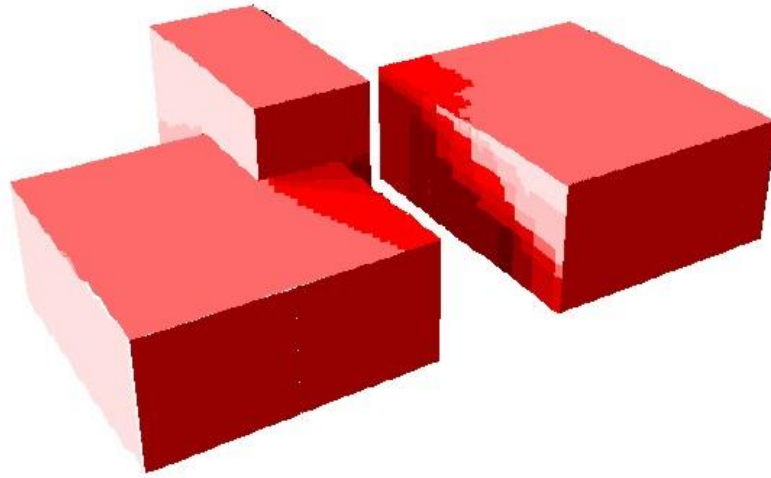


v.sun

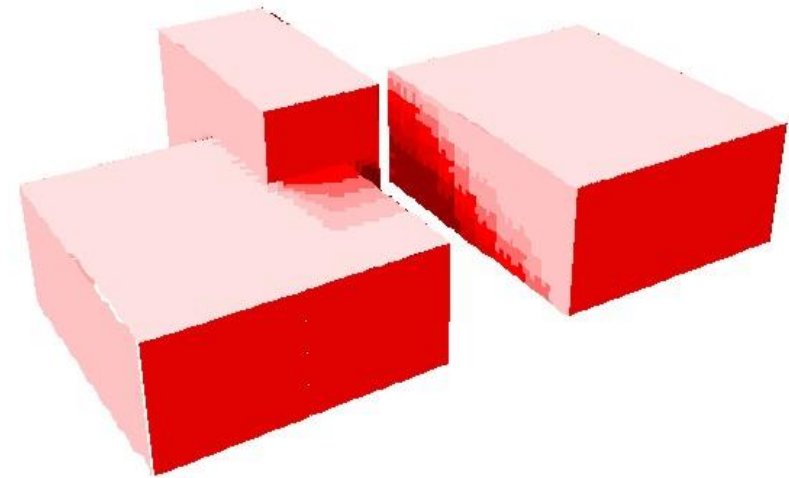
- Výsledok
- Efekt zatienenia počas roka
- Rozlíšenie rastra 0,25 m, 1-hodinový časový krok



10. deň



50. deň



90. deň

r.sun

- Pracuje s rastrovými datami
- Syntax příkazu



NAME

r.sun - Solar irradiance and irradiation model.

Computes direct (beam), diffuse and reflected solar irradiation raster maps for given day, latitude, surface and atmospheric conditions. Solar parameters (e.g. sunrise, sunset times, declination, extraterrestrial irradiance, daylight length) are saved in the map history file. Alternatively, a local time can be specified to compute solar incidence angle and/or irradiance raster maps. The shadowing effect of the topography is optionally incorporated.

KEYWORDS

[raster](#), [solar](#), [sun energy](#), [shadow](#)

SYNOPSIS

r.sun

r.sun --help

r.sun [-pm] **elevation**=string [**aspect**=string] [**aspect_value**=float] [**slope**=string] [**slope_value**=float] [**linke**=string] [**linke_value**=float] [**albedo**=string] [**albedo_value**=float] [**lat**=string] [**long**=string] [**coeff_bh**=string] [**coeff_dh**=string] [**horizon_basename**=basename] [**horizon_step**=float] [**incidout**=string] [**beam_rad**=string] [**diff_rad**=string] [**refl_rad**=string] [**glob_rad**=string] [**insol_time**=string] **day**=integer [**step**=float] [**declination**=float] [**time**=float] [**nprocs**=integer] [**distance_step**=float] [**npartitions**=integer] [**civil_time**=float] [--overwrite] [--help] [--verbose] [--quiet] [--ui]

r.sun

- vstupné parametre

Parameters:

elevation=string [required]

Name of the input elevation raster map [meters]

aspect=string

Name of the input aspect map (terrain aspect or azimuth of the solar panel) [decimal degrees]

aspect_value=float

A single value of the orientation (aspect), 270 is south

Default: 270

slope=string

Name of the input slope raster map (terrain slope or solar panel inclination) [decimal degrees]

slope_value=float

A single value of inclination (slope)

Default: 0.0

linke=string

Name of the Linke atmospheric turbidity coefficient input raster map [-]

linke_value=float

A single value of the Linke atmospheric turbidity coefficient [-]

Default: 3.0

albedo=string

Name of the ground albedo coefficient input raster map [-]

albedo_value=float

A single value of the ground albedo coefficient [-]

Default: 0.2

lat=string

Name of input raster map containing latitudes [decimal degrees]

long=string

Name of input raster map containing longitudes [decimal degrees]

coeff_bh=string

Name of real-sky beam radiation coefficient (thick cloud) input raster map [0-1]

coeff_dh=string

Name of real-sky diffuse radiation coefficient (haze) input raster map [0-1]

horizon_basename=basename

The horizon information input map basename

horizon_step=float

Angle step size for multidirectional horizon [degrees]

incidout=string

Output incidence angle raster map (mode 1 only)

beam_rad=string

Output beam irradiance [W.m-2] (mode 1) or irradiation raster map [Wh.m-2.day-1] (mode 2)

diff_rad=string

Output diffuse irradiance [W.m-2] (mode 1) or irradiation raster map [Wh.m-2.day-1] (mode 2)

refl_rad=string

Output ground reflected irradiance [W.m-2] (mode 1) or irradiation raster map [Wh.m-2.day-1] (mode 2)

glob_rad=string

Output global (total) irradiance/irradiation [W.m-2] (mode 1) or irradiance/irradiation raster map [Wh.m-2.day-1] (mode 2)

insol_time=string

Output insolation time raster map [h] (mode 2 only)

day=integer [required]

No. of day of the year (1-365)

Options: 1-365

step=float

Time step when computing all-day radiation sums [decimal hours]

Default: 0.5

declination=float

Declination value (overriding the internally computed value) [radians]

time=float

Local (solar) time (to be set for mode 1 only) [decimal hours]

Options: 0-24

nprocs=integer

Number of threads which will be used for parallel computing

Options: 1-1000

Default: 1

distance_step=float

Sampling distance step coefficient (0.5-1.5)

Default: 1.0

npartitions=integer

Read the input files in this number of chunks

Default: 1

civil_time=float

Civil time zone value, if none, the time will be local solar time

Silné a slabé stránky

r.sun

Navrhnutý pre výpočet energie z dopadajúceho slnečného žiarenia pre reliéf



efektívnosť výpočtu
vhodný pre stredne veľké a globálne regióny



neschopnosť vyjadriť geometricky zložité objekty,
napr. budovy, vegetáciu ...

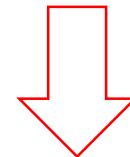
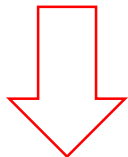
v.sun

Navrhnutý pre výpočet energie z dopadajúceho slnečného žiarenia pre budovy

je schopný robiť výpočet aj pre kolmé steny

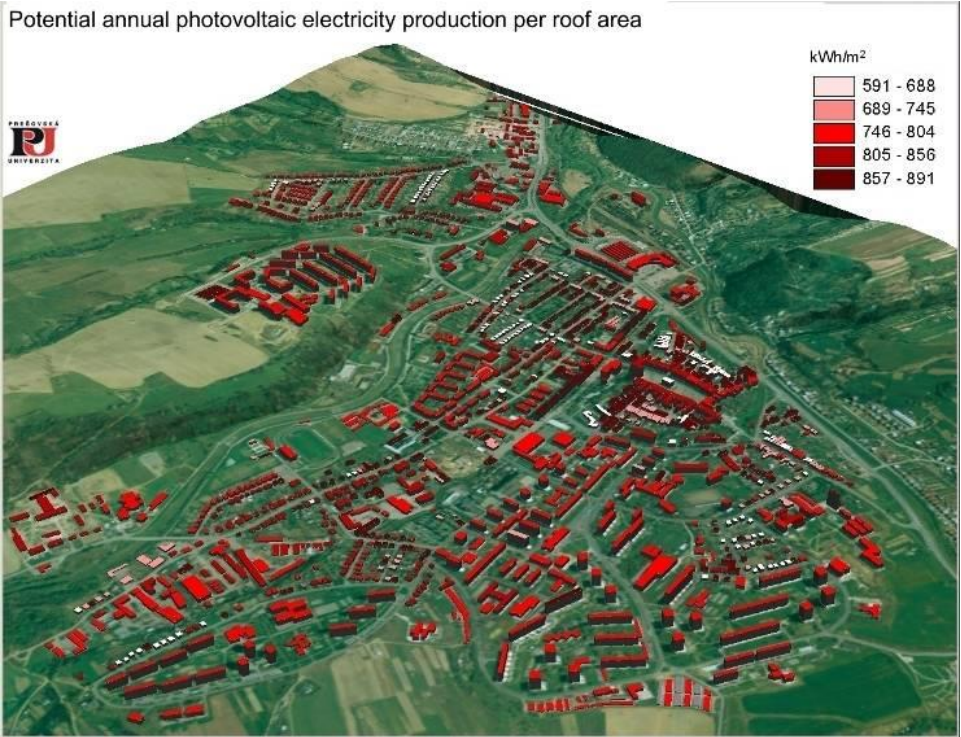
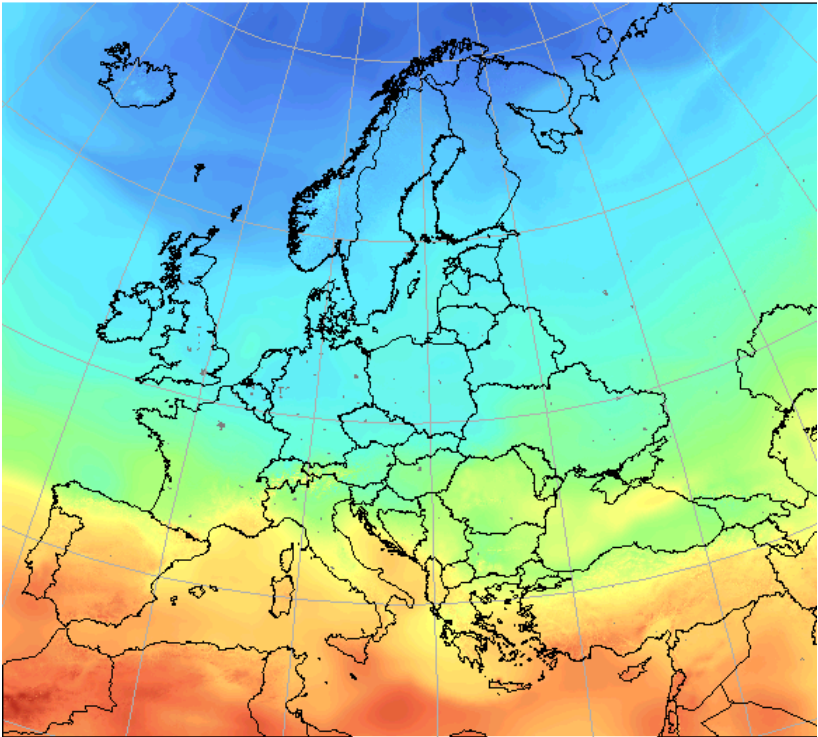
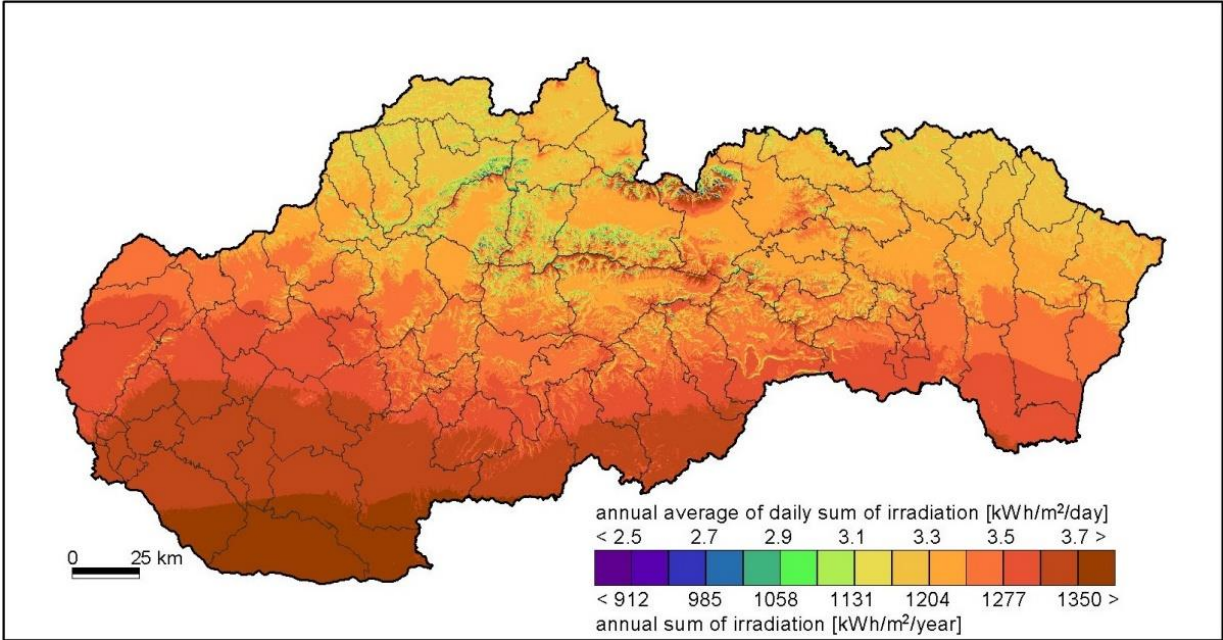
nezohľadňuje sa vplyv reliéfu
komplikovaný spôsob kontroly topológie polygónov

nie je zabezpečená integrácia
– buď je modelovaný reliéf alebo budovy



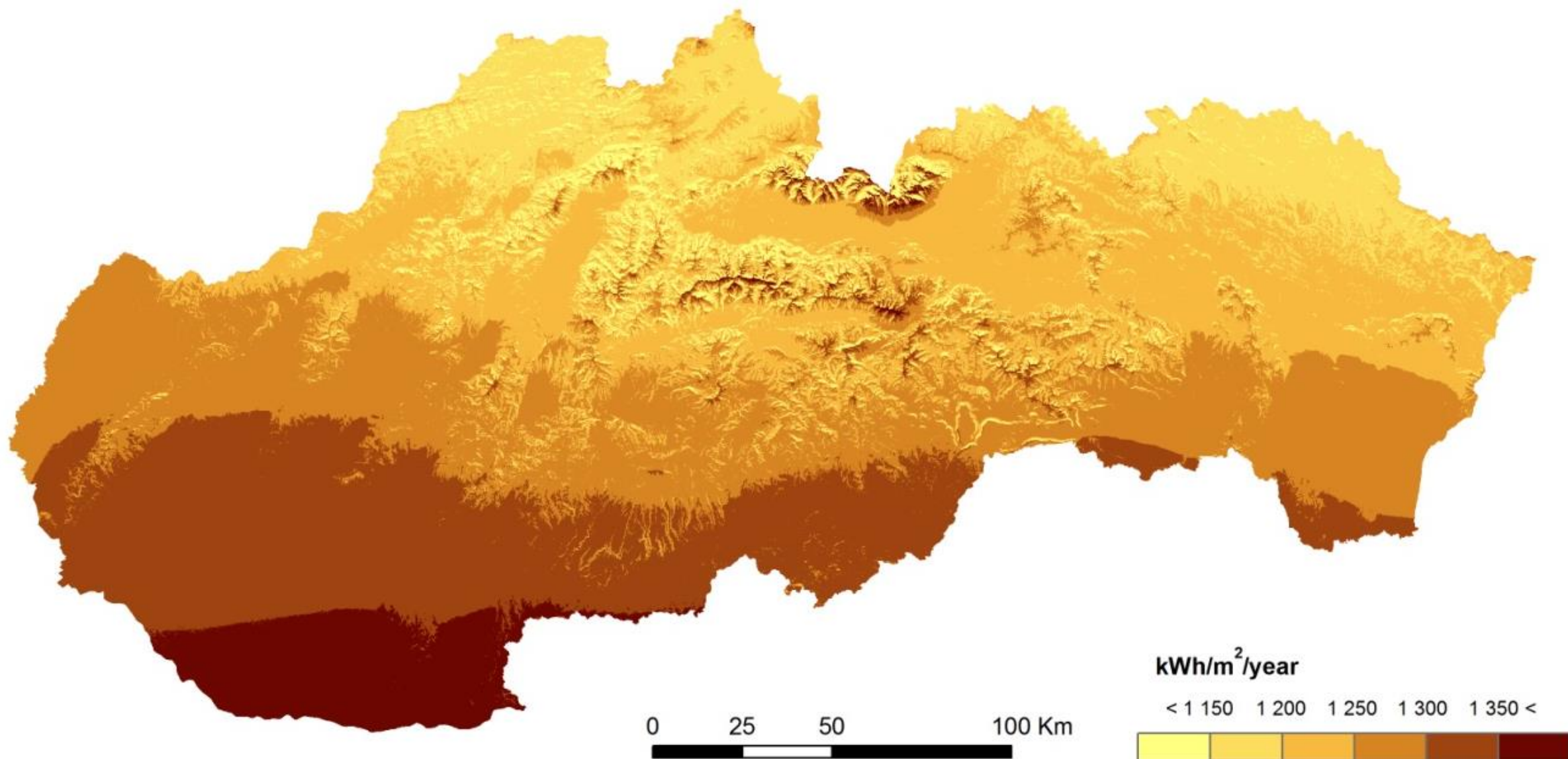
Nutnosť zmeny prístupu ku reprezentácii krajiny

Výsledky modelovania
- Rôzne rozlišovacie úrovne



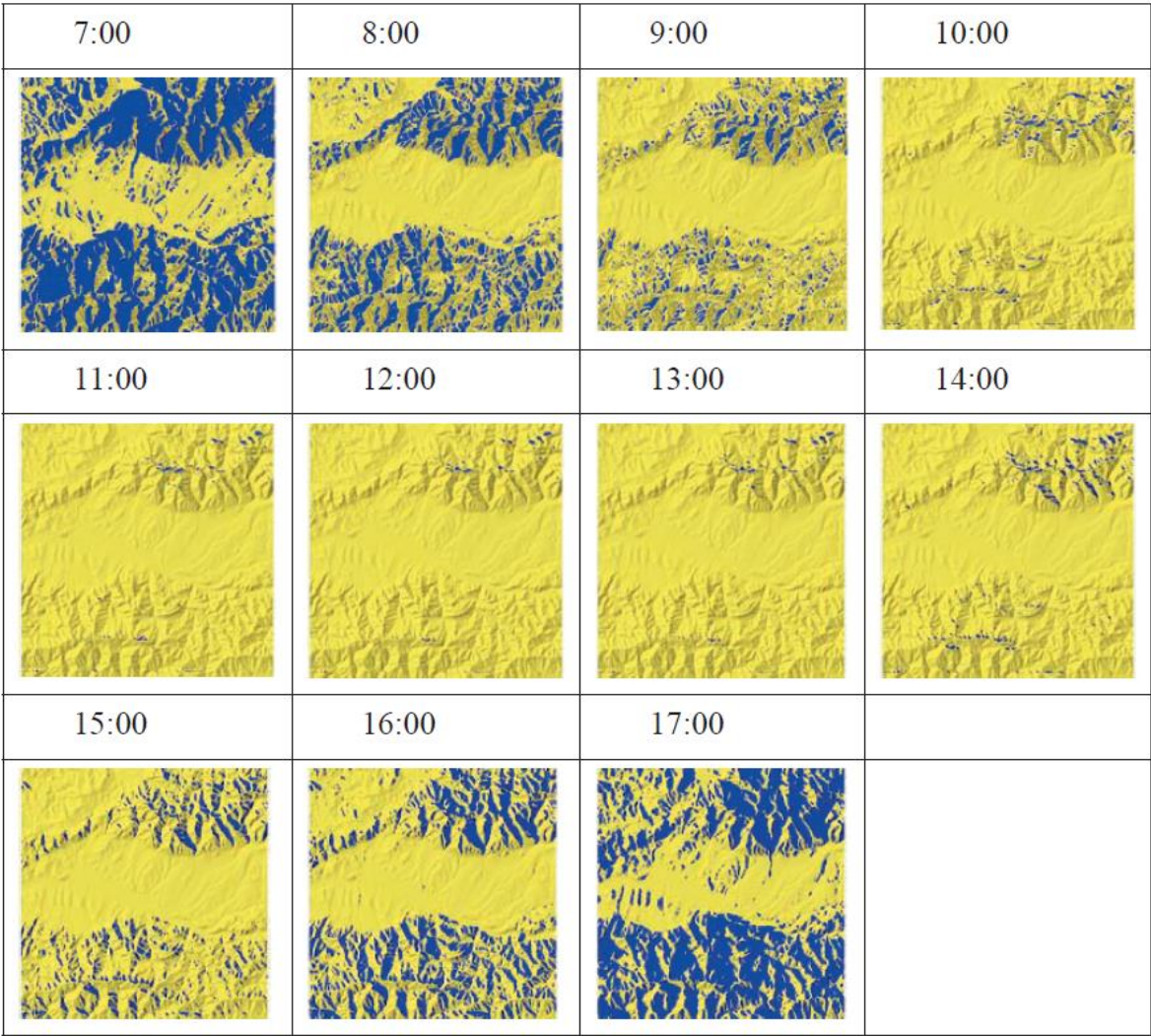
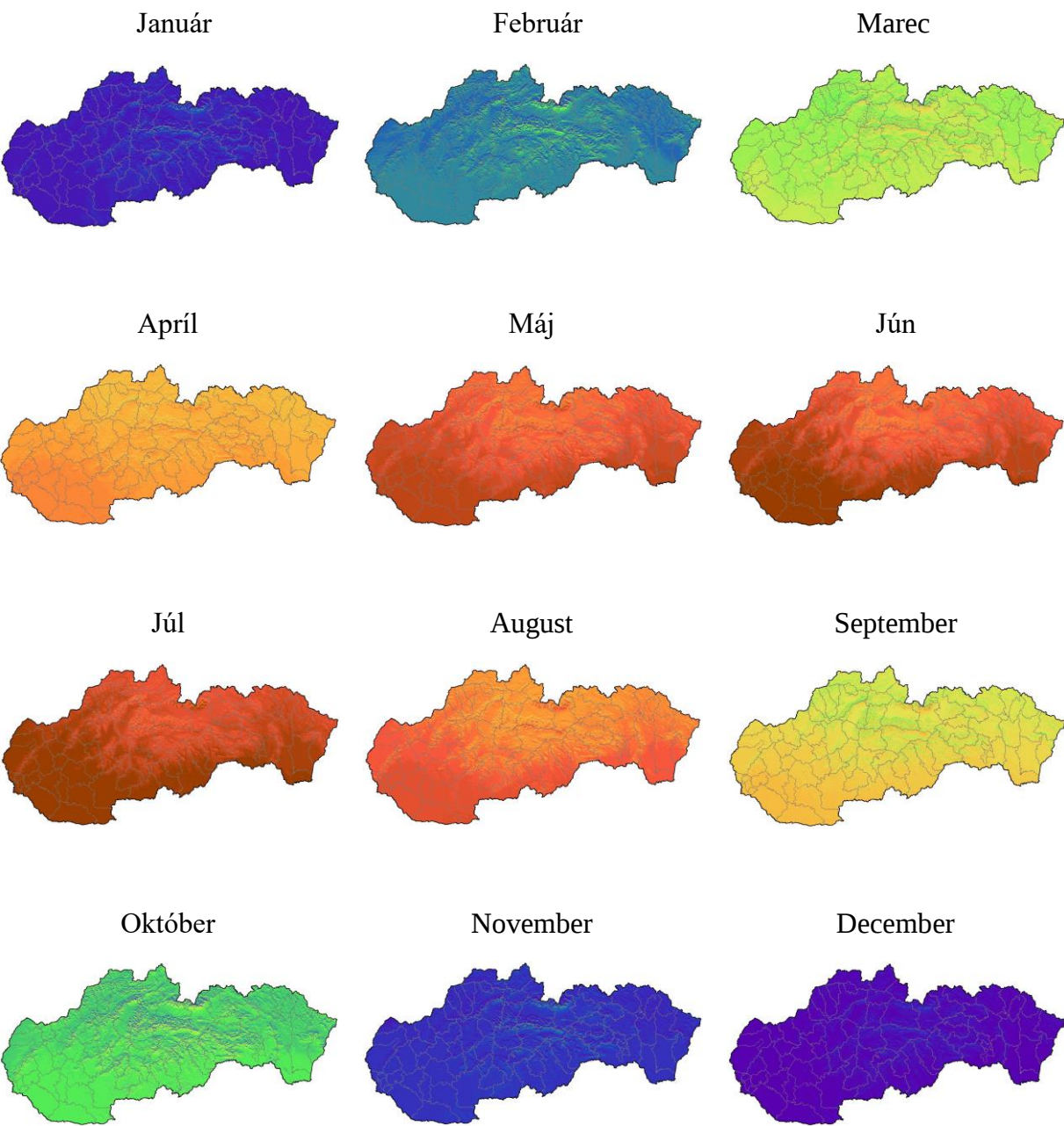
Mezoregionálna úroveň

úhrn globálneho žiarenia na reliéf



Mezoregionálna úroveň

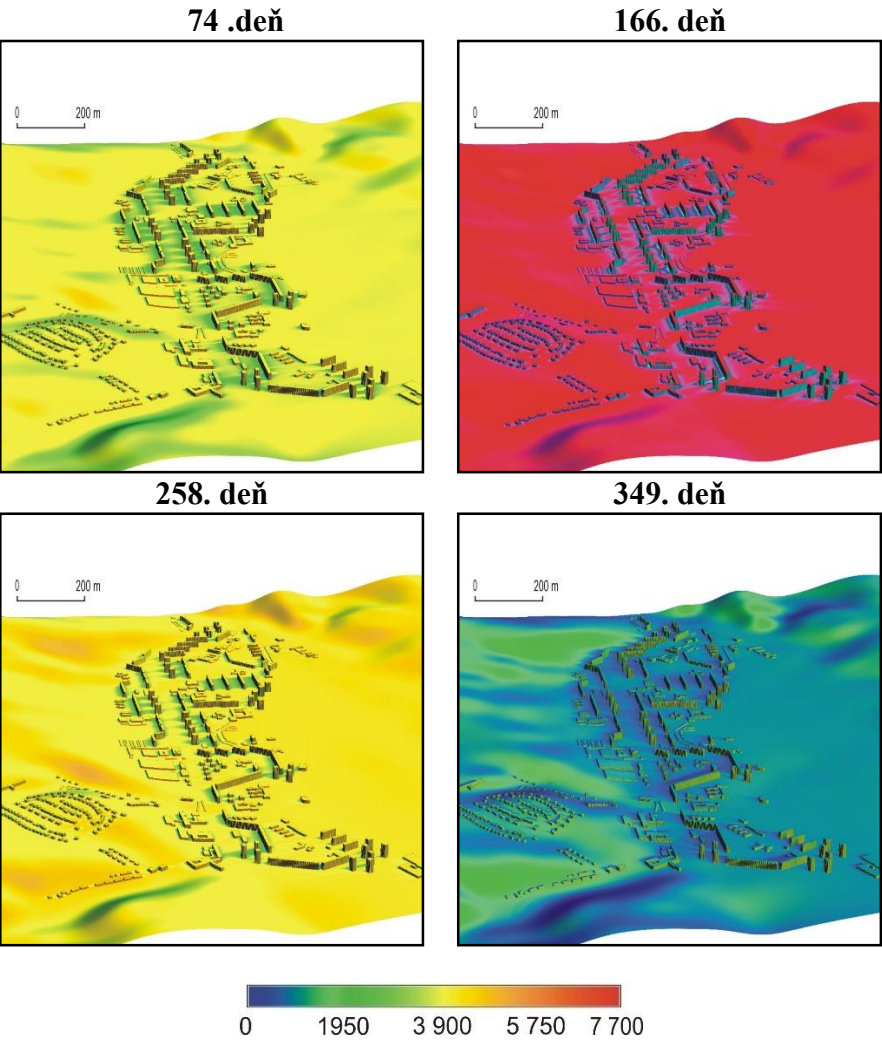
Diferenciácie globálneho úhrnu žiarenia na reliéf v čase



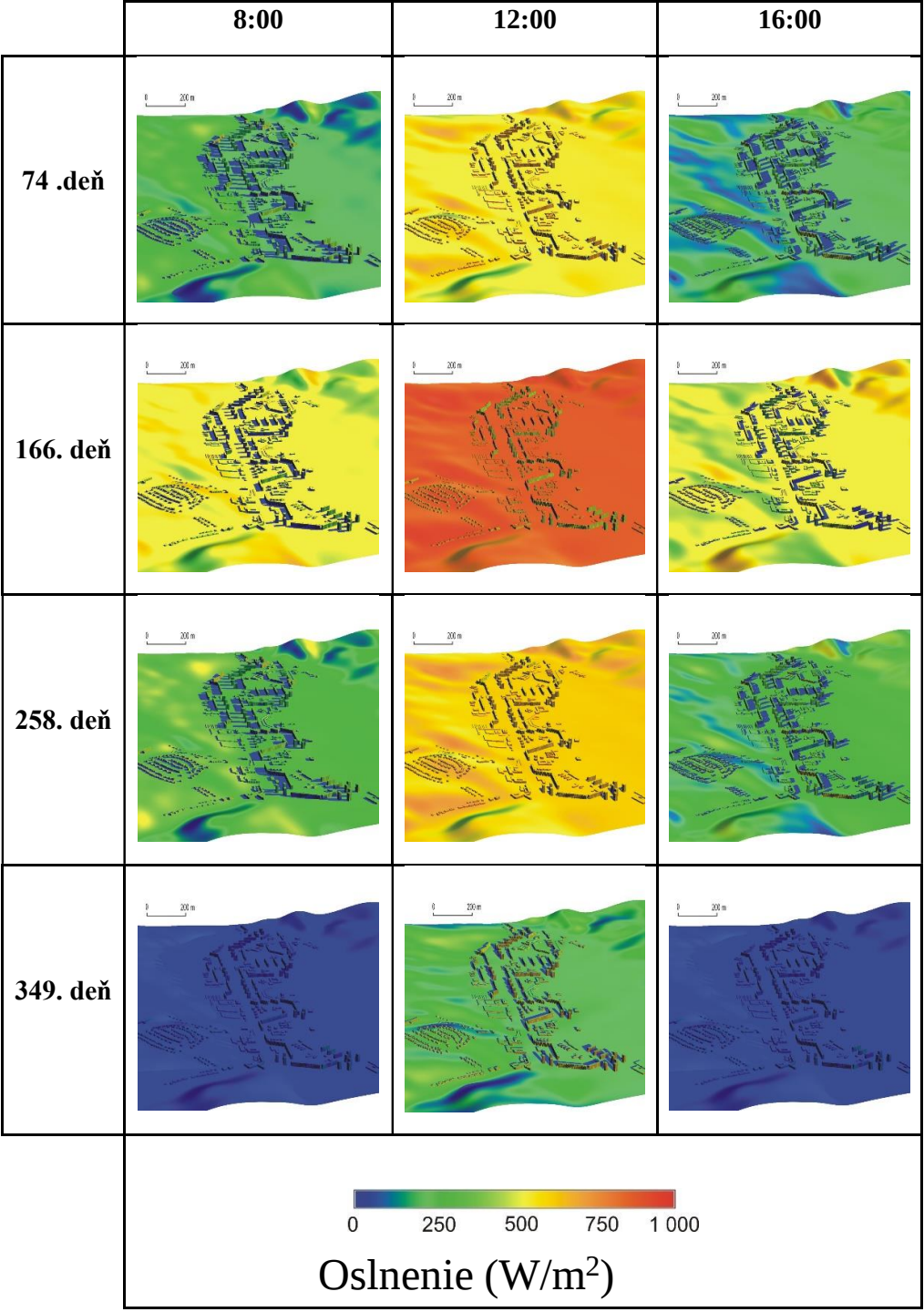
Priemerný denný úhrn žiarenia (kWh/m²/deň)



Mikroregionálna úroveň



Denný úhrn priameho žiarenia (Wh/m²)



Mikroregionálna úroveň

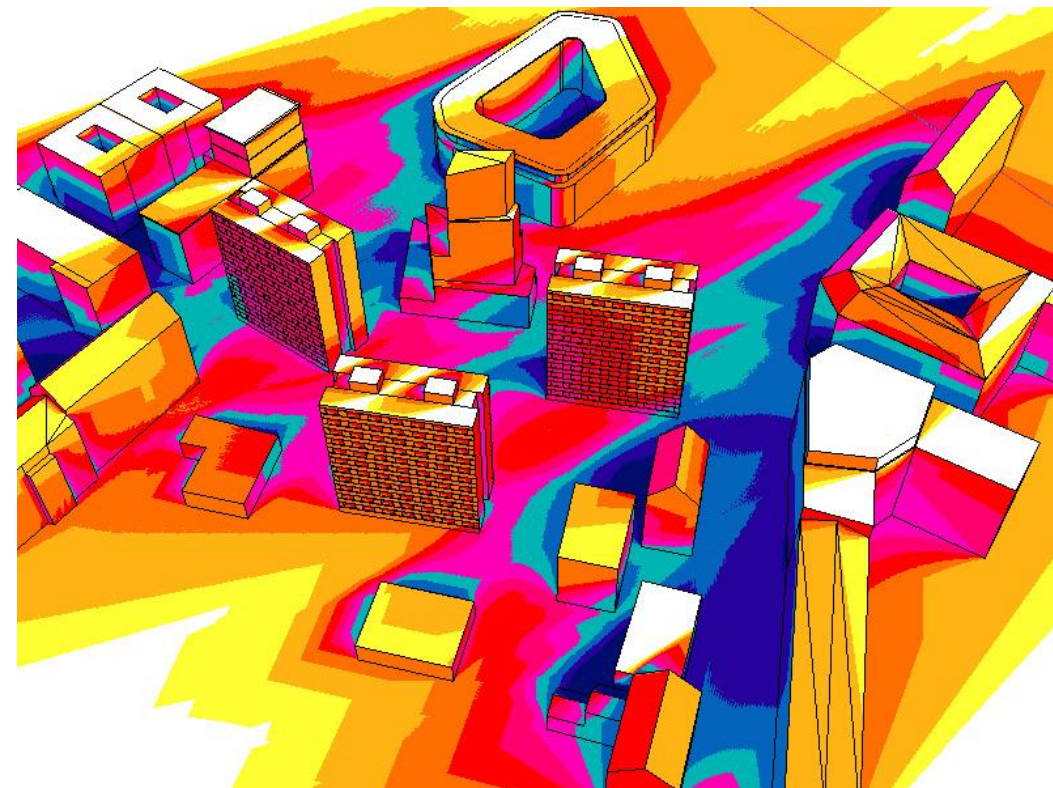
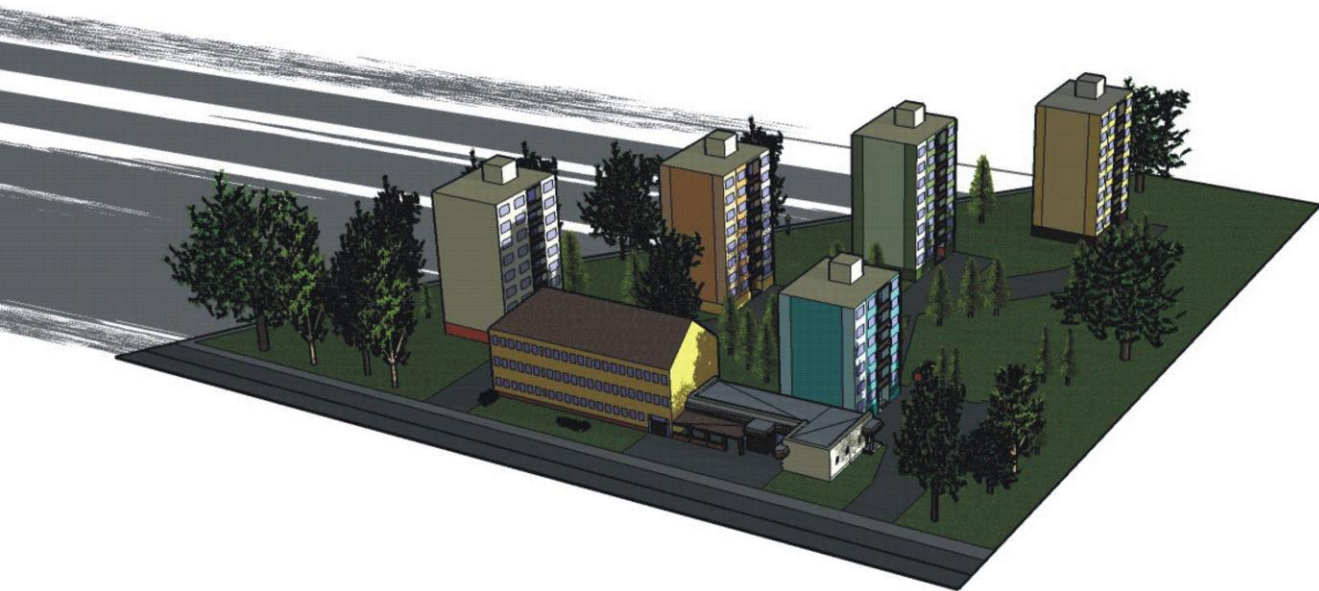
Hodnotenie potenciálu pre umiestnenie fotovoltaických panelov na strechách budov

Väzby na morfológicko-funkčné zóny mesta



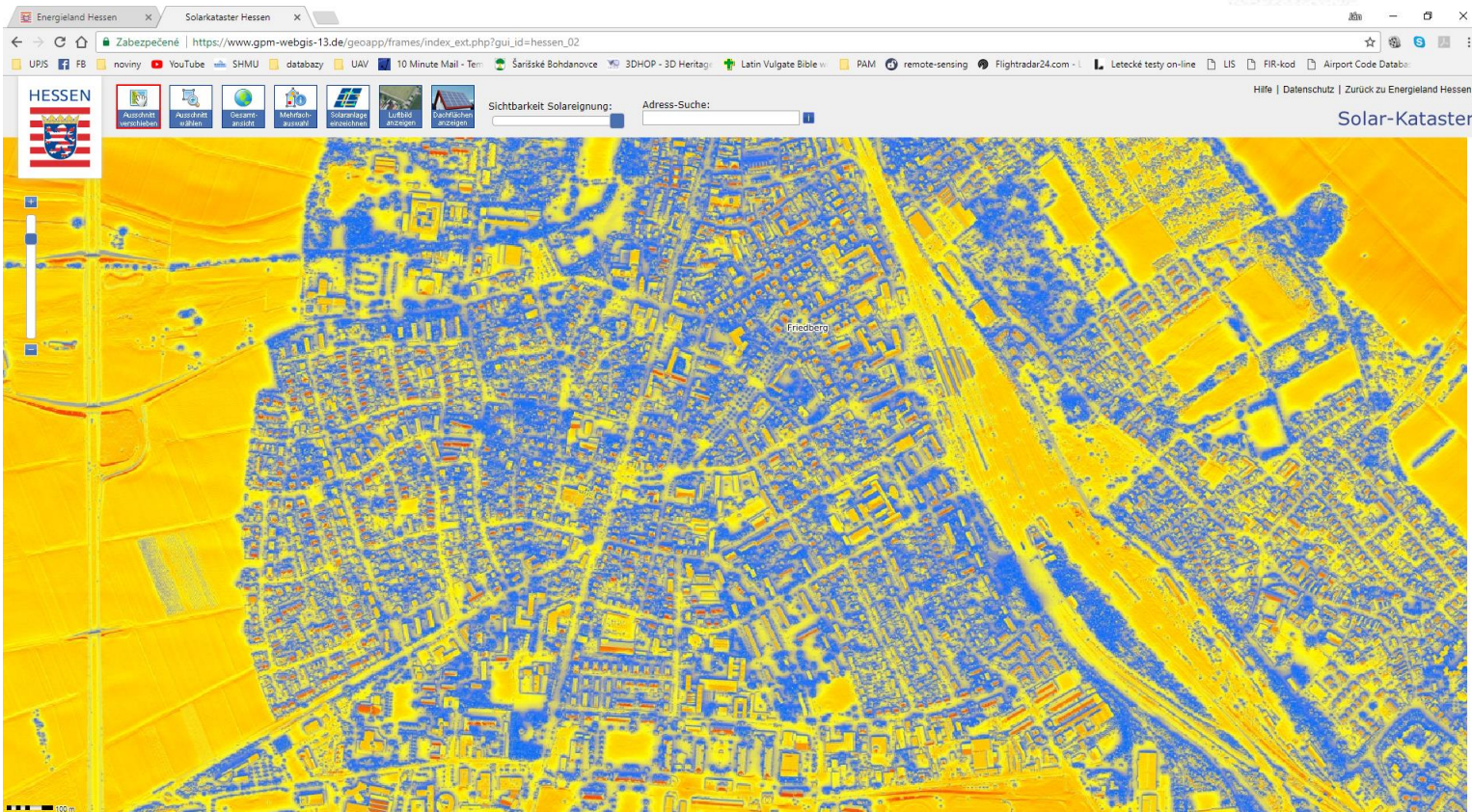
Lokálna úroveň zatienenie

June 15 04:00



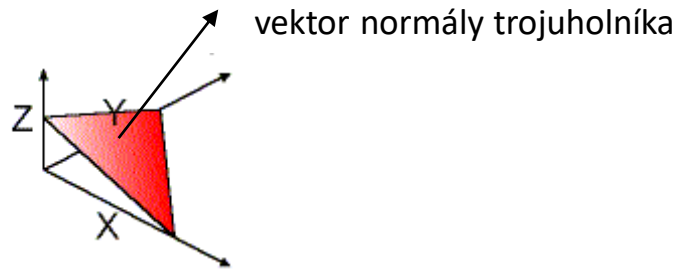
Dĺžka oslnenia

Tvorba solárných katastrov



Záver

- Kvantifikácia množstva slnečného žiarenia je podrobne rozpracovaná problematika
- V súčasnosti prevládajú prístupy založené na rastrovom alebo vektorovom prístupe
- vývoj nástrojov a technológií pre zber geopriestorových údajov = **zmena prístupu ku modelovaniu krajiny**
 - **výzvy pre nasledujúce obdobie**
- Adaptácia modelov pre súčasné technológie, najmä pre laserové skenovanie a blízku digitálnu fotogrametriu
- Riešenie je vo vývoji modulu **v3.sun** – založený na polygónových sieťach (mesh)



- Potreba tvorby internetových aplikácií pre online vizualizáciu dát