

Problematika svjetlosnog onečišćenja

prof. Željko Andreić

Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Sveučilište u Zagrebu
zandreic@rgn.hr

http://rgn.hr/~zandreic/studenti/lp/lp_index.html

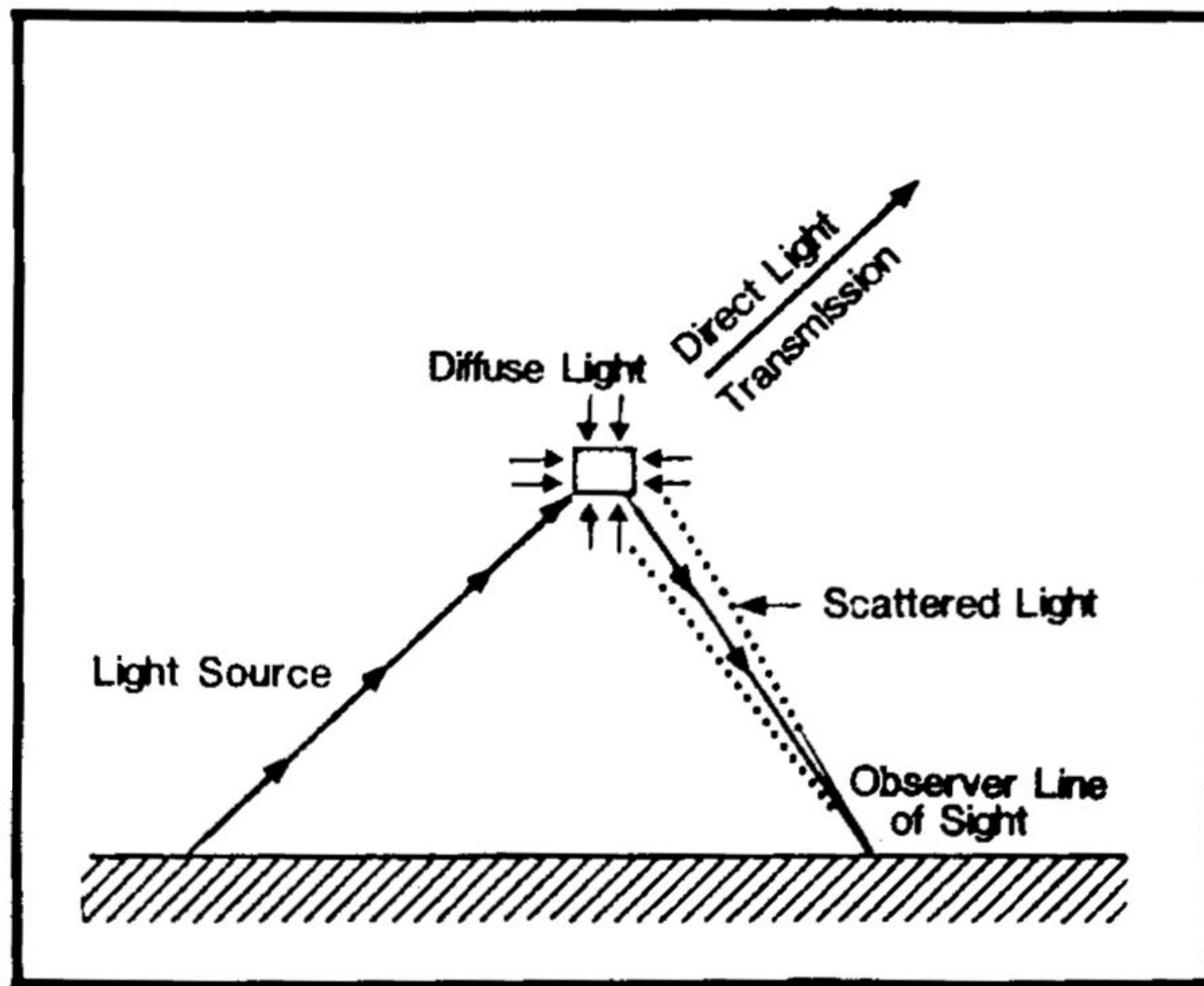
Sadržaj

1. modeliranje svjetlosnog onečišćenja: ab-initio fizikalni model, prednosti i nedostaci.
2. obrada satelitskih slika.
3. walker-ov zakon. Statistički model na bazi Walker-ovog zakona.
4. postavljanje modela i interpretacija rezultata.

Ab initio fizikalni model

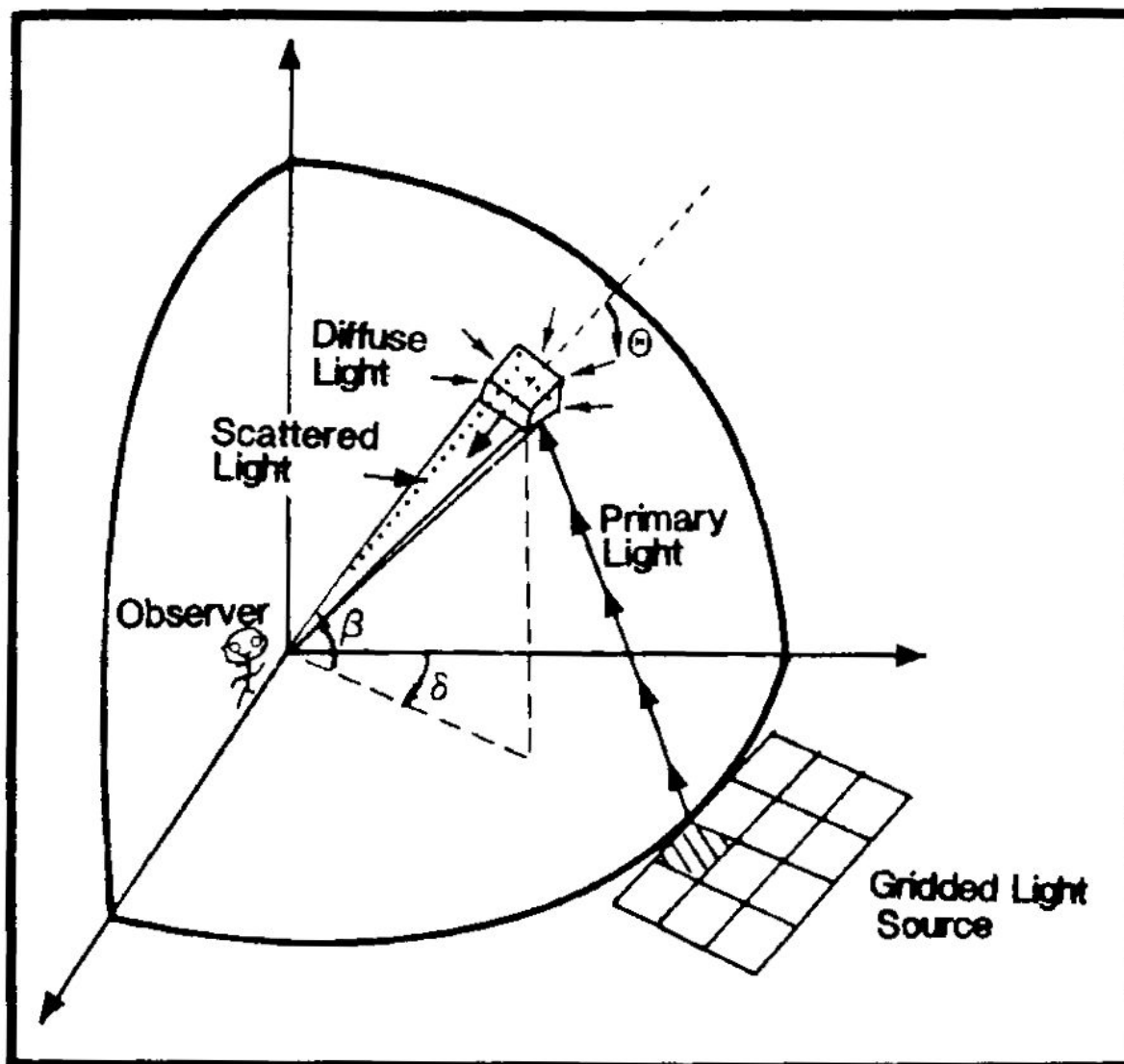
Geometrijski
odnosi
složeni.

Rješenje
modela traži
se
numeričkom
integracijom

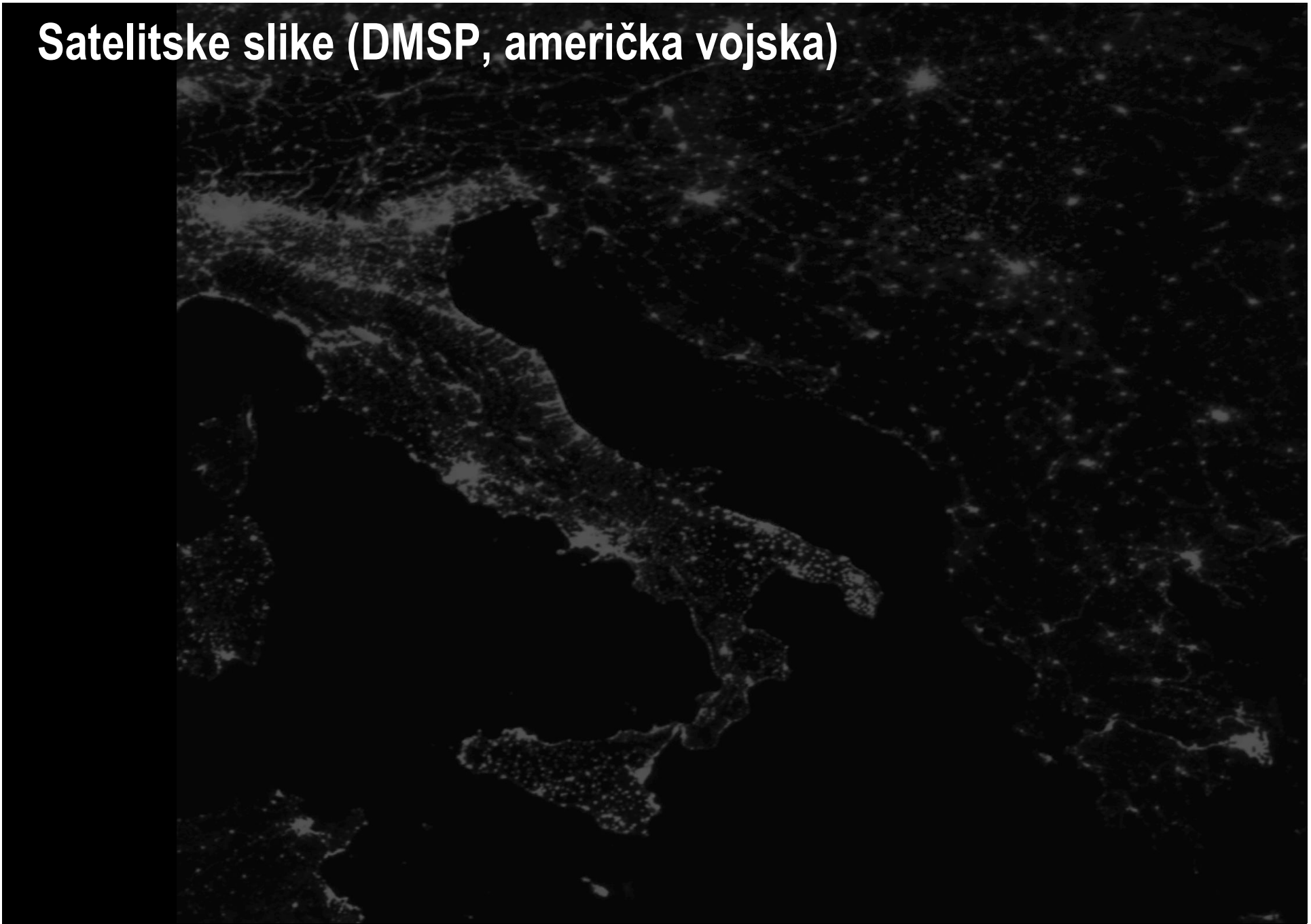


Ab initio fizikalni model

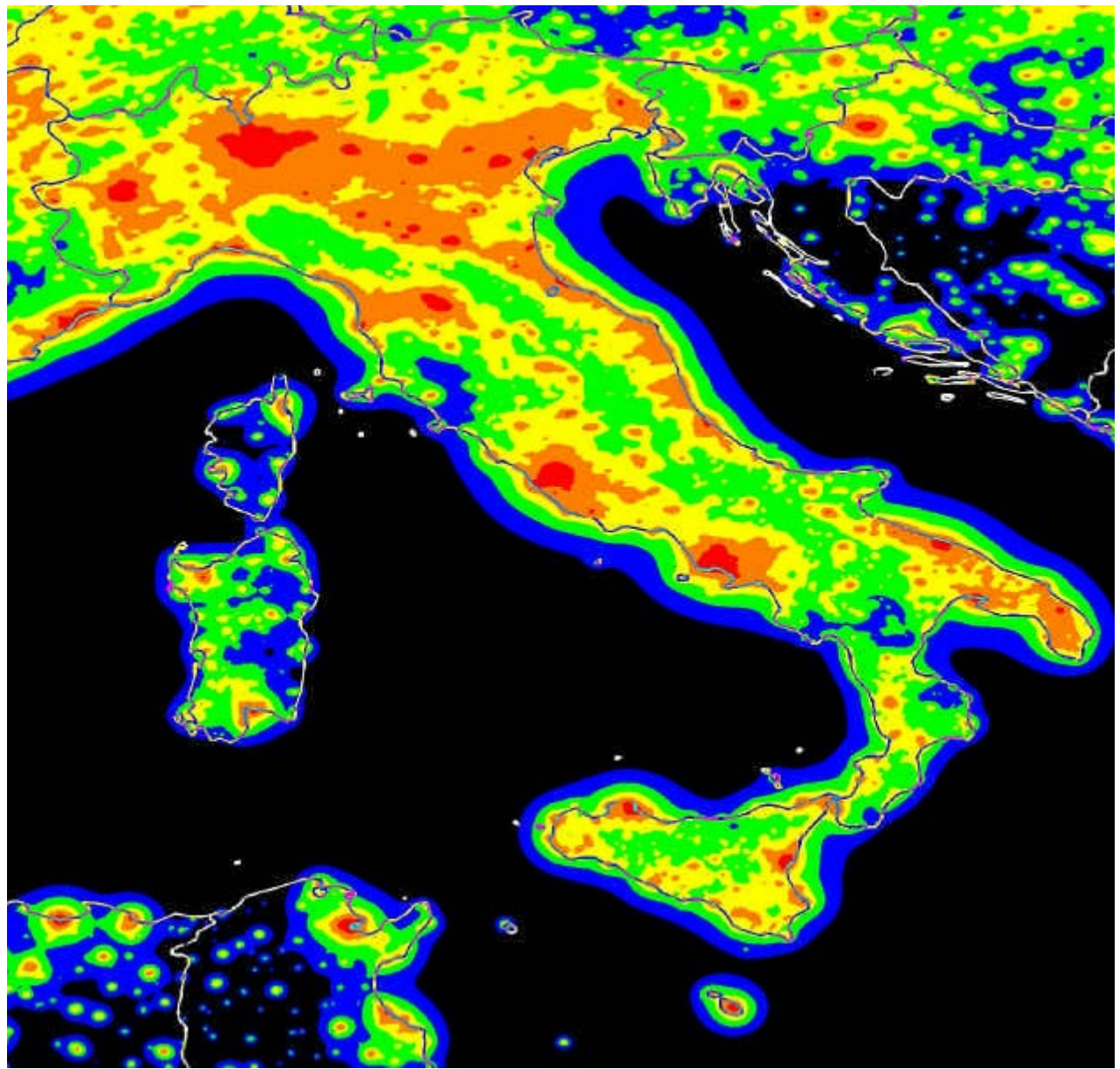
Kod više izvora svjetla, integracija se mora ponavljati za svaki izvor posebno, i za svaki položaj opažača.



Satelitske slike (DMSP, američka vojska)



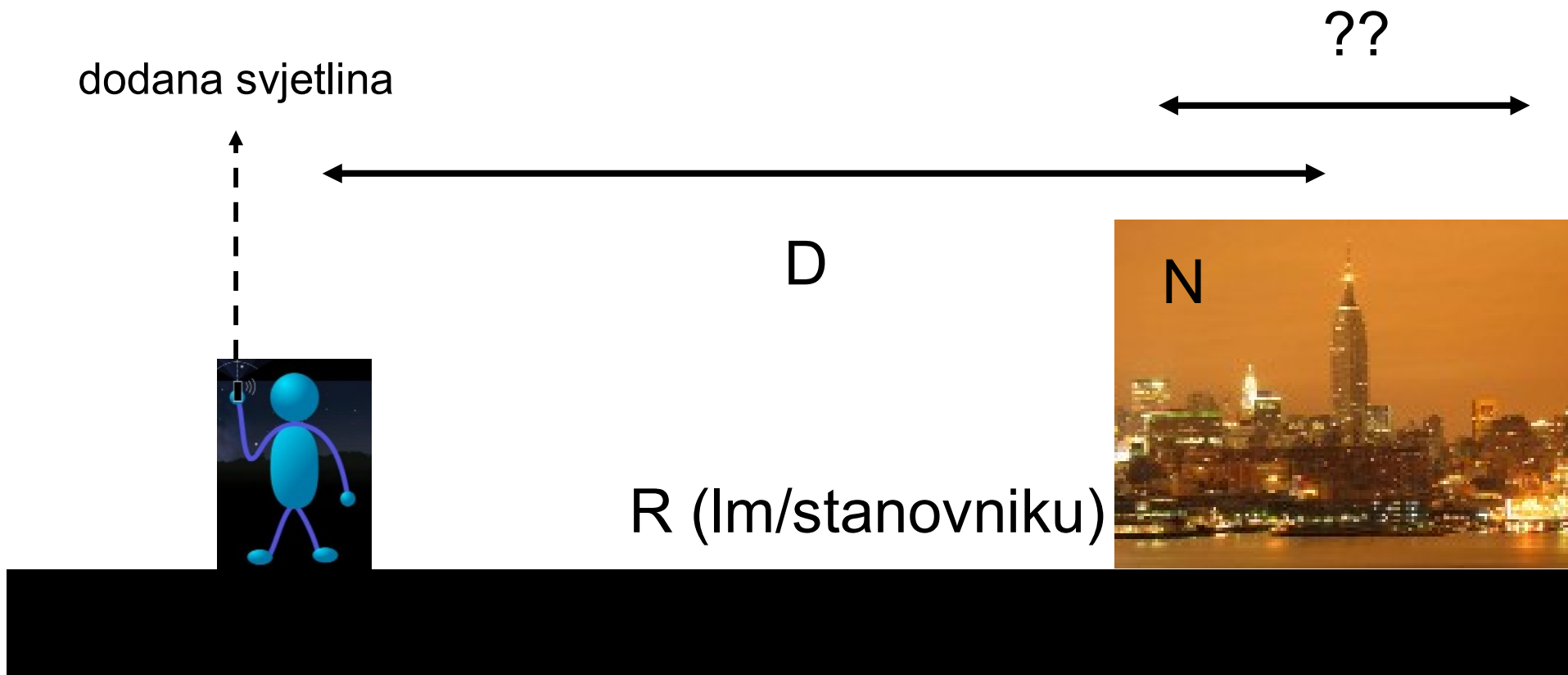
Model na osnovu satelitskih slika (Cinzano et al.)



Statistički model (M. Walker 1966.-1977.)

popis stanovništva + Walkerov zakon:

$$\text{dodana_svjetlina} = \text{const} \times R \times N \times D^{-2,5}$$

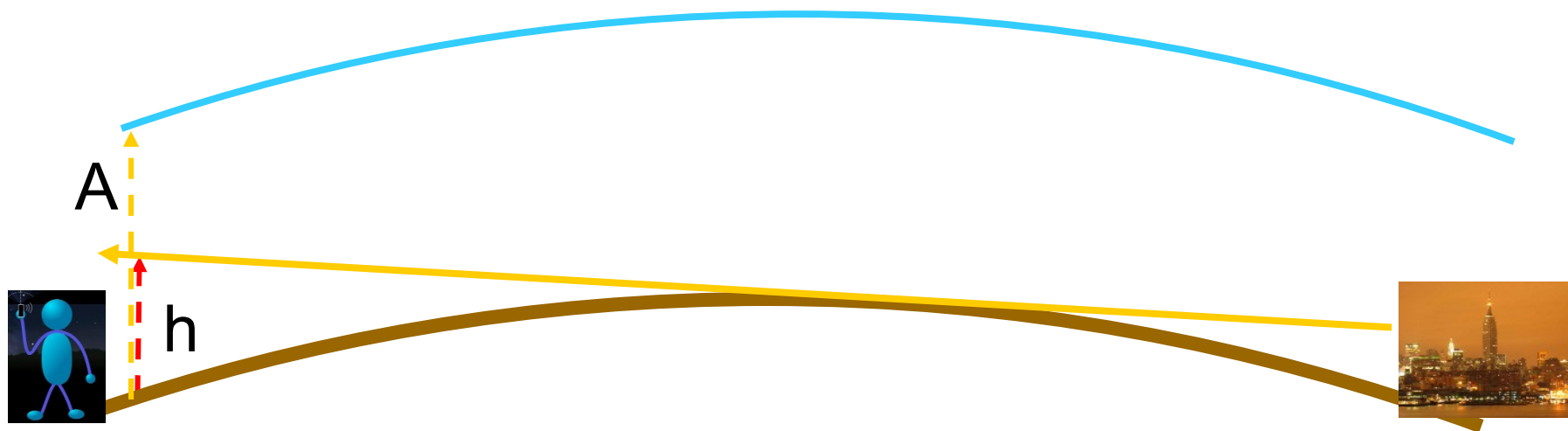


Statistički model (M. Walker 1966.-1977.)

Za dodanu svjetlinu u cd/m^2 je $\text{const} \times R = 3,1623 \times 10^{-8}$,
ako je N broj stanovnika a D u km.

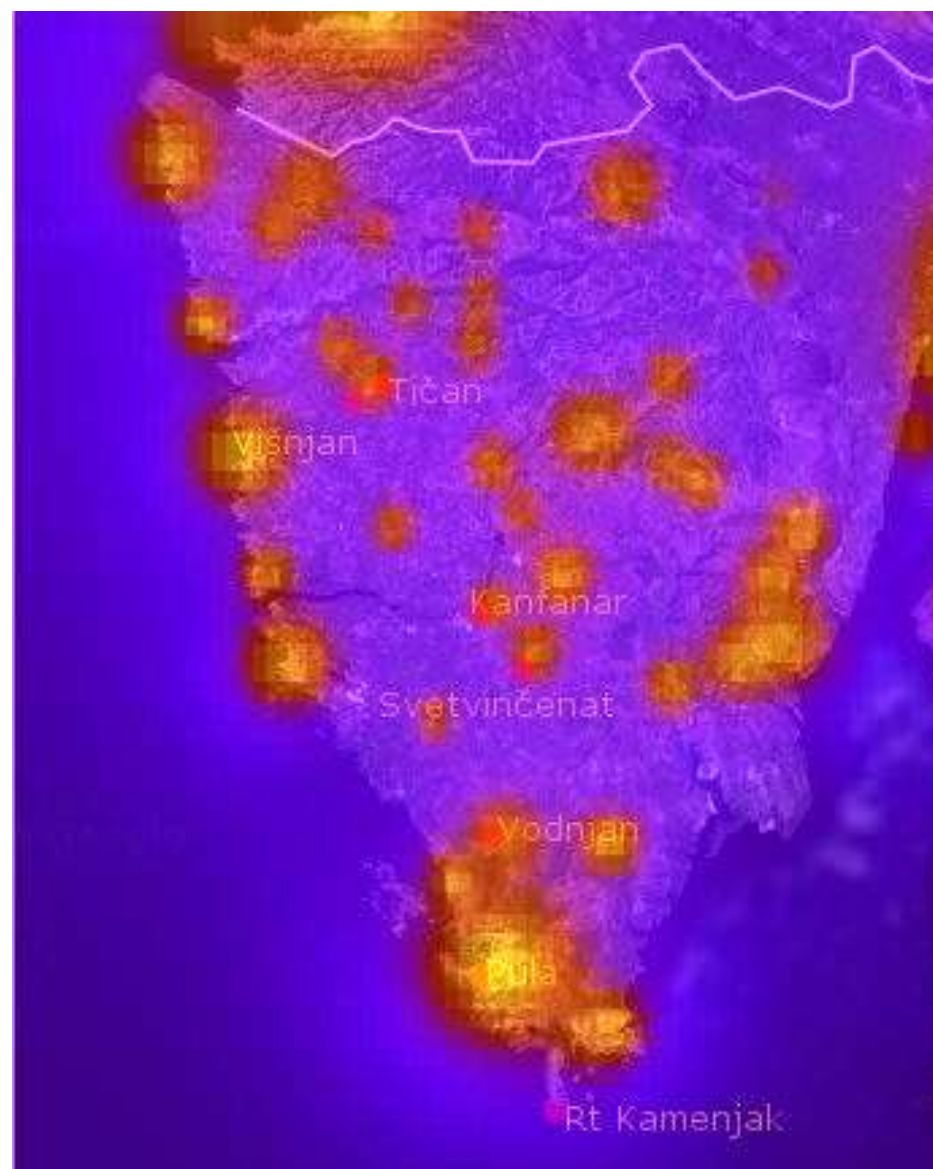
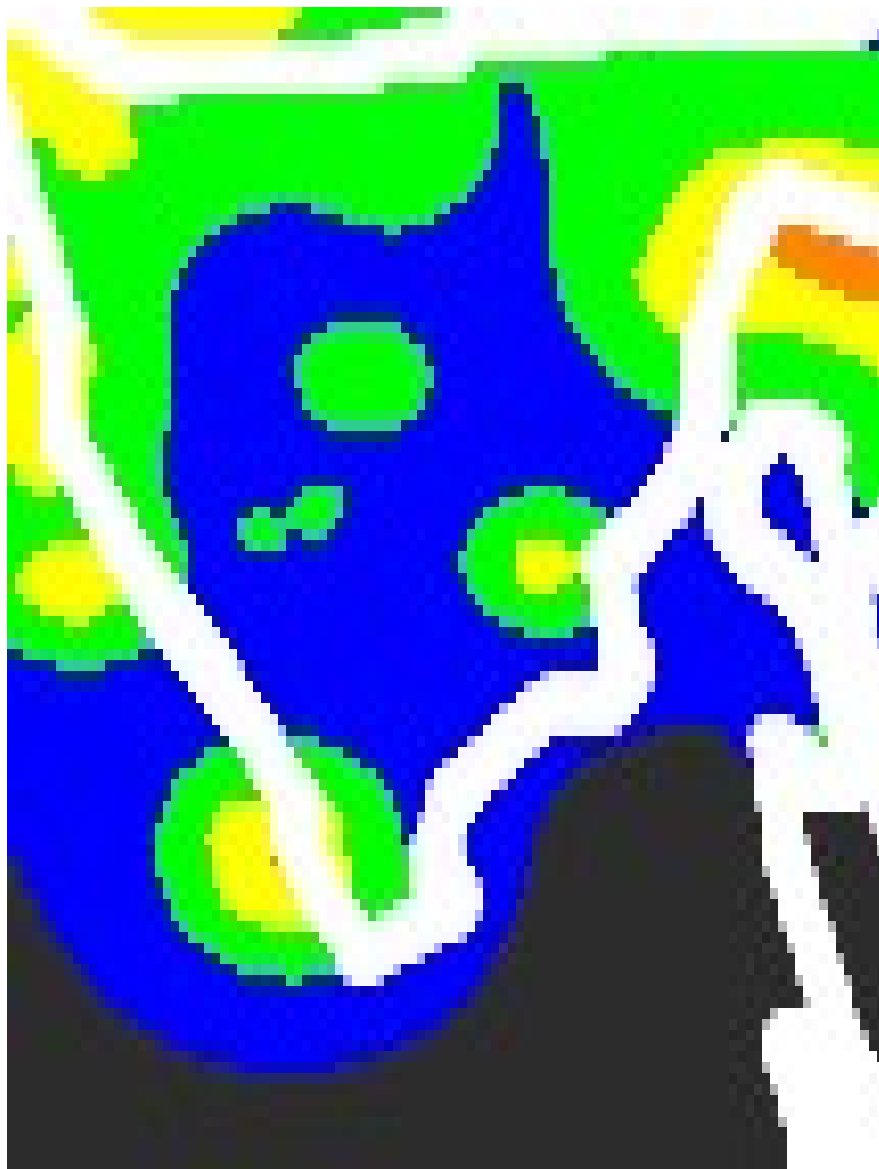
Korekcija zbog zakrivljenosti Zemlje (Albers et al. 2001)

$$\text{corr} = e^{-h/A}$$

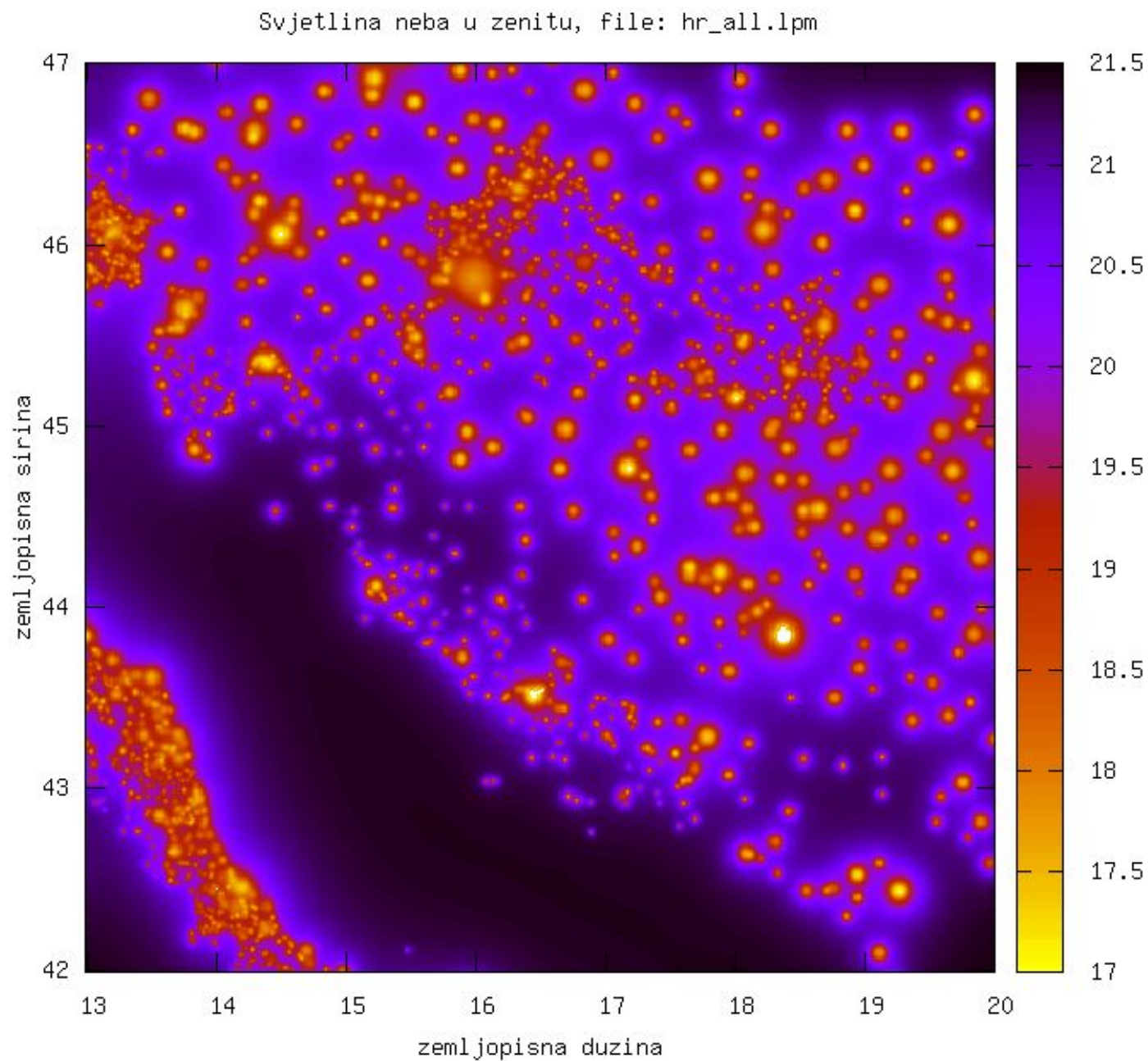


A = 8 km za čisti zrak, no modeli najčešće uzimaju A=4 km što odgovara umjereno zagađenom zraku.

Usporedba walkerovog modela i satelitskog modela



Cijela Hrvatska



Postavljanje modela

1. podaci o broju stanovnika po naseljima:

popis stanovništva (population census):

<https://www.dzs.hr/>

popisi stanovništva u EU su unificirani i mogu se naći na internetu.

2. zemljopisne koordinate središta naselja

a. detaljne zemljopisne karte - sporo!

b. Google Earth - praktičnije

slike stare
1-2 god,
ne smeta.

c. GIS



φ

λ

n.v., netočno!

Udaljenost po ortodromi

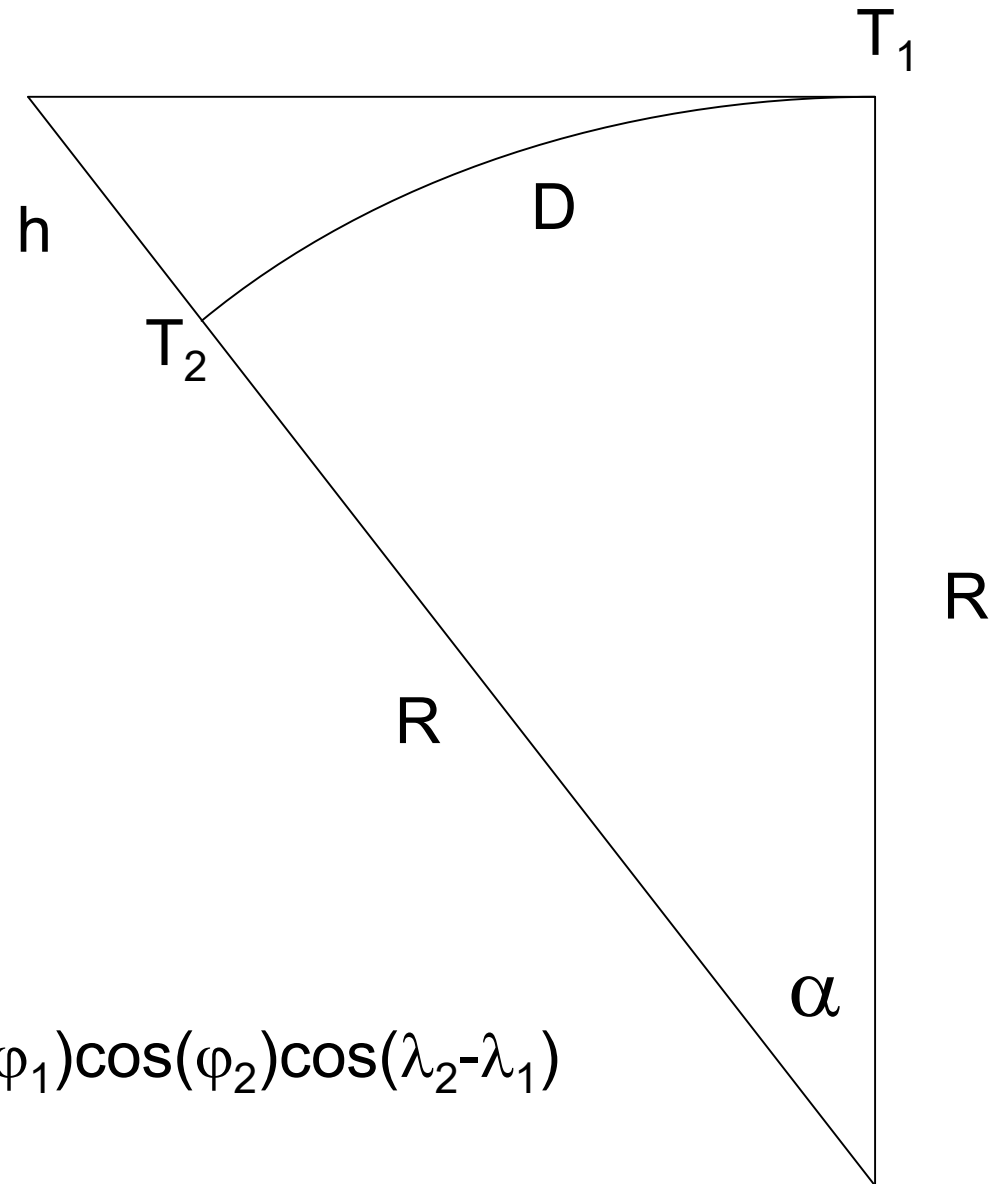
$$D = R\alpha$$

$$h = R/\cos(\alpha) - R$$

$$T_1 (\varphi_1, \lambda_1, 0)$$

$$T_2 (\varphi_2, \lambda_2, 0)$$

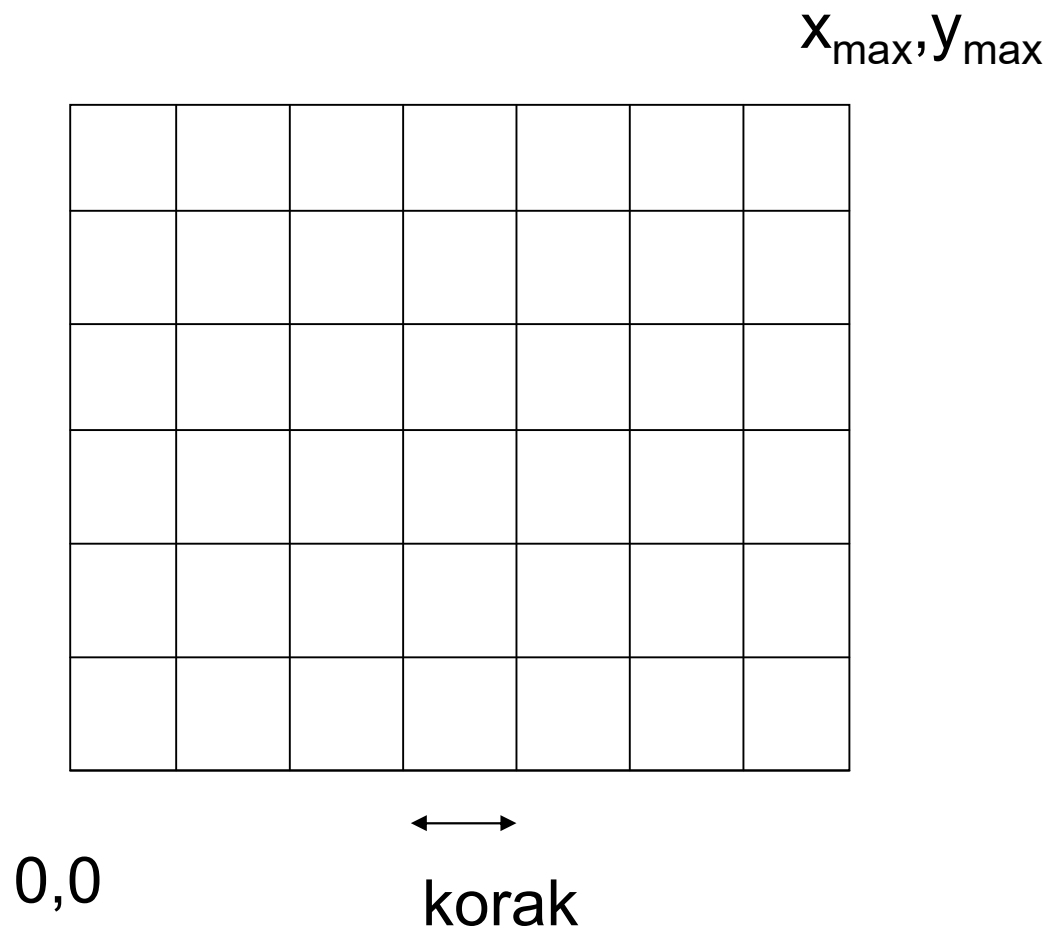
$$\cos(\alpha) = \sin(\varphi_1)\sin(\varphi_2) + \cos(\varphi_1)\cos(\varphi_2)\cos(\lambda_2 - \lambda_1)$$



Definiranje mreže integracije

udaljenosti u km,
korak 1-2 km.

Pretvorba λ, φ
i obratno, ovisno o
potrebama
korisnika modela.



Proračun

Za svaku točku mreže računa se doprinos svih izvora, jedan po jedan, uz odgovarajuće korekcije i pojedini doprinosi se zbrajaju.

Postupak se ponavlja za sve točke mreže.

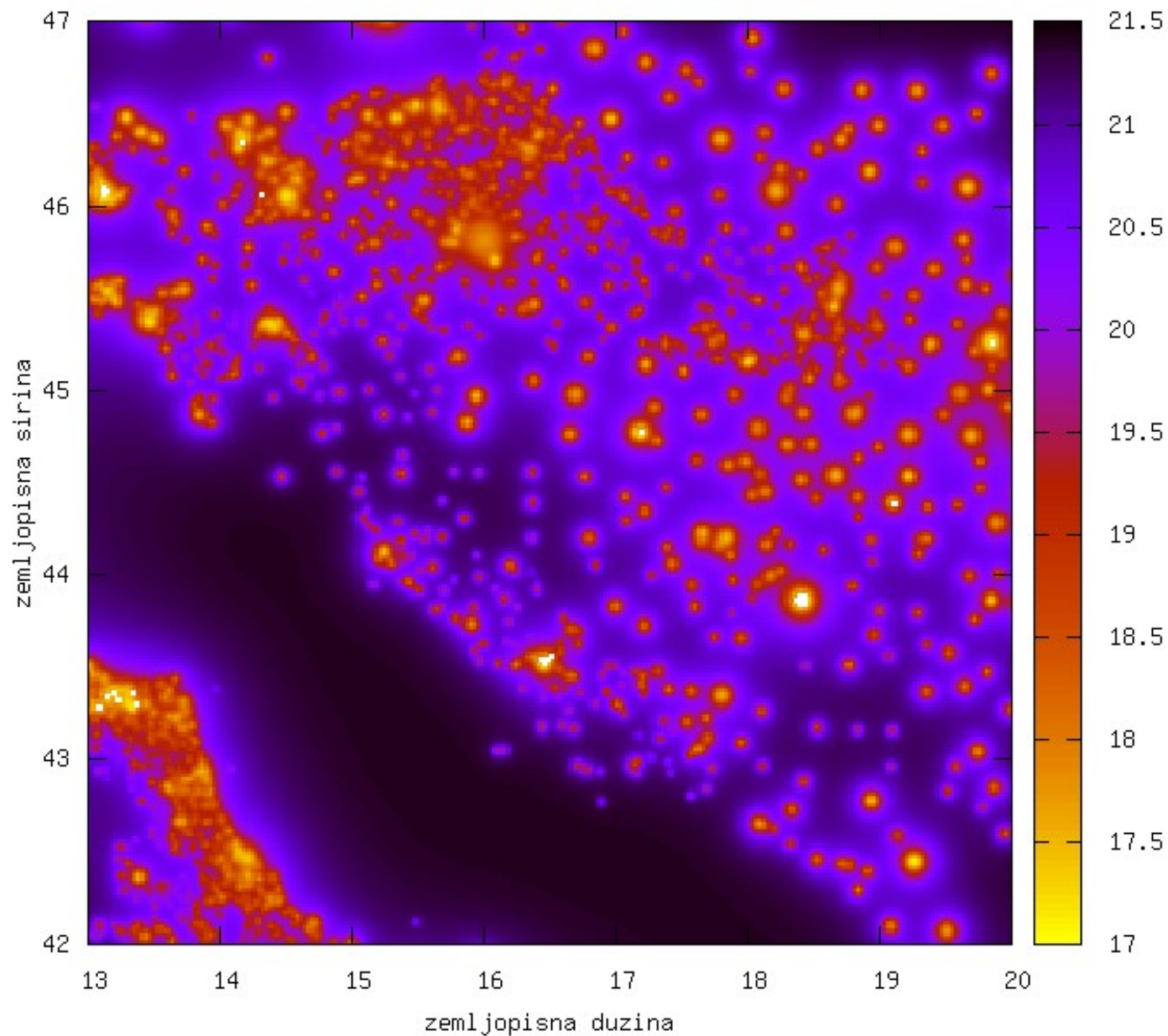
Rezultat se sprema u matricu koja se prebacuje u program za grafički prikaz rezultata.

Po potrebi izračunata svjetlina neba pretvara se u astronomske jedinice.

Proračunata svjetlina neba obično se prikazuje na karti, kodirana lažnim bojama.

Rezultat

Svjetlina neba u zenitu, file: hr_all_2014.lpm



(korak mreže
je 2 km)