

## Určenie dostupnosti slnečného žiarenia nástrojmi GIS

Žofia Kuzevičová<sup>1</sup> a Viera Hurčíková

### *Accessibility determination of solar radiation by using GIS tools*

*Slovakia belongs to countries with relatively good condition for using solar energy. Geographic information systems (GIS) contents many methods, procedures and tools, which can be used for better widen of using renewable energies in the Slovakia. Using map algebra is one of the possibilities. Map algebra enables to combine one or more layers mathematically. Accessibility of solar radiation can be determinate by layers combinations. Final layer is used by making decision and finding location foe using solar energy.*

**Key words:** GIS, solar energy, map algebra

### Úvod

Slovensko sa zaraďuje medzi krajiny s nezanedbateľným potenciálom obnoviteľných zdrojov energie (OZE). Vzhľadom na narastanie spotreby energie sme nútení hľadať nové zdroje, ktoré by nahradili doterajšie tradičné zdroje. Pre posilnenie energetickej sebestačnosti, kladú členské krajiny EÚ čoraz väčší dôraz na využívanie OZE. Ambicióznym cieľom EÚ do roku 2010 je dosiahnuť 12 %-ný podiel OZE na celkovej spotrebe energie (Energetická politika SR, 2006).

Pri určovaní potenciálu slnečnej energie a vyhľadávaní lokalít pre jej využívanie sa v súčasnej dobe v čoraz väčšej miere používajú moderné informačné technológie ako aj geografické informačné systémy (GIS). GIS obsahujú množstvo rôznych nástrojov, ktoré by mohli napomôcť rozšíreniu využívania obnoviteľných zdrojov energie na území Slovenskej republiky.

### Geografické informačné systémy (GIS)

Pojmom GIS označujeme počítačový systém orientovaný na spracovávanie geografických údajov prezentovaných prostredníctvom máp (Rapant, 1999). Základom GIS je vytvorenie databázy priestorových údajov, ktorá je východiskom pre uskutočňovanie rôznych analýz a modelovanie riešeného problému. Priestorové zobrazenie údajov a dát poskytuje užívateľovi lepší prehľad a viac možností pri rozhodovaní sa o výbere potenciálnych lokalít.

GIS nie je iba počítačový systém na tvorbu máp, aj keď umožňuje vytvárať mapy najrôznejších merítok, zobrazení a farby. GIS je aj nástroj pre analýzu. Hlavná výhoda GIS spočíva v tom, že umožní určovať priestorové vzťahy medzi geografickými objektmi zobrazenými v mape. GIS neukladá mapy v klasickej slova zmysle, ani neukladá nejaký konkrétny obraz alebo pohľad na geografickú oblasť. Namiesto toho ukladá GIS dáta, z ktorých je možné potrebný pohľad vytvoriť takým spôsobom, aby vyhovoval konkrétnemu účelu.

GIS spája priestorové dáta s geografickými údajmi o konkrétnom objekte na mape. Údaje sú uložené ako atribúty alebo charakteristiky graficky reprezentovaného objektu (Zeman, 1997).

### Analýza dostupnosti slnečného žiarenia

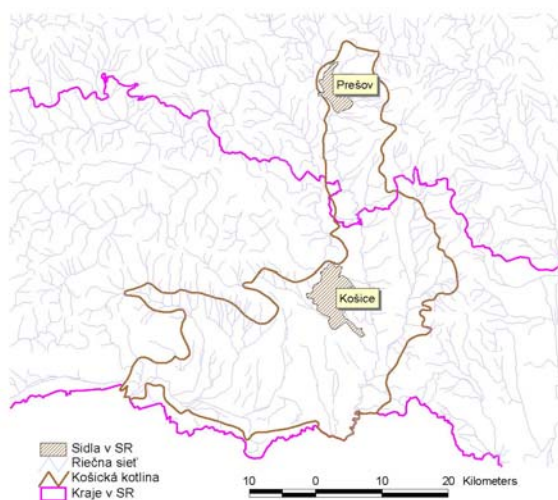
Košická kotlina (Obr. 1) je zníženina medzi Slovenským Rudohorím a Slanskými vrchmi, ktoré sa rozprestierajú v strede kraja. Má prevažne nížinný charakter. Východná a južná časť má nížinnú - pahorkatinný charakter. Na severovýchode sa nachádzajú Vihorlatské vrchy, ktoré sú súčasťou Východných Karpát. Osou kotliny je Torysa, ktorá sa južne od Košíc vlieva do Hornádu.

Košická kotlina sa nachádza v teplej podnebnnej oblasti. Usporiadanie pohorí okolo Košickej kotliny ovplyvňuje klimatické pomery oblasti. Morfológia terénu má za následok prevahu severného a tiež juhozápadného smeru vetra. Kým v letnom období je najvyššia početnosť severného smeru prúdenia, v zimnom období prevažuje južné a juhozápadné prúdenie. Najmenší je výskyt vetrov z východného a zo západného smeru.

<sup>1</sup> Ing. Žofia Kuzevičová, PhD., Ing. Viera Hurčíková, PhD., TU v Košiciach, F BERG, Ústav geodézie, kartografie a geografických informačných systémov  
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 3. 11. 2008)

Klimatické pomery sú na území okresov pomerne rozdielne. Južná časť územia je charakterizovaná kotlinovou mierne teplou klímou s prevládajúcim smerom vetrov: sever-juh a severovýchod -juhozápad. V severnej časti je podnebie drsnejšie, prevažne s mierne teplou až chladnou horskou klímou. Priemerné ročné zrážky sú v miernejšom sektore 600 až 700 mm, v chladnejšom od 850 do 1 100 mm. Priemerná ročná teplota je 9,1 °C.

Rozptylové podmienky v oblasti značne ovplyvňuje orografia. Časť mesta Košice, situovaná v údolí Hornádu, má obmedzené podmienky pre rozptyl škodlivých látok v ovzduší. Prúdenie vzduchu má typický severojužný charakter a najnepriaznivejšie podmienky pre rozptyl tu vznikajú vo vykurovacom období pri slabom južnom prúdení resp. stagnácii vzduchu.



Obr. 1. Vymedzenie oblasti košickej kotliny.  
Fig. 1. Košice basin area.

### Faktory ovplyvňujúce výber lokality

Jedným z dôležitých faktorov, ktoré ovplyvňujú výber je geografická lokalita. Ako vyplýva už z definície, GIS vytvára databázu polohovo lokalizovaných objektov.

Vplyv tohto faktora sa uplatňuje predovšetkým prostredníctvom týchto činiteľov:

- Zemepisná šírka miesta  $\varphi$  udáva spolu so zemepisnou dĺžkou  $\lambda_z$  miesta polohu uvažovanej lokality na zemskom povrchu. Kým zemepisná dĺžka sa uplatňuje len prostredníctvom porovnávacieho hodinkového času, zemepisná šírka určuje priamo sklon zdanlivých dráh Slnka na oblohe.
- Nadmorská výška lokality  $v$  obyčajne pri heliotechnických výpočtoch nevystupuje priamo ako parameter, ale jej vplyv je nepriamo zohľadnený v relatívnej optickej hrúbke atmosféry alebo v jej činiteli zákalu  $T$ .
- Poloha slnka po jeho východe alebo pred jeho zapadáním. Pri všeobecných heliotechnických výpočtoch sa obyčajne predpokladá na úrovni skúmanej roviny voľný, nezatienny horizont, tieniaci reliéf horizontu  $\omega$  sa spravidla uplatňuje len prostredníctvom skutočného času trvania slnečného svitu  $S_{sk}$ , resp. pomocou neho určeného priemerného relatívneho slnečného svitu  $s$  (Kittler, 1986).

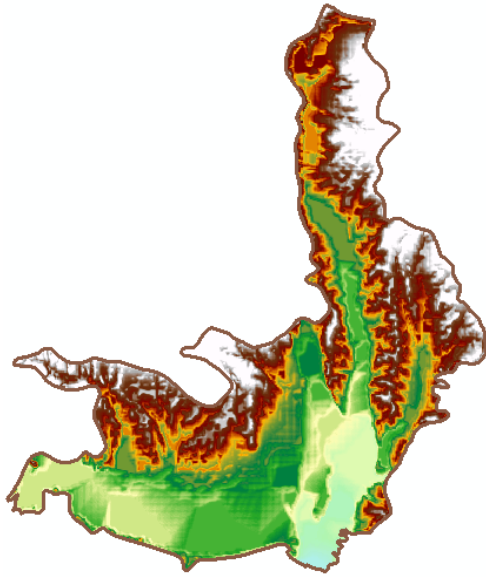
Nadmorská výška lokality je zohľadnená v digitálnom modeli reliéfu a terénu. Tvar reliéfu je výslednicou rôznych pôsobiacich síl, pričom reliéf zároveň ovplyvňuje procesy a javy v krajine, ako aj aktivity ľudskej spoločnosti. Digitálny model reliéfu (DMR) predstavuje množinu polohovo priradených údajov charakterizujúcich geometrické vlastnosti reliéfu (t. j. nadmorskú výšku a ďalšie morfometrické ukazovatele – sklon, orientáciu, krivosť reliéfu), vypočítané na základe vstupných výškových bodov a vhodnej interpolačnej metódy. V technickej praxi, ako aj v zahraničí, sa používa aj termín digitálny model terénu (DMT), ktorý je však čiastočne významovo odlišný, pretože neobsahuje implicitné aj morfometrické ukazovatele reliéfu a niekedy sa do neho zahŕňajú aj technické prvky v krajine (napr. cesty a zárezy). Pri digitálnom modeli terénu (DMT) ide o digitálny model nadmorských výšok, definujúci prvotný zemský povrch. Neobsahuje prvky zemského povrchu, ako napr. budovy, lesy, atď. Slovo terén má korene vo vojenstve a spravidla sa ním rozumie zemský povrch (bez stavieb a vegetačnej pokrývky), vyjadrený na mape generalizovane topografickou plochou. Topografická plocha je definovaná spravidla formou výškových údajov uzlových budov vhodne zvolenej siete, či mriežky (grid). Na obrázku 2 je ukážka vytvoreného digitálneho modelu terénu košickej kotliny.

GRID sa radí k pravidelným rastrovým štruktúram, v ktorých je povrch diskretizovaný do matice buniek. Najčastejším tvarom buniek je štvorec. Gridu sa dáva prednosť pre väčšiu jednoduchosť výpočtových algoritmov, ale je možné použiť aj obdĺžnik, šesťuholník alebo rovnostranný trojuholník.

Jednou zo základných analýz, ktoré GIS ponúka, je tieňová analýza (hillshade). Tieňovanie modelu terénu slúži jednak k realistickejšiemu znázorneniu modelu, jednak je možné pomocou tieňovania vyjadriť v relatívnych hodnotách (0 – 255) množstvo žiarenia, ktoré dopadá na daný pixel. Vzhľad rastra tieňa záleží

na nastavení dvoch parametrov: vertikálneho a horizontálneho uhla (tj. vlastne nastavujeme výšku slnka nad obzorom a orientáciu na svetovú stranu).

Pokiaľ sa vykonáva daný typ analýzy za praktickým účelom, je nutné nastavovať skutočné hodnoty postavenia slnka v danom ročnom období (zistené napr. od meteorológov) a dennú dobu. Na obrázku 3 je tieňová analýza pre parametre mesiac apríl a denná doba 12:00 hodín.



Obr. 2. Digitálny model terénu.  
Fig. 2. Digital terrain model.



Obr. 3. Tieňová analýza košickej kotliny.  
Fig. 3. Košice basin - Hillshade analysis.

Medzi ďalšie faktory sa zaraďujú aj časové parametre.

Závislosť dostupného množstva slnečného žiarenia od času je daná a vyjadrená pomocou jednotiek používaných na meranie času v rámci ročného cyklu, a to hodinou v rámci dňa H, dňom v mesiaci D, mesiacom v roku M.

Alternatívne môže byť časová závislosť vyjadrená hodnotami H a J, t. j. číslami hodiny a dňa v roku. Tieto časové veličiny vystupujú vo všetkých časovo vmazaných základných parametroch slnečných dráh a intenzít, zlymi sú deklinácia, výška a azimut Slnka i solárna konštanta. Implicitne sú časové intervaly vyjadrované v dobe insolácie, v slnečnom svite a v časovo vymedzených periódach výskytu určitej oblačnosti a zákalu atmosféry.

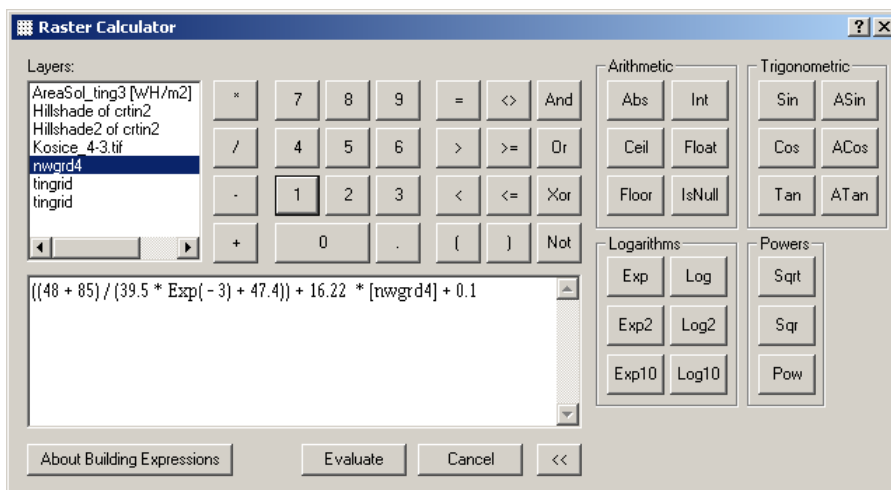


Obr. 4. Vytvorenie polygónu z leteckého snímku.  
Fig. 4. Creating of polygon by aerial photography.

Pre výpočet Linkeho činiteľa zákalu je možné použiť nástroje mapovej algebry. Na základe leteckého snímku zvolenej oblasti (Obr. 4) bola vytvorená polygónová vrstva, kde ako atribút bola nastavená hodnota Angströmovho činiteľa zákalu. Pre prírodu a vidiecke prostredie bola táto hodnota 0,05 a pre mestské obytné prostredie 0,1.

Následne pre ďalšie použitie bolo potrebné hodnotu skonvertovať do rastrovej podoby. Ak uvažujeme o rastrovej reprezentácii, máme na mysli špecifický prípad modelovania priestoru pomocou polí. V takomto prípade budeme rastrovú reprezentáciu považovať za súbor bodov alebo buniek, ktoré pokrývajú priestor v regulárnej mriežke.

Pre samotný proces výpočtu Raster Calculator výslednej mapy bola uplatnená funkcia, ktorá umožnila v jednom kroku všetky čiastkové mapy prenásobiť ich príslušnými koeficientami a urobiť ich súčet.



Obr. 5. Raster calculator.  
Fig. 5. Raster calculator.

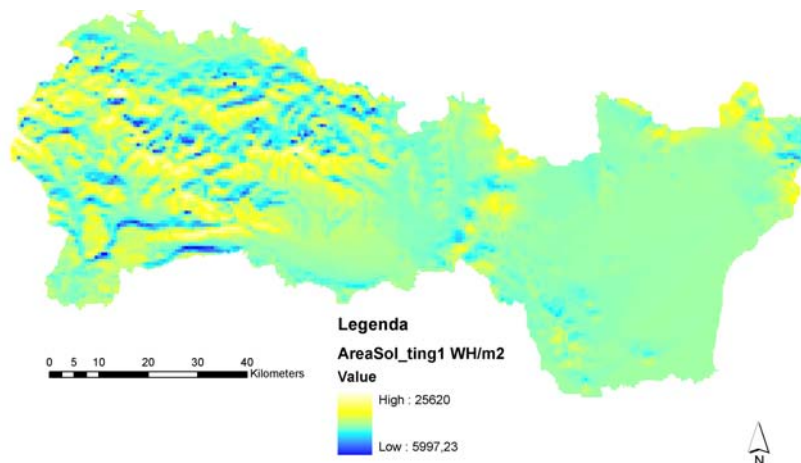
Pre samotný proces výpočtu bola uplatnená funkcia Raster Calculator, ktorá umožnila v jednom kroku všetky čiastkové mapy prenásobiť ich príslušnými koeficientami a urobiť ich súčet.

Ďalším nemenej dôležitým faktorom je poloha posudzovanej roviny. Tento faktor sa pri určovaní dostupnosti slnečného žiarenia na nej udáva pomocou nasledovných parametrov:

- Sklon roviny  $\beta$  – predstavuje uhol odklonu posudzovanej roviny od horizontálnej, resp. uhol medzi spádovou priamkou uvažovanej roviny a jej priemetom do horizontálnej roviny,
- Azimut normály roviny  $An$  – je uhol medzi priemetom normály k uvažovanej rovine do horizontálnej roviny a zvoleným smerom vo funkcii začiatku uhlového súradnicového systému na odmeriavanie azimutových uhlov v horizontálnej rovine (obyčajne od severu) (Kittner, 1986).
- Slope je jedna z priestorových charakteristík, ktorá sa využíva na meranie a zobrazovanie sklonu svahu. Pri vykreslení tejto charakteristiky sa výsledné údaje zobrazujú v stupňoch. Vo všeobecnosti priestorová charakteristika slope vyjadruje maximálnu možnú zmenu medzi jednotlivými hodnotami susedných buniek. Zvyčajne je merané z hľadiska stupňa sklonu povrchu, aj keď je možné slope vyjadriť v percentách.
- Aspekt (aspect) vyjadruje smerovanie svahu. Jednoduchú definíciu je možné vyjadriť ako orientáciu voči svetovým stranám, je možné ho vyjadriť v príklade:

$0$ =north facing – smerovanie svahu na sever,  $90$ =east – facing. smerovanie na východ, atď.

Obidve analýzy slope aspect patria medzi základné analýzy, ktoré geografické informačné systémy poskytujú. Na Obr. 6 je vypočítaný teoretický dopad slnečného žiarenia na zvolenú oblasť Košickj kotliny.



Obr. 6. Teoretické množstvo dopadajúceho slnečného žiarenia.  
Fig. 6. Teoretical quantity of flalling solar radiation.

### Diskusia

Ak máme vhodne vytvorenú a navrhnutú databázu skúmaného územia, pomocou použitia základných nástrojov GIS vieme vyšpecifikovať lokalitu, ktorá by bola z hľadiska viacerých faktorov pre využitie slnečnej energie najvhodnejšia. Výhodou GIS je použitie multikriteriálneho prehľadávania a analyzovania vytvorenej databázy. Z hľadiska globálneho pohľadu je územie košickwey kotliny vhodné na využívanie slnečnej energie. Pre ďalšie posúdenie by bolo vhodné danú vytvorenú databázu doplniť o podrobnejšie údaje napr., o budovy – výšky budov, typy striech a pod. Vzhľadom na to, že systém GIS je otvorený a doplnenie databázy o podrobnejšie údaje je možné.

### Záver

Geografické informačné systémy si začínajú nachádzať uplatnenie v praxi aj v celkom netradičných oblastiach. Ponúkajú množstvo nástrojov, ktoré pri správnom použití môžu napomôcť pri vytváraní rozhodnutí nielen na úrovni samosprávy, ale aj štátnej správy. V problematike využívania slnečnej energie sa pozornosť sústreďuje na určenie potenciálu oblasti a vyhľadávania lokalít pre možné využívanie. V tejto časti sa môžu stať GIS dôležitou súčasťou riešenej problematiky.

*Príspevok vznikol v súvislosti s riešením grantového projektu VEGA č. 1/3060/06 „Zhodnotenie potenciálu obnoviteľných zdrojov energie v Košickej kotline nástrojmi GIS“, riešeného na fakulte BERG TU v Košiciach.*

### Literatúra – References

- Zeman, J.: Globálny polohový systém – GPS, *Enviromagazín* 13/1997.  
Rapant, P.: Úvod do geografických informačných systémov, in *GEOinfo* 1/1999, Praha 1999.  
Kittler, R., Mikler, J: Základy využívania slnečného žiarenia, *VEDA, Bratislava, 1986.*  
Energetická politika SR, Ministerstvo hospodárstva SR, 2006.