

VYUŽITIE GEOGRAFICKÝCH INFORMAČNÝCH SYSTÉMOV PRI NÁVRHOCH URBANISTICKEJ ŠTÚDIE

Tomáš SCHMIDT

Proposals for urban studies using geographical information systems

Abstract: The aim of this article is to show, how geographical information systems can be used in urban studies. The article explains which spatial data are necessary for creating high resolution digital elevation model (DEM) and which interpolation method is appropriate. The main goal is to show which spatial terrain analysis and simulations are suitable for optimalization of urban studies and how the urban studies affect the spatial processes.

Keywords: geographic information system, digital elevation model, digital surface model, flow computation, solar urbanism, urban study

Úvod

Rozvíjajúce sa geografické informačné technológie (ďalej GIS) nám umožňujú postupné zdokonaľovanie zobrazenia povrchu od súčasných 2D a perspektívnych zobrazení v počítačovom prostredí, až po napredujúci rozvoj virtuálnej reality a simulácie na interaktívnych 3D modeloch krajiny. Tieto pokroky neustále otvárajú nové možnosti práce s krajinou a pomáhajú tvorbe rozhodujúcich úloh ako uvádza Mitášová et al. (2006). Z tohto dôvodu našli GIS široké uplatnenie v mnohých sférach ľudských aktivít, jednou z nich je aj uplatnenie v urbanistickej praxi pri projektovaní nových urbanistických štruktúr. Treba podotknúť, že v súčasnej dobe nie je samozrejmosťou ich využitie v každej projekčnej kancelárii architektov kvôli zvyšujúcim sa nákladom na tvorbu projektu. Tvorba GIS a zakomponovanie projektu urbanistickej štúdie do GIS vyžaduje odbornú spôsobilosť v geoinformatickom odbore, zakúpenie alebo zber priestorových údajov o krajine a špecializovaný geoinformačný softvér na spracovanie údajov. Toto by sa malo v blízkej budúcnosti zmeniť a stať sa samozrejmosťou. Európsky hospodársky a sociálny výbor má v pláne do roku 2050 znížiť celkové priame a nepriame emisie zo sektora stavebníctva (pre nízkouhlíkový energetický systém), súčasne s požiadavkou Európskeho parlamentu a rady stavať po roku 2020 všetky nové budovy s takmer nulovou spotrebou energie (Hájek, 2011). Táto požiadavka si teda vynúti zmenu postupov v procese navrhovania a realizácie budov i celých urbanistických celkov. Tento cieľ je možné dosiahnuť dôsledným uplatňovaním efektívneho energetického štandardu budov, aplikáciou aktívnych technológií využívajúcich slnečné žiarenie a využívaním obnoviteľných zdrojov energie.

V súvislosti s narastajúcou požiadavkou na znižovanie emisií skleníkových plynov a racionálne využívanie obnoviteľných zdrojov energie, je potrebné zamerať sa skôr na urbanistické celky ako na jednotlivé stavebné objekty, ktoré sú dnes už bežné v pasívnom a nižšom energetickom štandarde (teda splňajú prísne kritéria energetických úspor pri prevádzke domu) a definovať predpoklady optimalizácie týchto urbanistických štruktúr (ich hustotu, formu, výšku, orientáciu zástavby a celkový súlad s okolitým prostredím).

Cieľom príspevku je ukázať praktické využitie analytických nástrojov GIS, a to modul na výpočet teoretických hodnôt povrchového odtoku a modul na výpočet energetickej bilancie slnečného žiarenia, ktoré sú využiteľné pri tvorbe a optimalizácii návrhov urbanistických štúdií.

Mgr. Tomáš SCHMIDT, Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra kartografie, geoinformatiky a diaľkového prieskumu Zeme, Mlynská dolina 1, 842 15 Bratislava, e-mail: schmidt@fns.uniba.sk

1. Tvorba digitálneho výškového modelu s vysokým rozlíšením

Návrhy urbanistických štúdií vyžadujú kvalitné podkladové údaje. Jedným z takýchto údajov je údaj o charaktere a nadmorskej výške terénnej plochy a prírodných pomeroch na danom území. Nevyhnutným predpokladom je tvorba kvalitného digitálneho výškového modelu (anglicky digital elevation model, ďalej DEM) s vysokým horizontálnym rozlíšením najlepšie 1 meter. Vstupné údaje pre tvorbu DEM s vysokým rozlíšením predstavujú najčastejšie údaje získané plošnými tachymetrickými meraniami, teda geodetickým zberom výškových údajov z danej oblasti. Vstupné geodetické body sú merané štandardne v tretej triede geodetickej presnosti v súradnicovom systéme S-JTSK (systém – jednotnej trigonometrickej siete katastra) a výškovom systéme BpV (Balt po vyrovnaní).

V zmysle dokumentu (Data Specification on Elevation – Draft Guidelines D2.8.II.1, 2010, s. 4), podľa ktorého sa bude téma nadmorskej výšky Európskej smernice INSPIRE popisovať, je definícia DEM uvedená ako: „trojrozmerný povrch znázorňujúci časť zemského povrchu, alebo morského dna, ktorý môže v niektorých prípadoch zahŕňať aj iné objekty, alebo prvky na povrchu ako napríklad budovy, mosty, vegetáciu...“. V našom prípade uvažujeme o digitálnom výškovom modeli iba ako o terénnej ploche bez objektov na nej. Pre rozlíšenie terénnej plochy s objektmi na nej bude použitý termín digitálny model povrchu (digital surface model, ďalej DSM). V zmysle vyššie uvedeného dokumentu je definícia DSM nasledovná: „DSM je trojrozmerný povrch znázorňujúci tvar časti zemského povrchu, alebo morského dna, ktorý obsahuje všetky objekty a prvky na ňom (budovy, mosty, vegetácia...)“.

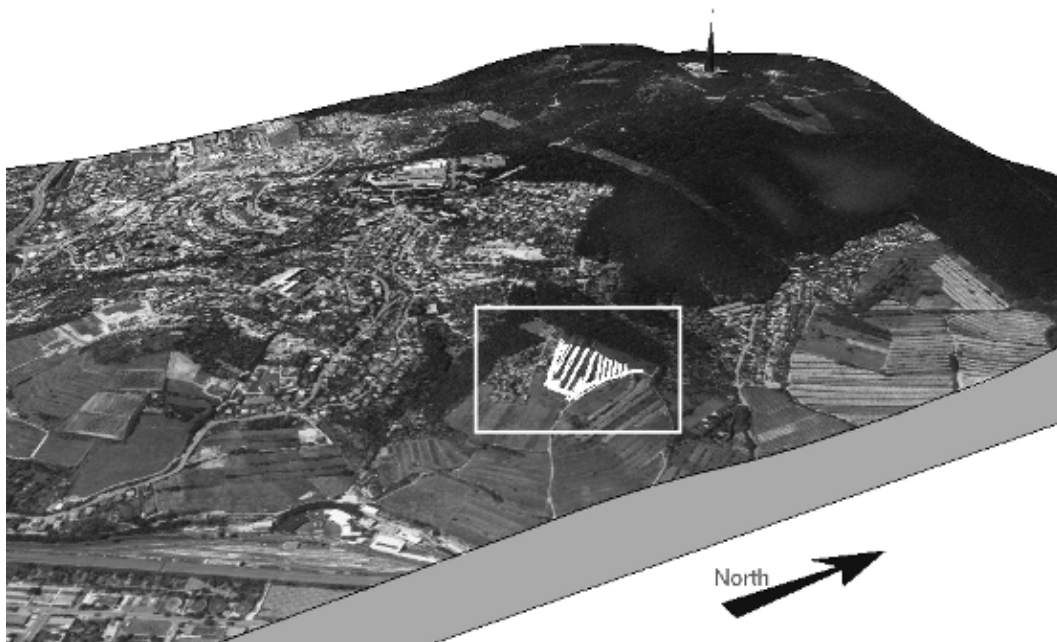
2. Voľba interpolačnej metódy

Po importe geodetických údajov do GIS nasleduje voľba vhodnej interpolačnej metódy pre tvorbu spojitého povrchu DEM. Existuje veľa interpolačných metód, problematické však je vybrať tú najvhodnejšiu. Dôležité je poznať vlastnosti jednotlivých interpolačných metód, zamyslieť sa nad charakterom rozloženia vstupného výškového bodového poľa a overiť predpoklady použitia zvolenej metódy. Pri modelovaní DEM je najdôležitejšia geometrická presnosť modelu, pretože jeho geometrické charakteristiky sú podkladom pre ďalšie modelovanie. Z tohto dôvodu je potrebné zvoliť takú metódu, ktorá čo najlepšie zachováva geometrické charakteristiky originálneho modelu (Feciskanin, 2010). Vhodnými metódami na použitie sú metódy založené na nepravidelných trojuholníkových sieťach, ktoré sú tvorené množinou navzájom susediacich trojuholníkov. Proces samotného vytvárania trojuholníkovej siete z nepravidelného vstupného bodového poľa sa nazýva triangulácia. Najčastejšie sa pritom používajú algoritmy založené na tzv. Delaunayho triangulácii. Je to tvarovo závislá triangulácia, ktorej základným pravidlom je vytváranie takých trojuholníkov, pre ktoré platí, že v ich opísanej kružnici sa nenachádza žiaden iný bod. Zároveň sa týmto pravidlom v trojuholníku maximalizuje minimálny uhol. Táto sieť pri vhodne zvolených bodoch efektívne reprezentuje plochu georeliéfu a zachytáva jeho kostru. Tvorba a hodnotenie presnosti týchto metód tvorby DEM sú v práci (Feciskanin, 2007).

V našom prípade nebola použitá nepravidelná trojuholníková sieť, ale ako iný príklad, interpolačná metóda inverzných vzdialeností IDW (inverse distance weighting). Metóda IDW je vhodná najmä vďaka jej vlastnosti neskresľovať hodnoty v meraných bodoch, na rozdiel od spline funkcií, napr. Regularized spline with tension a Radial basis function, ktoré tieto hodnoty skresľujú. Metóda IDW má rovnako svoje nedostatky ako vznik tzv. „bull s eyes“ (kruhových štruktúr) na miestach riedko rozmiestnených vstupných údajov, atď. Problematika interpolačnej metódy IDW a jej porovnania s inými interpolačnými metódami je podrobne opísaná v (Ježek, 2008).

3. Analýzy v geografickom informačnom systéme

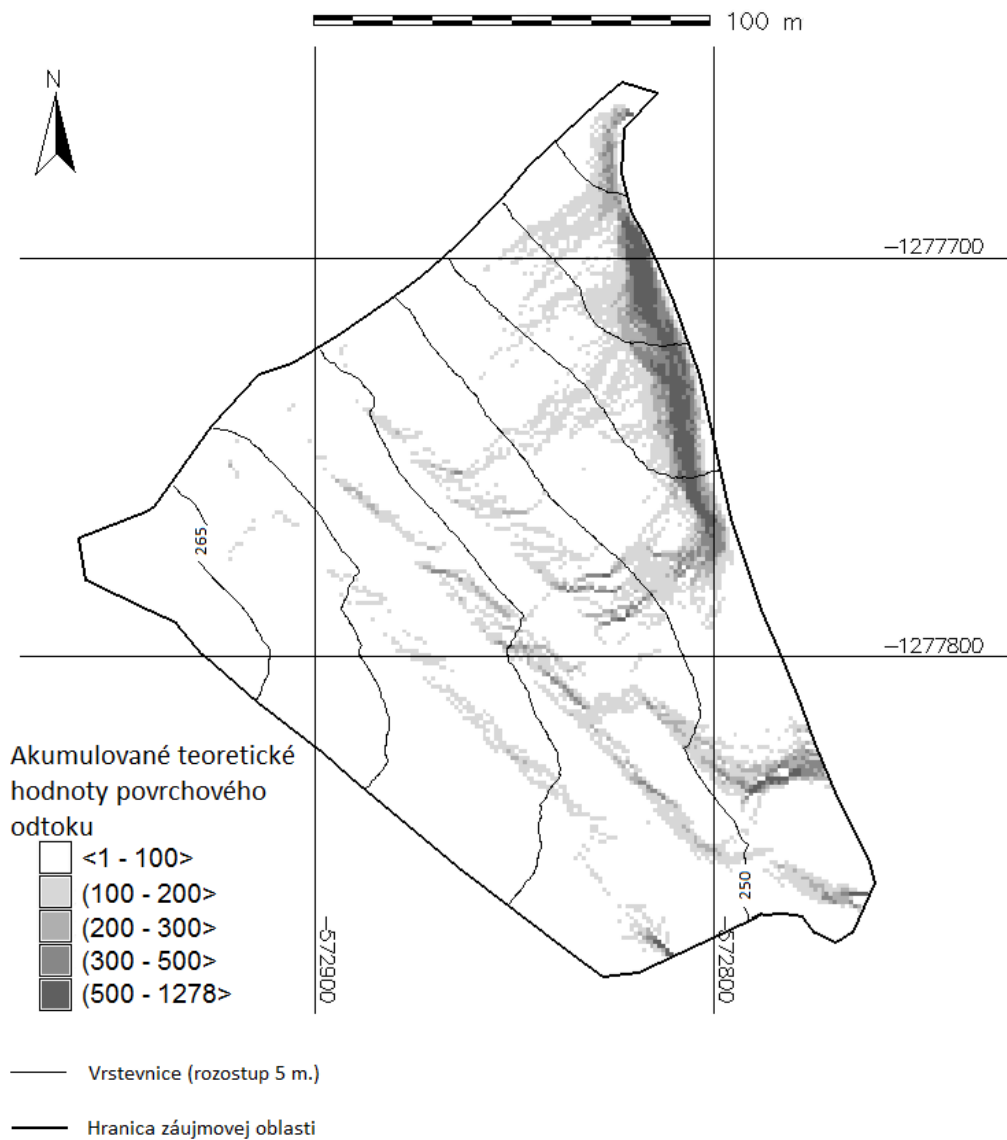
Vytvorený výškový model predstavuje základnú výpočtovú plochu, na základe ktorej je ďalej možné vytvoriť komplexnú morfometrickú analýzu terénnej plochy a simulovať na nej prebiehajúce procesy (Krcho, 2001). Tvorba DEM vrátane všetkých výpočtov, simulácií a analýz boli robené v technologickom prostredí GRASS GIS 6.4.2 a OpenOffice Calc. Záujmové územie, ktoré bolo hodnotené pri návrhoch urbanistickej štúdie znázorňuje obr. 1.



Obr. 1 Lokalizácia záujmového územia: Bratislava – Vinohrady

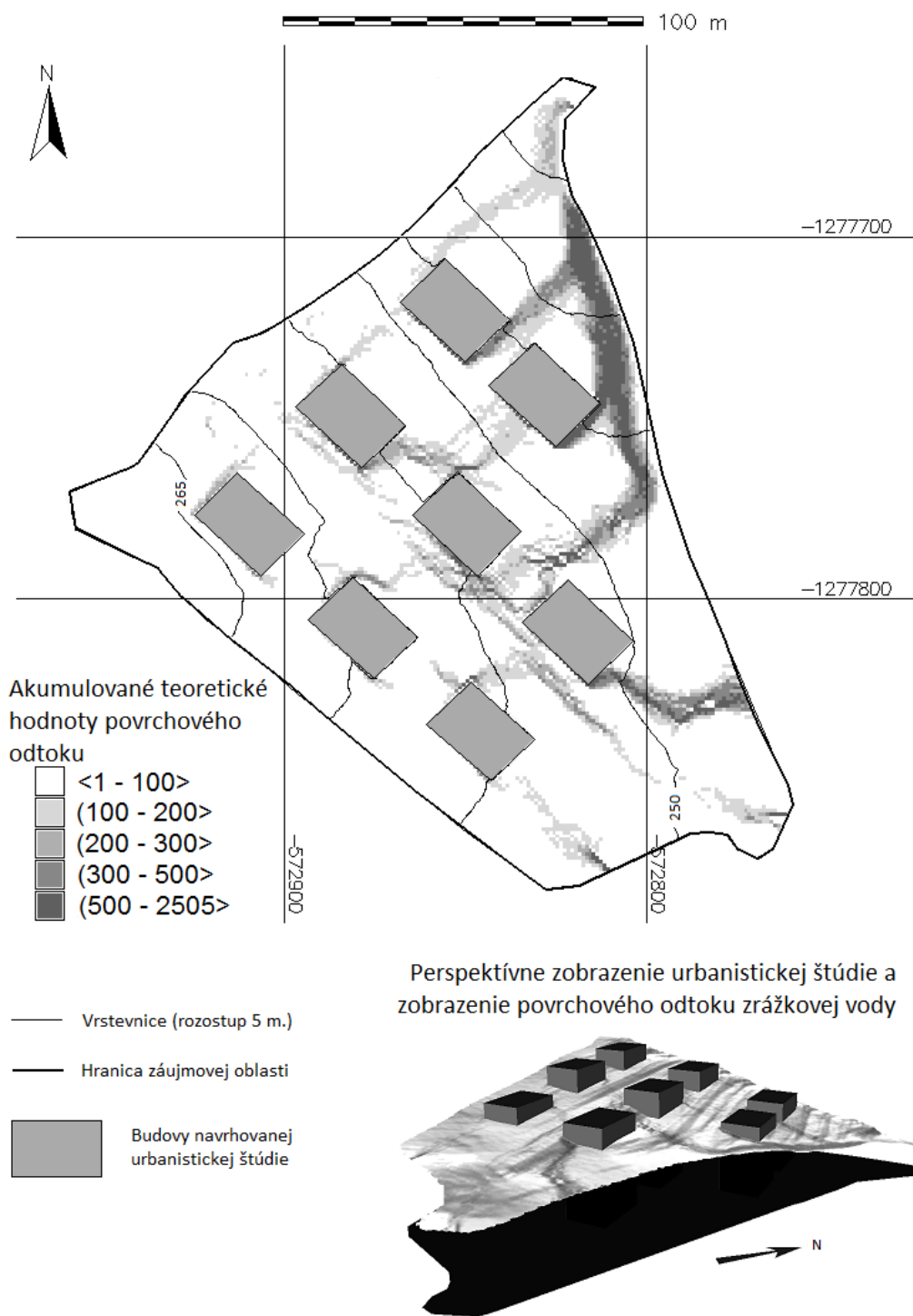
K exogénnym procesom, ktoré sa najväčšou mierou podieľajú na modelovaní topografickej plochy, patrí najmä povrchový odtok, ktorý vzniká pri intenzívnejšej zrážkovej činnosti. Modelovanie povrchového odtoku a jeho intenzita sa dá však vyjadriť iba teoretickými hodnotami. Podkladom pre ich čo možno najreálnejšie vyjadrenie je DEM s vysokým horizontálnym rozlíšením (v našom prípade je hodnota horizontálneho rozlíšenia DEM jeden meter). Podstata celého výpočtu spočíva v prvotnom výpočte smerov povrchového odtoku v každej bunke rastra DEM (bunka rastra je determinovaná jeho horizontálnym rozlíšením, v našom prípade ide o štvorec veľkosti 1x1 meter). Smer povrchového odtoku ovplyvňuje najmä geometria plochy a lokalizujú ho spádové krivky ústiace do údolníc. Po výpočte smerov povrchového odtoku sa počíta akumulovaný teoretický povrchový odtok (ďalej intenzita odtoku) na základe spádových charakteristík v každej bunke rastra. Automatizovane je to možné vytvoriť pomocou analytického nástroja s názvom „r.terraflow“, ale bez konkrétnych jednotiek povrchového odtoku. Modul „r.terraflow“ umožňuje okrem výpočtu intenzity odtoku, výpočet povodí, smerov prúdenia a výpočet indexu konvergencie (teda pomer hodnoty intenzity odtoku a hodnoty sklonu topografickej plochy v smere spádových kriviek v každej bunke rastra). Na výpočet zatopených častí povrchu DEM uvádza Neteler a Mitášová (2008) modul „r.sim.water“.

V našom prípade sa pozornosť upriamila hlavne na výpočet intenzity odtoku a jeho priestorovú koncentráciu pred zakomponovaním urbanistickej štúdie a po jej zakomponovaní. Hodnoty intenzity odtoku boli reklasifikované do piatich tried, aby bolo možné vyčísliť a priestorovo zobrazit' na akých rozlohách sa nachádza aká intenzita povrchového odtoku. Pri pôvodnom stave topografickej plochy DEM boli hodnoty intenzity odtoku v intervale od 1 až 1278. Tieto hodnoty boli ďalej reklasifikované do týchto zvolených tried intenzity odtoku: interval od 1 do 100, od 100 do 200, od 200 do 300, od 300 do 500 a od 500 do 1278. Hodnoty intenzity odtoku zaberali nasledujúcu rozlohu vyjadrenú v percentách: interval od 1 do 100 – 80,7 %, od 100 do 200 – 12,9 %, od 200 do 300 – 2,8 %, od 300 do 500 – 2 %, od 500 do 1278 1,7%. Graficky situáciu znázorňuje obr. 2.



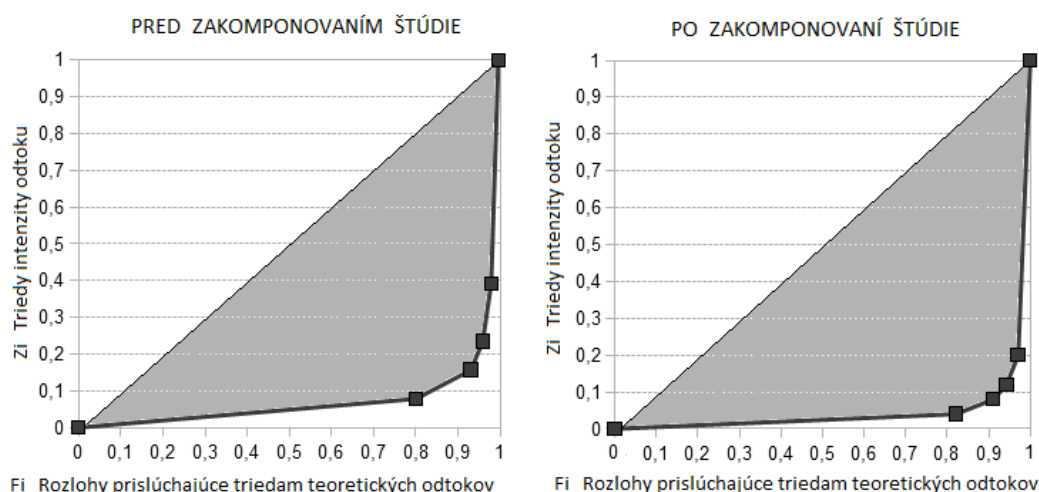
Obr. 2 Akumulované teoretické hodnoty povrchového odtoku na DEM

Pri zakomponovaní urbanistickej štúdie na topografickú plochu DEM už musíme uvažovať o digitálnom modeli povrchu, čiže DSM. V tomto prípade sa nám situácia mení, maximálne hodnoty intenzity odtoku sa zdvojnásobili a dostávame interval hodnôt od 1 až 2505. Hodnoty boli ďalej reklasifikované do piatich zvolených tried intervalov intenzity odtoku: od 1 do 100, od 100 do 200, od 200 do 300, od 300 do 500 a od 500 do 2505. Tieto hodnoty intenzity odtoku zaberajú rozlohu vyjadrenú v percentách: interval od 1 do 100 – 82 %, od 100 do 200 – 9,1 %, od 200 do 300 – 3,2 %, od 300 do 500 – 2,8 %, od 500 do 2505 – 2,9 %. Graficky situáciu znázorňuje obr. 3.



Obr. 3 Akumulované teoretické hodnoty povrchového odtoku na DSM

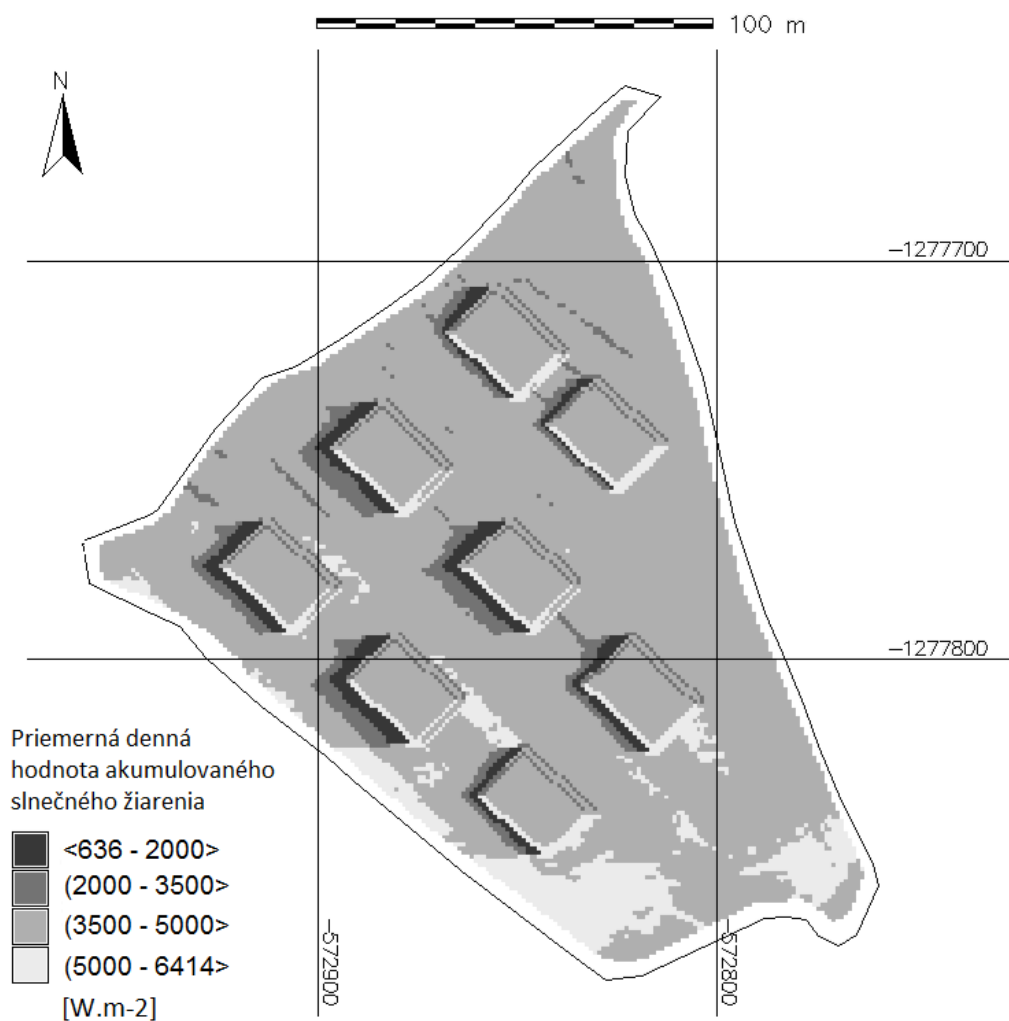
Priestorová diferenciácia procesu povrchového odtoku je markantná nielen v zvýšení maximálnej intenzity povrchového odtoku, ale aj v rozlohe jednotlivých tried intenzity odtoku. Vyššie hodnoty intenzity povrchového odtoku sa začali koncentrovať na väčšej ploche, čo môže mať za následok zvýšenú eróziu pôdy na exponovaných miestach. Tento jav sa dá vyjadriť štatistickými metódami konkrétne mierami koncentrácie. Graficky bola koncentrácia intenzity povrchového odtoku, pred a po zakomponovaní urbanistickej štúdie, znázornená Lorenzovou krivkou na obr. 4, ktorá znázorňuje koncentráciu intenzity odtoku na veľkosť plochy. Pri jej konštrukcii boli na os x nanášané kumulatívne relatívne početnosti jednotiek súboru (čiže hodnoty od 0 % po 100 % reprezentujúce rozlohy povrchového odtoku a označené ako F_i). Na os y boli nanášané kumulatívne relatívne podiely tried intenzity odtoku na celkovom úhrne hodnôt znaku v súbore (čiže hodnoty od 0 % po 100 % označené Z_i). Pri tejto krivke platí pravidlo: „čím väčšia je plocha medzi Lorenzovou krivkou a diagonálou, tým je väčší stupeň koncentrácie“. Veľkosť koncentrácie sa dá vyjadriť aj číselne, a to koeficientom koncentrácie, prípadne pomerom koncentrácie. Koeficient koncentrácie i pomer koncentrácie nadobúdajú hodnoty z intervalu $<0; 1>$. Čím viac sa ich hodnota blíži k 1, tým je koncentrácia silnejšia (Gregorová a Fillová, 2004). Hodnota koeficientu koncentrácie pred zakomponovaním urbanistickej štúdie bola 0,855 a pomer koncentrácie 0,766, po zakomponovaní urbanistickej štúdie sa hodnoty zvýšili pre koeficient koncentrácie na 0,922 a pomer koncentrácie na hodnotu 0,879. To značí zvýšenie koncentrácie povrchového odtoku po zakomponovaní urbanistickej štúdie. Získané poznatky sa dajú využiť pri navrhovaní inžinierskych sietí, vhodných miest na umiestnenie odtokových kanálov, prípadne ako spádovať nové komunikácie a chodníky.



Obr. 4 Lorenzová krivka vyjadrujúca koncentráciu teoretického odtoku na záujmovom území pred a po zakomponovaní urbanistickej štúdie

V zmysle požiadavky Európskeho parlamentu a rady, stavať po roku 2020 všetky nové budovy s takmer nulovou spotrebou energie, je potrebné pri projektovaní budov maximálne využiť slnečný energetický potenciál. Z tohto dôvodu bolo treba vytvoriť model slnečného ožiarenia terénnej plochy po zakomponovaní urbanistickej štúdie. Na vytvorenie modelu ožiarenia slúži analytický nástroj s názvom „r.sun“, ktorý umožňuje vypočítať hodnoty uhla slnečného žiarenia, priame, rozptýlené, odrazené slnečné žiarenie, alebo celkové akumulované množstvo slnečného žiarenia v zvolený deň na základe množiny vstupných údajov (v našom prípade digitálny model povrchu DSM, orientácia DSM voči svetovým stranám, sklon DSM v smere spádových kriviek, zemepisná šírka, zemepisná dĺžka, koeficient znečistenia atmosféry, atď.). V tomto prípade sa opäť uvažuje iba o teoretických hodnotách, keďže na množstvo slnečného žiarenia má vplyv množstvo iných faktorov. Zaujímala nás možnosť výpočtu priemerných denných hodnôt úhrnu slnečného žiarenia dopadajúceho na jednotku plochy v záujmovom území. Túto hodnotu sme získali jednoduchým

aritmetickým priemerom. Vypočítali a sčítali sme množstvá slnečného žiarenia za každý jeden deň v roku (t. j. celkovú ročnú hodnotu teoretického akumulovaného slnečného žiarenia) a vydelením hodnotou 365 sme získali priemernú dennú teoretickú akumulovanú hodnotu. Výsledný raster (obr. 5) prezentuje priemernú dennú hodnotu teoretického akumulovaného slnečného žiarenia vo Wattoch (W) na jednotku plochy (m²).



Obr. 5 Priemerná denná teoretická hodnota akumulovaného slnečného žiarenia

Záver

Cieľom príspevku bolo ukázať používateľom možnosti využitia geografických informačných systémov pri návrhoch urbanistických štúdií a pri ich ďalších postupoch optimalizácie. Proces optimalizácie by mal zohľadňovať prírodné podmienky predstavujúce základné krajinnno-ekologické limity prostredia pre formovanie urbánnych celkov. Na tomto príklade možno ukázať, že akýkoľvek zásah do krajiny sa prejaví v zmene priestorovej diferenciácie procesov na nej prebiehajúcich. Povrchový odtok sa z kratšieho časového hľadiska najväčšími podieľa na prenose materiálu a erózii

pôdy. Jeho zvýšenej intenzite možno predchádzať budovaním zberných kanálov, alebo správnym spádovaním ciest a chodníkov. Pre využitie optimálnych solárnych ziskov je potrebné zástavbu budov orientovať na južné smery a s takou hustotou a výškou budov, aby tieň vrhnuté budovami nebránili v prístupe k priamemu slnečnému žiareniu okolitým budovám.

Literatúra

- FECISKANIN, R. (2007). Lokálna optimalizácia nepravidelnej trojuholníkovej siete s rešpektovaním podmienky správnej konfigurácie trojuholníkov. *Geodetický a kartografický obzor*, 53/95, 7-8, s. 151-155.
- FECISKANIN, R. (2010). Metódy zjednodušovania modelov plôch pri modelovaní georeliéfu nepravidelnou trojuholníkovou sieťou. *Kartografické listy*, 19, s. 46-53.
- GREGOROVÁ, G., FILLOVÁ, V. (2004). *Štatistické metódy v geografii*. Bratislava (Geografika).
- HÁJEK, J. (2011). *Domy s takmer nulovou spotrebou energie povinne do roku 2020*. [online] [cit. 2012-01-03]. Dostupné na: <<http://www.istavebnictvo.sk/clanky/domy-s-takmer-nulovou-spotrebou-energie-povinne-od/>>
- JEŽEK, J. (2008). *Geostatistika (Úvod do geoštatistiky)*. Praha (Matfyz Press).
- KRCHO, J. (2001). *Modelovanie georeliéfu a jeho geometrickej štruktúry pomocou DTM (Polohová a numerická presnosť)*. Bratislava (Q111).
- MITASOVA, H., MITAS, L., RATTI, C., ISHII, H., ALONSO, J., HARMON, R. S. (2006). Real-Time Landscape Model Interaction Using a Tangible Geospatial Modeling Environment. *IEEE Computer Graphics*, 26, 4, s. 55-63.
- NETELER, M., MITÁŠOVÁ, H. (2008). *Open Source Gis a GRASS GIS Approach*. Third Edition, New York (Springer).
- Data Specification on Elevation – Draft Guidelines D2.8.II.1 (2010). 79 s. [online] [cit. 2011-12-14]. Dostupné na: <<http://inspire.jrc.ec.europa.eu>>

S u m m a r y

Proposals for urban studies using geographical information systems

Map Continual development of geographical information systems (GIS) creates new possibilities in landscape study. Nowadays GIS is able to simulate landscape processes in real time, either in 2D or 3D visualizations. Because of this approach GIS found widespread exploitation in various human activities and science. The main goal of this article was aimed at exploitation of GIS in urban study proposals and its optimization. The first step in modelling terrain analysis and processes is to create a high resolution digital elevation model (DEM) from input geodetical points. From DEM we are able to calculate morphometrical parameters, compute flow directions, flow accumulations, flooded places, solar irradiance, etc. After this analysis there is a space for urban study proposals, which can be integrated into DEM. We obtain a digital surface model (DSM) which includes buildings from urban study. Then we have to calculate morphometrical parameters, compute flow directions, flow accumulations, flooded places and solar irradiance, but from DSM. Finally there is space for statistical evaluations and comparisons. Our results show differences between DEM and DSM in flow accumulations and its spatial concentration and how the solar irradiation model can be used. At the end it is important to say that values we have achieved have only theoretical character, but usable in various ways, for example water erosion modelling and solar urbanism.

Fig. 1 Location of study area: Bratislava – Vinohrady

Fig. 2 Theoretical accumulated water flow values on the DEM

Fig. 3 Theoretical accumulated water flow values on the DSM

Fig. 4 Concentration of theoretical water flow values before and after urban study incorporation displayed with Lorenz curve

Fig. 5 Average daily value of accumulated solar irradiance