

Výber lokalít pre veterné zariadenia nástrojmi GIS

Žofia Kuzevičová¹, Ľubica Kozáková² a Štefan Kuzevič³

Choice of Locations for Wind Energy Utilization With GIS Tools

Using of renewable energy sources, among which we can classify, wind energy, meet the requirements of environmental acceptable. The renewable energy sources have significant role in meeting the targets of Kyoto Protocol and they have very important role in the field of local and regional development and employment. Potential builder of wind plant have to take to consideration many different factors. Power of wind is one of these factors. Wind power can be estimate from measured data at the climatologically stations and airports. Choice of potential locality is by influenced many others factor, such as quantity and parameters obstacles, elevation, accessibility location for building machines, distance from connection of high voltage, etc. For examination locality we can use the GIS tools.

Key words: Wind Energy, GIS, Wind Plant, Digital Terrain Model

Úvod

Použitie výpočtovej techniky umožňuje zefektívnenie prác a napomáha pri rozhodovacích a riadiacich procesoch. Geografické informačné systémy (GIS) sa v súčasnej dobe zaraďujú medzi najrýchlejšie sa rozvíjajúce informačné technológie a systémy. Základom GIS je databáza údajov o lokalite. Údaje, s ktorými GIS pracuje sa označujú pojmom geoobjekt, pričom každý geoobjekt je unikátny svojou polohou a obsahuje ďalšie vlastnosti. GIS obsahuje nástroje, ktoré umožňujú komplexne spracovávať a posudzovať tieto rôznorodé údaje uložené v databáze z danej lokality.

Faktory ovplyvňujúce výber vhodných lokalít

Slovensko patrí medzi krajiny s prevažujúcim turbulentným prúdením vetra. Vhodnými miestami na využitie veternej energie sú tie oblasti, v ktorých priemerná ročná rýchlosť vetra dosahuje minimálne 6,5 m.s⁻¹. Oblasti s menšou rýchlosťou sa nepokladajú za vhodné, pretože sa neprodukuje dostatočný výkon. Z posledného výskumu v SR vyplýva, že oblasti na umiestenie veterných turbín s rýchlosťou vetra presahujúcou 5,5 m.s⁻¹ sú obmedzené (191 km², čo je iba 0,4 % územia Slovenska). Ostatné oblasti majú ešte horšie veterné podmienky (na 16,4% plochy dosahuje priemerná rýchlosť vetra viac ako 3,5 m.s⁻¹ a na 2,4 % je vyše 4,5 m.s⁻¹). Pre výpočet technického potenciálu boli zahrnuté iba územia s rýchlosťou vetra viac ako 4,4 m/s. Potenciál bol vypočítaný na základe predpokladu, že sa použijú veterné turbíny s výkonom 500 až 1000 kW [1].

Podľa mapy veterných podmienok, spracovanej SHMÚ, oblasť s rovnakou rýchlosťou vetra je rozdelená na 23 lokalít. Národné parky sú úplne vylúčené z environmentálnych dôvodov. Je pritom zaujímavé, že všetky oblasti, v ktorých rýchlosť vetra presahuje 5,5 m.s⁻¹, sú v národných parkoch. Tieto oblasti by boli aj tak ťažko využiteľné vzhľadom na obmedzený prístup a vysoké náklady na stavbu zariadení. Väčšina oblastí s vetrom nad 4,5 m.s⁻¹ leží vo väčších chránených krajinných oblastiach a preto iba 50 % oblastí s rýchlosťou nad 4,5 m/s je zahrnutých do využiteľnej plochy [1].

Základné faktory

Medzi základné faktory ovplyvňujúce výber lokality patria [3]:

- veternosť (priemerná rýchlosť vetra a početnosť, smer vetra),
- množstvo a parametre prekážok (stromy, stavby),
- meteorologické javy,
- nadmorská výška.

¹ Ing. Žofia Kuzevičová PhD., Katedra GIS, TU FBERG, Park Komenského 19, 043 84 Košice, tel. +421556023101. zofia.kuzevicova@tuke.sk

² Ing. Ľubica Kozáková, PhD., Katedra mineralurgie a environmentálnych technológií, TU FBERG, Park Komenského 19, 043 84 Košice, tel. +421556022969. lubica.kozakova@tuke.sk

³ Ing. Štefan Kuzevič PhD., Katedra Podnikania a manažmentu, TU FBERG, Park Komenského 19, 043 84 Košice, tel. +421556022967. stefan.kuzevic@tuke.sk

(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 14. 5. 2007)

Iné požiadavky na lokalitu

Pre posúdenie lokality ako potenciálne vhodného miesta pre postavenie veternej elektrárne však nepostačujú len faktory týkajúce sa priamo vetra. Treba vziať do úvahy faktory ovplyvňujúce priamo výstavbu veternej elektrárne, stavbu je konzultovať aj s útvárom, ktorý má na starosti rozvoj regiónu a pod. [3], [4].

Faktory ovplyvňujúce možnosť umiestnenia vhodnej technológie sú:

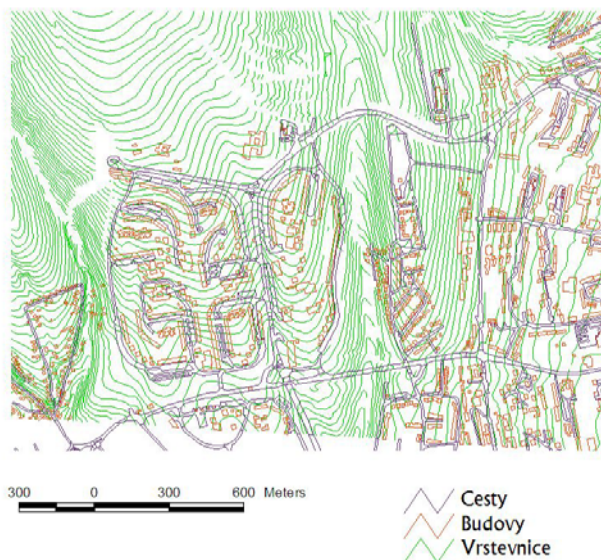
- nosnosť podlažia, kvalita podkladu a seizmické vplyvy, geologické podmienky,
- dostupnosť lokality,
- vzdialenosť od prípojky vysokého napätia alebo veľmi vysokého napätia s dostatočnou kapacitou,
- vzdialenosť od obývaných oblastí,
- miera zásahu do okolitej prírody,
- majetkoprávne vzťahy k pozemkom.

Aplikácia nástrojov GIS

Pre posúdenie lokality je nevyhnutné v prvom kroku vytvoriť databázu údajov o danom území. GIS vychádza z počítačovej grafiky a pracuje s dvoma základnými typmi údajov a to vektorovými a rastrovými. Oba základné typy majú svoje použitie v praxi. Pri vytváraní databázy je potrebné danú lokalitu rozdeliť do jednotlivých logických vrstiev. Pri tom sa využíva vrstvomý prístup GIS. Všetky spracovávané údaje musia byť polohovo lokalizované. Na území Slovenska sa využíva súradnicový systém S-JTSK.

Medzi základné vrstvy môžeme zaradiť vrstevnice (nadmorská výška), kóty, cestnú a železničnú sieť, mestá a obce (budovy), riečnu sieť a geologickú charakteristiku oblasti. Tieto vrstvy vzhľadom ďalšie analýzy budú spracovávané a uchovávané ako vektorové.

Pre posúdenie veternosti lokality sa berú do úvahy štatistické veličiny vetra napr. jeho rýchlosť. Väčšina softvérov, ktoré sú určené pre vytváranie GIS obsahujú aj nástroje pre štatistické spracovanie údajov. Celková veternosť lokality určitej oblasti sa dá odhadovať z meraní urobených na staniách, ktoré prevádzkuje SHMU.

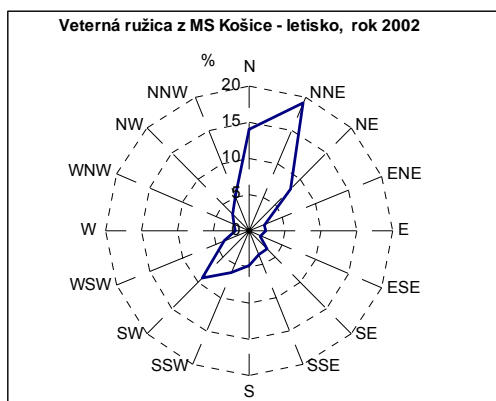


Obr. 1. Základné navrhované vrstvy.
Fig. 1. The basic design layers.

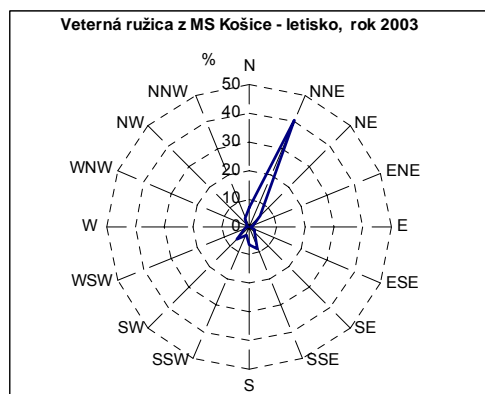
Veternosť vybranej lokality

Pre posúdenie veternosti lokality Košice boli získané údaje z troch klimatických pozorovacích staníc - Kojšovská Hoľa 11958, Košice - mesto 11960 a Košice - letisko 11968 Údaje boli poskytnuté SHMÚ z pobočky v Košiciach z rokov 1995 – 2004. Získané údaje boli denné priemery rýchlostí vetra [ms^{-1}]. Spracovávané dáta boli pre lokalitu Košice – mesto neúplne za roky 2002 a 2003. Tieto roky neboli do výpočtu zahrnuté.

Základnou štatistickou veličinou charakterizujúcou vietor je jeho rýchlosť. Samotnú rýchlosť vetra ovplyvňuje množstvo rôznych faktorov. Celková veternosť určitej oblasti sa dá s určitou približnosťou odhadovať, extrapoláciou z meraní urobených na jednotlivých meteorologických staniách a letiskách. Merania napríklad na letiskách sú vykonávané zväčša vo výške 10 m nad terénom a miesto merania je situované nad pomerne rovnomerným otvoreným terénom.



Obr. 1. Veterná ružica z meteorologickej stanice Košice - letisko za rok 2002 (početnosť smerov vetra je vyjadrená v %).
Fig. 2. The wind rouse from the meteorologic station Kosice – airport per 2002 (multitude of wind course is expressed in %).



Obr. 2. Veterná ružica z meteorologickej stanice Košice - letisko za rok 2003 (početnosť smerov vetra je vyjadrená v %).
Fig. 3. The wind rouse from the meteorologic station Kosice – airport per 2003 (multitude of wind course is expressed in %).

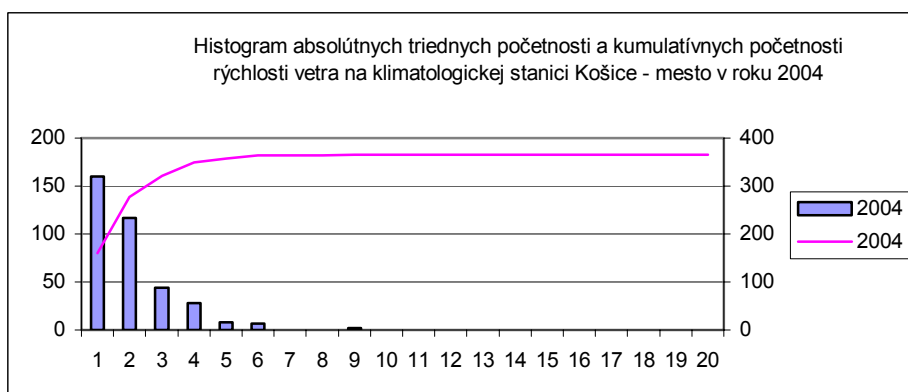
Ďalšou charakteristikou vetra je jeho smer. Smer vetra nie je náhodný. Na pozorovacích miestach sa dajú určiť prevládajúce smery. Celkové trendy smeru vetra sú dané typom počasia, teda smerom výškového vetra a jeho orografickým skreslením. V strednej Európe prevláda prúdenie zo severozápadu až západu.

Obr. 1 zobrazuje početnosti výskytu smerov vetra. Prevládajúci smer vetra v roku 2002 bol severoseverovýchodný (NNE), početnosť jeho výskytu je 19,2 % zo všetkým meraných termínov. Relatívna početnosť výskytu bezvetria (rýchlosť vetra pod 0,5 m/s) je 8,7 %. Obr. 2 zobrazuje početnosti výskytu smerov vetra. Prevládajúci smer vetra v roku 2003 bol severoseverovýchodný (NNE), početnosť jeho výskytu je 40,7 % zo všetkým meraných termínov. Relatívna početnosť výskytu bezvetria (rýchlosť vetra pod 0,5 m/s) je 8,2 %.

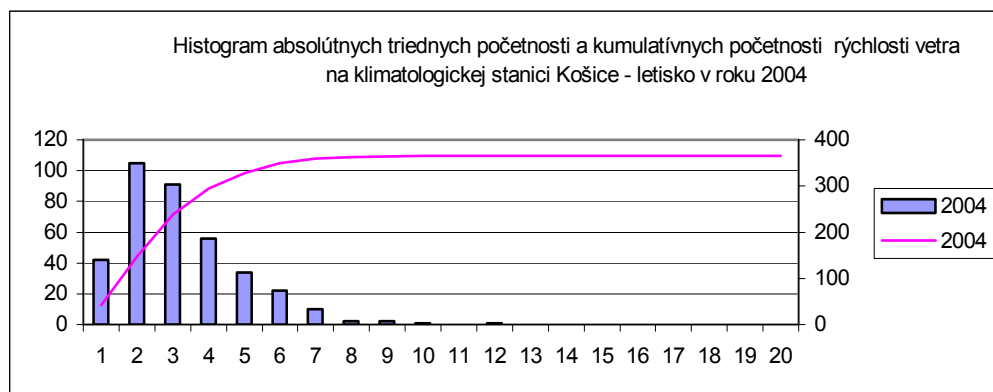
Vzdialenosť čiary ružice od stredu reprezentuje percentuálny výskyt pozorovania vetra z daného smeru ku počtu všetkých pozorovaní, bez ohľadu na jeho silu. Za bezvetrie sa považuje vietor o intenzite menšej ako 1° Beaufortovej stupnice, t.j. menej ako $0,2 \text{ m.s}^{-1}$. Najvýznamnejší vplyv na smer pozorovaného vetra u nás majú pozemské prekážky dané reliéfom krajiny. Pohoria a údolia výrazne ovplyvňujú nielen rýchlosť, ale aj smer vetra. Pretiahnutá znížena terénu usmerňuje prúdenie. V takýchto polohách bývajú najpočetnejšie pozorované vetry z dvoch protiľahlých smerov paralelných s pozdĺžnou osou znížiny. Reliéf Slovenska je značne členitý. Javí sa že na východnom Slovensku je severné prúdenie. Na východnom Slovensku je väčšina riečnych údolí orientovaná do tohto smeru.

Početnosť veterných dní vyjadruje, koľko času fúka vietor z nejakého intervalu rýchlostí. Je to najdôležitejšia charakteristika veternosti zvolenej lokality. Rýchlostné intervaly sú delené po 1 m.s^{-1} .

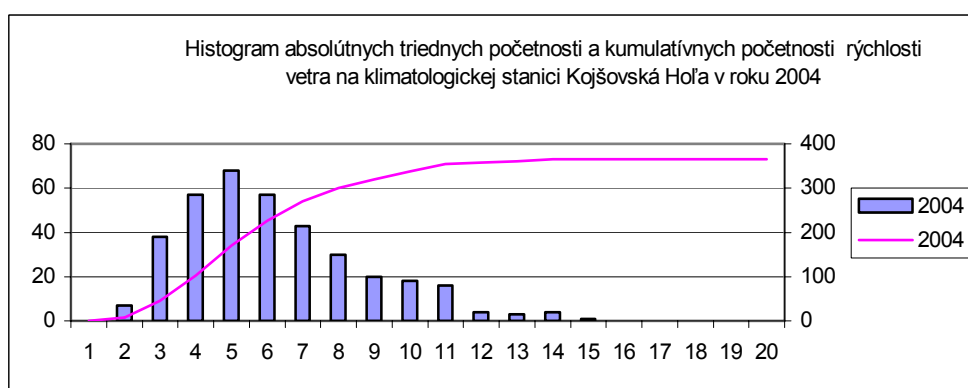
Na zvislej osi je vynášaný percentuálny výskyt vetra. Každý interval sily vetra má svoj čas za aký sa v roku vyskytoval (môžu byť aj viacročné merania). Vzhľadom na to, že prvá kategória 0 až 1 m.s^{-1} zahŕňa aj bezvetrie musí byť plocha grafu rovná hodnote 1 (vždy bol vietor z nejakého intervalu). Povaha tohto javu je taká, že grafický priebeh sa dá veľmi dobre aproximovať Weibulloým rozdelením. Ak sa teda preloží takto nameranú početnosť týmto rozdelením, získa sa spojitý graf. Čím je vrchol viac v pravo, tým častejšie býva silný vietor na úkor slabšieho.



Graf 1. Početnosť vetra pre lokalitu Košice – mesto.
Graph. 1. Multitude of wind for the locality Košice – city.



Graf 2. Početnosť vetra pre lokalitu Košice – letisko.
Graph. 2. Multitude of wind for the locality Košice - airport



Graf 3. Početnosť vetra pre lokalitu Kojšovská Hoľa.
Graph. 3. Multitude of wind for the locality Kojšovská Hoľa.

Z grafu 1 vyplýva, že lokalita Košice- mesto sa javí ako málo veterná. Z grafov 2 a 3 vyplýva, že skúmané lokality Košice – letisko a Kojšovská Hoľa z hľadiska početnosti sa dajú považovať za veterné lokality.

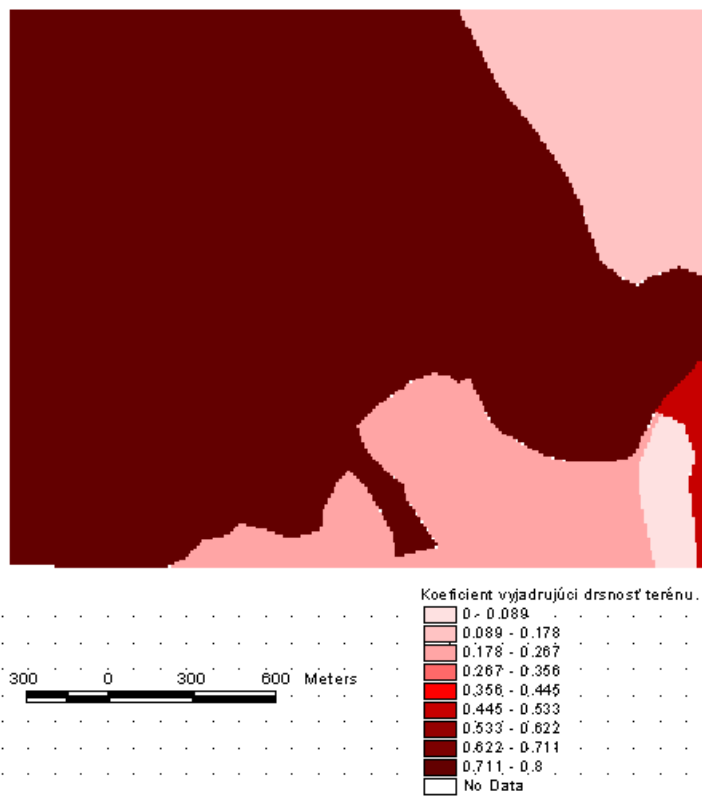
Výber lokality

Okrem celkovej veternosti lokality sa potenciálny staviteľ veternej elektrárne predovšetkým sústreďuje na ďalšie dva faktory. Prvým z nich je terén, ktorý by mal mať čo najnižšiu drsnosť (Tab. 1) a druhým je orografický efekt. Veterné turbíny sa zvyčajne stavajú na miestach, kde využíva urýchlenie vetra.

Tab. 1. Koefficient vyjadrujúci drsnosť terénu.
Tab. 1. The coefficient expressive a roughness of terrain.

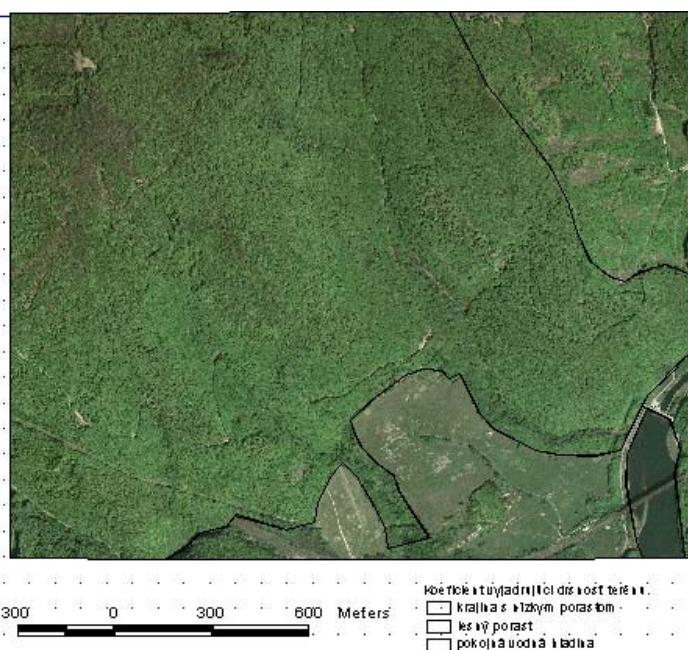
Terén	z_0 [m]
Fad, blato	0,00001 – 0,00003
pokojná vodná hladina	0,0002 – 0,0003
piesok	0,0002 – 0,001
zasnežený rovinný terén	0,001 – 0,006
rovinný terén s nízkou trávou	0,001 – 0,01
step	0,01 – 0,04
poorané pole	0,02 – 0,03
vysoká tráva	0,04 – 0,1
krajina s nízkym porastom	0,1 – 0,3
lesný porast	0,1 - 1
malé mesto, predmestie	1 - 2
centrá veľkomiest	1 - 4

Pri posudzovaní drsnosti terénu sa vytvorí vrstva s bunkovou štruktúrou, kde hodnota uložená v bunke bude vyjadrovať drsnosť terénu. Túto drsnosť je možné získať priamym prieskumom terénu a tiež z leteckých snímok skúmaného územia. Na obrázku 4 je ukážka vytvorenia vrstvy grid. Táto vrstva bola vytvorená z leteckého snímku danej lokality, kde jednotlivé oblasti boli najprv spracované ako polygónová vrstva (Obr. 5). Jednotlivým polygónom sa priradila hodnota koeficientu drsnosti terénu. Potom nasledovala konverzia vektorovej na rastrovú reprezentáciu. Pre posúdenie lokality z druhého hľadiska (orografický efekt) je vhodné vytvoriť digitálny model terénu danej posudzovanej oblasti. Veterné turbíny sa často stavajú na vrcholoch pahorkov a kopcov. Intenzita turbulencie je na vrchole zvyčajne nižšia ako by bola nad rovinným terénom v rovnakej výške. Pokiaľ je strmosť kopca menšia ako je 1:4 je nepravdepodobné, že by sa objavila separácia prúdenia. Kopce so strmosťou väčšou ako 1:3 sú pre veternú elektrárňu nevhodné, pretože veterná turbína pracuje v neustálych víroch [2].



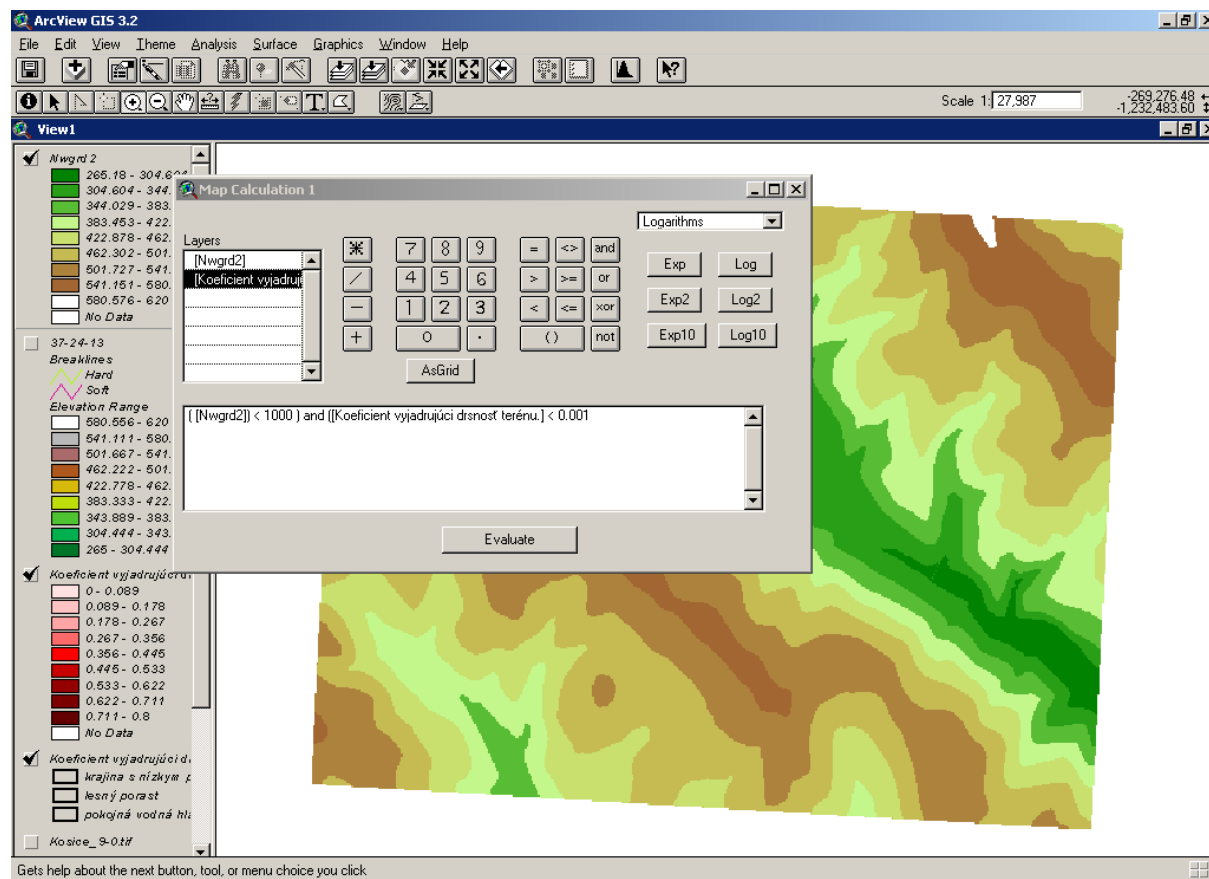
Obr. 4. Grid vrstva koeficientu vyjadrujúceho drsnosť terénu.

Fig. 4. The grid layer of coefficient expressive a roughness of terrain.



Obr. 5. Polygónová vrstva.

Fig. 5. The polygon layer.



Obr. 6. Map Calculation v prostredí ArcView GIS 3.2.
 Fig. 6. Map Calculation v prostredí ArcView GIS 3.2.

Po vytvorení komplexnej databázy skúmanej lokality je možné prehľadávaním databázy a využitím mapovej algebry vytypovať vhodné lokality pre vybudovanie veternej elektrárne. Na obrázku 6 je ukážka využitia funkcie Map Calculation v prostredí ArcView GIS 3.2. Vzhľadom na množstvo obmedzujúcich podmienok je nevyhnutné zvoliť poradie a priority týchto požiadaviek.

Záver

Geografické informačné systémy obsahujú množstvo nástrojov, ktoré môžu priniesť vyššiu efektívnosť práce pri posudzovaní a výbere vhodných lokalít pre vybudovanie veternej elektrárne. Vzhľadom na neustále narastajúce ceny elektrickej energie je nevyhnutné hľadať možnosti znižovania nákladov na produkciu a orientovať sa aj na obnoviteľné zdroje energie, čo je v súčasnosti aj jedna z priorit Európskej únie a vlády Slovenskej republiky.

Príspevok vznikol v súvislosti s riešením grantových projektov VEGA č. 1/3060/06 a 1/4167/07 na Fakulte BERG TU v Košiciach.

Literatúra – References

- [1] Konceptia obnoviteľných zdrojov energie, *MH SR*, 2003.
- [2] Štibraný, P.: Veterná energetika, Polygrafia vedeckej literatúry a časopisov SAV v Bratislave,
- [3] Beranovský, J., Truxa, J. a kol: Alternatívni energie pro váš dům, *EkoWATT, ERA group spol.s.r.o.* 2003.
- [4] Sedlák, V.: Possibilities at modelling surface movements in GIS in the Košice Depression, Slovakia *RMZ, Materials and Geoenvironment*, Vol. 51, No. 4, 2005, 2127-2133.