

POTENCIÁL VÝSTAVBY VTE V ČR A MOŽNOSTI ELEKTRICKÝCH SÍTÍ PRO JEJICH PŘIPOJENÍ - ČÁST I.

Jaroslava Orságová, VUT v Brně

Jiří Ptáček, Petr Modlitba, Jiří Malý, EGÚ Brno, a.s.

Výstavba větrných elektráren je na území ČR omezena mnoha faktory, které jsou dány přírodními podmínkami, technickými možnostmi a dále ekologickými, společenskými a politickými omezeními. Přírodní podmínky dané dostatečným větrným potenciálem využitelným pro větrnou energetiku jsou jen v určitých oblastech ČR a udává je příslušná větrná mapa. Tyto využitelné plochy jsou však omezeny konkrétními technickými faktory, které dále omezují plochy a území pro výstavbu VTE. Dalším omezením jsou obtížně specifikovatelná společenská, ekologická a politická omezení. Pro stanovení využitelného potenciálu pro výstavbu VTE bylo nutné stanovit také měrné hodnoty možné velikosti instalovaného výkonu na jednotku plochy využitelné pro výstavbu větrných elektráren.

1. ÚVOD

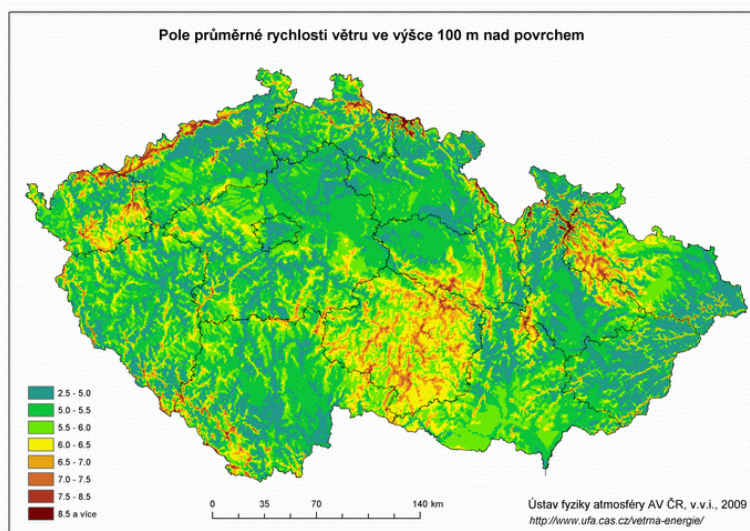
Příspěvek se zabývá analýzou využitelného větrného potenciálu na území ČR, která byla provedena v souvislosti s řešením studie problematiky napojení větrných elektráren do distribuční a přenosové soustavy [1]. Pro odhad celkového energetického potenciálu větru byl použit způsob, ve kterém se nejprve stanoví rozloha území vhodných pro výstavbu větrných elektráren (VTE), na kterou se následně aplikuje hustota možného instalovaného výkonu v MW/km² a na základě toho je určena celková hodnota instalovaného výkonu VTE, který je možno realizovat na území celé České republiky.

Stanovení využitelné plochy je provedeno vzájemným průnikem mapy území s potenciálem větrné energie, který zaručuje rentabilní provoz VTE a map území, ve kterých je výstavba VTE objektivně velmi problematická nebo nemožná. Výchozím podkladem uvedené analýzy je větrná mapa vypracovaná Ústavem fyziky atmosféry AV ČR [2], která udává průměrné rychlosti větru ve výšce 100 m nad povrchem. Dále se pracuje s mapami, které byly zpracovány různými odbornými pracovišti a institucemi a jsou ve většině získány jednak z veřejných zdrojů a jednak z databáze EGÚ Brno, a. s. Všechny tyto mapy jsou upraveny do jednotného formátu a měřítka tak, aby bylo možno je v programu „Mathematica“ vzájemně porovnávat, překrývat a pronikat a získat tak pouze plochu území, která je vhodná pro výstavbu VTE. Pracuje se s mapami s rozlišením 4026 x 2334 pixelů, vzhledem k rozměrům a ploše ČR tedy 1 pixel odpovídá cca 120 m ve skutečnosti.

V druhém kroku je proveden odhad tzv. jednotkové plochy reprezentující hustotu instalovaného výkonu na tomto území a tedy i instalovaného výkonu VTE, které by mohly být potenciálně připojeny v jednotlivých uzlových oblastech distribuční a přenosové soustavy (PS). Takto stanovený potenciál VTE byl v rámci celé studie dále analyzován z pohledu přenosové kapacity dané oblasti sítě a bezpečnosti jejího provozu.

2. ÚZEMÍ S VHODNÝMI PODMÍNKAMI PRO VÝSTAVBU VTE

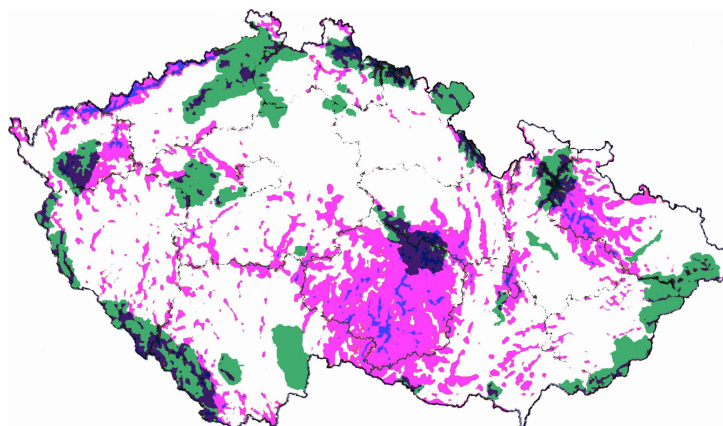
Pro stanovení území vhodných pro výstavbu VTE se vychází z požadavku účinnosti využití primárního obsahu energie, který je uveden ve vyhlášce 475/2005 Sb. určené k provádění zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů a podle kterého se předpokládá, že roční průměrná rychlost větru v lokalitě výstavby větrné elektrárny ve výšce osy rotoru navrhované elektrárny bude 6 m/s a více. Jako výchozího podkladu se tedy použilo větrné mapy, která udává rozložení polí rychlostí větru v m/s ve výšce 100 m nad zemí a byla vypracována Ústavem fyziky atmosféry AV ČR (obr. 1).



Obr. 1 Větrná mapa [2]

S pomocí barevné stupnice, kterou je rychlost větru kvantifikována byly z mapy separovány pouze lokality odpovídající výše uvedenému kritériu rentability výstavby VTE a z takto získaného území byly dále odečteny plochy těch území, která jsou z hlediska výstavby VTE buď zcela vyloučeny, nebo se jeví jako velmi problematické.

A. Chráněné krajinné oblasti (CHKO) a Národní parky (NP) České republiky.

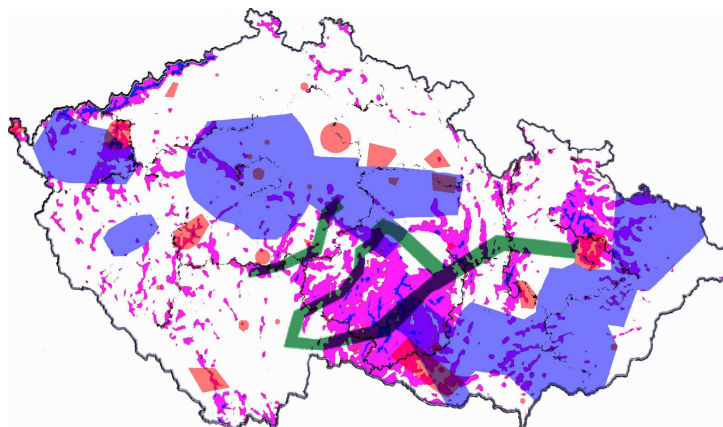


Obr. 2 Eliminace území CHKO a NP z mapy území vhodných pro výstavbu VTE

Na obr. 2 je vidět, že z mapy území, kde je rychlost větru ve výšce 100 m nad terénem nad 6 m/s bylo odečteno území čtyř národních parků a 25 chráněných krajinných oblastí České republiky (zelené plochy), jejichž seznam uvádí zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

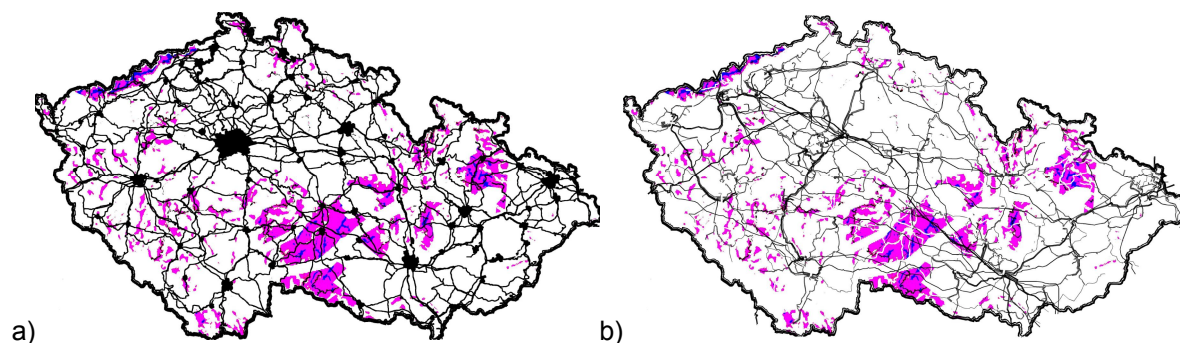
B. Vojenské prostory, velká letiště a rezervovaný vzdušný prostor s výškou spodní hranice menší nebo rovnou 300 stop (tj. 91,5 m) nad úrovní terénu, tedy část tzv. spodního vzdušného prostoru.

Na obr. 3 jsou znázorněny uvedené oblasti na mapě větrného potenciálu: vojenské prostory (červeně), vojenské letecké koridory (zeleně) a velká letiště a rezervovaný vzdušný prostor s výše uvedenou spodní hranicí (modře). Podkladem pro mapu uvedených oblastí byla mapa spodního vzdušného prostoru zveřejněná na stránkách Letecké amatérské asociace České republiky.



Obr. 3 Vojenské prostory a rezervovaný vzdušný prostor na mapě území větrného potenciálu

- C. Silnice, dálnice, železnice a velké městské aglomerace, včetně ochranného prostoru kolem těchto staveb v rozsahu cca 500 m na každou stranu. Důležité liniové stavby: ropovody, plynovody a vedení zvn a vvn (400 kV, 220 kV a 110 kV) včetně ochranného pásma 150 m na každou stranu.

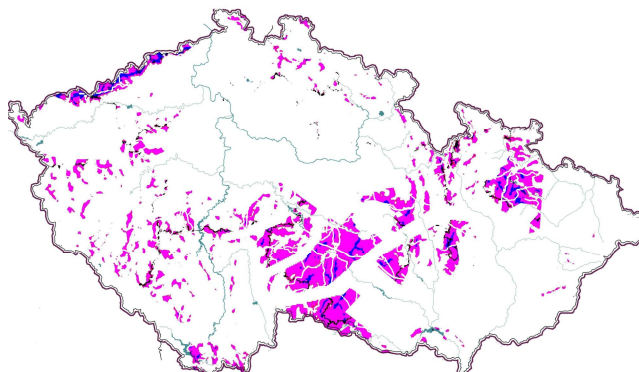


Obr. 4 Omezení využitelného potenciálu větru a) silniční a železniční sítě a velkými městskými aglomeracemi, b) důležitými liniovými stavbami

Na obr. 4 je znázorněno, jak byly z mapy větrného potenciálu eliminovány důležité komunikace a liniové stavby (sítě) vedoucí na území ČR. Mapy, které byly za tímto účelem použity pocházejí z databáze EGÚ Brno, a.s. a tloušťka čar vyznačující uvedené technické stavby byla upravena tak, aby reprezentovala vždy uvedenou stavbu včetně ochranného pásma, kdy se předpokládá, že minimální ochranné vzdálenosti VTE od staveb a zařízení zajistí jejich bezpečnost v případě havárie VTE.

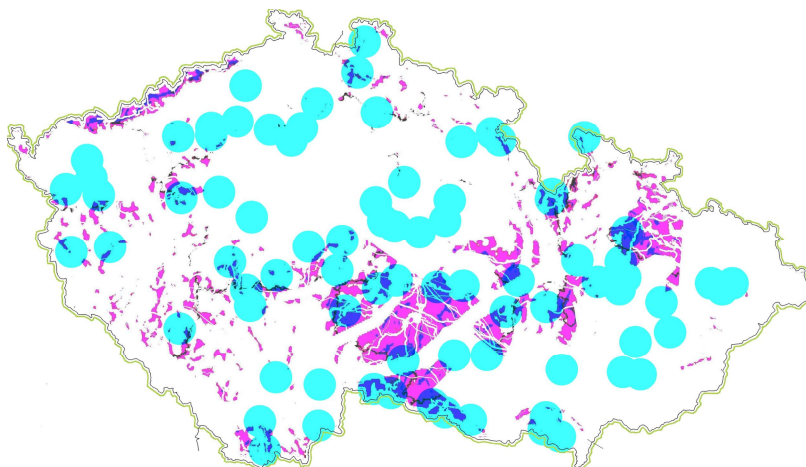
- D. Hlavní vodní toky ČR s uvažováním ochranného prostoru cca 150 m na každou stranu.

Podobným způsobem je dále odečtena z mapy území s vhodným větrným potenciálem také plocha hlavních vodních toků ČR – obr. 5.



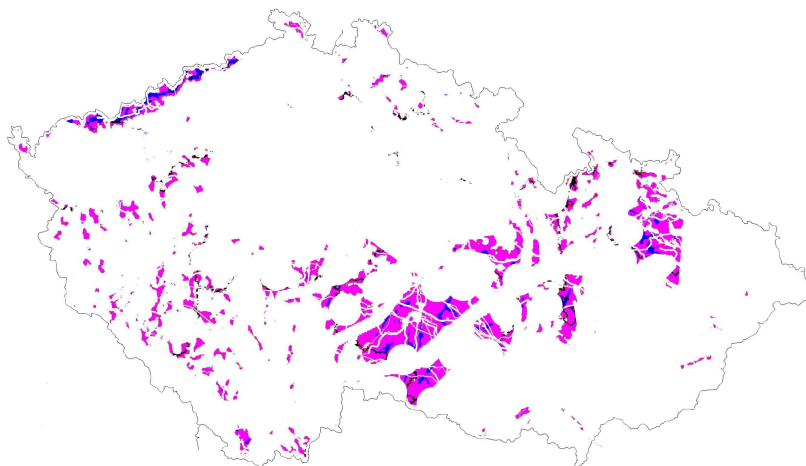
Obr. 5 Velké vodních plochy ČR na mapě využitelného potenciálu větru

- E. Historické a krajinné dominanty s ochranným pásmem o poloměru 10 km podle zásad tvorby a ochrany krajiny.



Obr. 6 Odečtení cca 70 historických a krajinných dominant s ochranným pásmem o poloměru 10 km

Posledním krokem při stanovení plochy území s využitelným potenciálem větrné energie bylo zohlednění krajinných dominant respektováním jejich ochranného pásma (viz obr. 6). Problematikou zásahů staveb do krajiny se zabývá § 12 zákona č. 114/1992 Sb., podle kterého se krajinným rázem rozumí přírodní, kulturní a historická charakteristika určitého místa. Krajinný ráz je chráněn před činností snižující jeho estetickou či přírodní hodnotu. Umísťování a povolování staveb zasahujících do krajinného rázu je povoleno pouze s ohledem na zachování významných krajinných prvků, kulturních dominant krajiny, harmonické měřítko a vztahy v krajině. K umísťování a povolování staveb, které by mohly snížit či změnit krajinný ráz, je nezbytný souhlas orgánů ochrany přírody. Tato omezení je potřeba přiměřeným způsobem zanechat do metodiky stanovení potenciálu. Je velmi pravděpodobné, že pokud se investor bude snažit o výstavbu VTE v blízkosti výše uvedených (i když blíže zákonem nedefinovaných) objektů, musí počítat s komplikacemi či zdržením realizace celého projektu. Proto jsou takováto místa označena jako nevyhovující pro výstavbu VTE. Vzhledem k tomu, že výše zmíněné pojmy jako „harmonické měřítko“ či „vztahy v krajině“ lze jen těžko technicky a obecně definovat a jejich vnímání je do značné míry subjektivní, individuální a závisí na konkrétní dispozici v krajině, je problematické určit obecně přijatelnou vzdálenost VTE od krajinné dominanty. Pro účely této studie bylo okolo každé krajinné dominanty aplikováno ochranné kruhové pásmo o poloměru 10 km. S přihlédnutím k faktu, že většina vhodných míst pro výstavbu VTE se nachází v hornatém terénu, případně na náhorních plošinách, je tato velikost ochranného pásma dle našeho názoru přiměřená.



Obr. 7 Výsledná mapa území vhodných pro stavbu VTE

Na obr. 7 je výsledná plocha reprezentující území vhodné pro výstavbu VTE. Jedná se o celkovou rozlohu cca 5700 km² a jednotlivá omezení, která byla v původní větrné mapě zohledněna jsou přehledně uvedena v tab. 1.

Tabulka 1: Plocha území vhodného pro výstavbu VTE

Dokladovatelná omezení pro výstavbu VTE	počet pixelů	rozloha [km ²]	změna [%]	podíl rozlohy ČR (78864 km ²) [%]
Celková plocha s průměrnou roční rychlostí větru nad 6 m/s	1415608	20400		26
CHKO a NP	11511957	16600	-19	21
Rezervovaný vzdušný prostor	662564	9500	-35	12
Velká města, dálnice, silnice, železnice	573703	8300	-6	11
Liniové stavby - vedení vvn a zvn (110, 220 a 400 kV), plynovody, ropovody	526091	7600	-3	10
Hlavní vodní toky a nádrže	510350	7300	-1	9
Historické a krajinné dominanty	393338	5700	-8	7
Celková plocha pro výstavbu VTE je 5700 km ² , tj. cca 7 % celkové rozlohy ČR				

Výsledné plochy jsou vždy určeny pomocí binarizovaných map jednotlivých území jako celkový počet pixelů černé barvy.

3. URČENÍ JEDNOTKOVÉ PLOCHY A ODHAD CELKOVÉHO POTENCIÁLU VYUŽITELNÉHO PRO VTE

Pro stanovení jednotkové plochy byly použity následující postupy:

1. Analýza jednotkové plochy v současných větrných parcích – vyhodnocení plochy a instalovaného výkonu současných VTE. Podle výsledků v tabulce 2 je průměrná plocha potřebná pro 1 MW instalovaného výkonu 0,2 km².

Tabulka 2: Hustota výkonu – jednotková plocha současných větrných parků

VtE	Roční produkce [GWh/rok]	P _{inst} [MW]	Počet jednotek	jednotkový výkon [MW]	průměrná nadmořská výška [m n.m.]	Plocha [km ²]	hustota výkonu [MW/km ²]	jednotková plocha [km ² /MW]
Německo								
Freiheit III	34,70	16,9	12	1,41	110	3,44	4,9	0,2
Bütow/Zepkow	35,20	19,2	32	0,6	75	4,8	4	0,25
Nechlin	55,90	25,1	15	1,67	35	2,22	11,3	0,09
Uckermark	109	49,1	48	1,02	50	7,35	6,7	0,15
Neuenfeld	59,8	21,5	15	1,43	75	4,38	4,9	0,2
Sonnenberg	130	66	33	2	200	13,44	4,9	0,2
Spitzer Berg	27,4	15,6	12	1,3	75	1,92	8,1	0,12
Quenstedt	22,4	12	8	1,5	220	3,02	4	0,25
Bassens		21	35	0,6	10	2,99	7	0,14
Apensen		34,65	21	1,65	40	3,83	9	0,11
Huje/Nutteln		24,75	15	1,65	25	2,38	10,4	0,1
Weenermoor	40,80	19,5	13	1,5	10	1,91	10,2	0,1
Francie								
Merdelou / Fontanelle	45,2	15,6	12	1,3	1000	3,26	4,8	0,21
Rakousko								
Steinberg-Zistersdorf	69,25	30	15	2	300	4,72	6,4	0,16
Auersthal	47,24	20	10	2	100	3,26	6,1	0,16
Scharndorf	51,70	22	11	2	220	5,49	4	0,25
Petronell-Carnuntum	44,00	24	12	2	170	3,1	7,7	0,13
Neudorf	107,00	44	22	2	200	5,64	7,8	0,13
Zurndorf I+II+III	13,33	6,8	13	0,52	160	4,94	1,4	0,73
Gols	60,00	24	12	2	180	5,92	4,1	0,25
Česká republika								
Křýštofovy Hamry		42	21	2	850	11,29	3,7	0,27
Průměr							5	0,2

2. Rešerše zahraničních zdrojů zabývajících se projekty VTE. Zahraniční publikace ([3],[4],[5],[6]) se ve většině případů shodují na velikosti plochy v rozmezí 0,12 – 0,28 km²/MW pro VTE. Tyto hodnoty slouží jako výchozí a dále je v nich potřeba zohlednit místní geografické podmínky České republiky:
- Většina lokalit jsou vrchoviny a hornatiny – nad 500 m n.m. – členitý reliéf krajiny.
 - Lesy nebyly eliminovány z výsledné plochy využitelného potenciálu – 1/3 území ČR tvoří lesy.
 - Hustota zalidnění v ČR 131 obyvatel/km² – velikost celkové zastavěné plochy byla v mapě reprezentována pouze městy nad 50 tis. obyvatel.

Jednotková plocha je dále určena pro dvě varianty:

1. varianta

Uvedené podmínky respektujeme minimálním způsobem a vycházíme z jednotkové plochy 0,28 km²/MW (hodnota při horní hranici uváděného rozmezí). Tato hodnota odpovídá hustotě instalovaného výkonu VTE 3,6 MW/km²

2. varianta

Jednotlivé geografické podmínky promítneme do jednotkové plochy pomocí váhových koeficientů

$$S_{VTE} = 0,2 \text{ km}^2/\text{MW} \cdot (1 + k_t + k_l + k_z),$$

kde k_t vyjadřuje členitost terénu,
 k_l vyjadřuje podíl lesů v celkové rozloze ČR,
 k_z vyjadřuje podíl zastavěné plochy v celkové rozloze ČR.

Hodnoty jednotlivých váhových koeficientů jsou odhadnuty za základě výše uvedených obecných geografických informací takto: $k_t = 0,45$, $k_l = 0,33$, $k_z = 0,5$.

Dosazením konkrétních váhových koeficientů dostáváme hodnotu jednotkové plochy:

$$S_{VTE} = 0,2 \text{ km}^2/\text{MW} \cdot (1 + 0,45 + 0,33 + 0,5) = 0,456 \text{ km}^2/\text{MW}$$

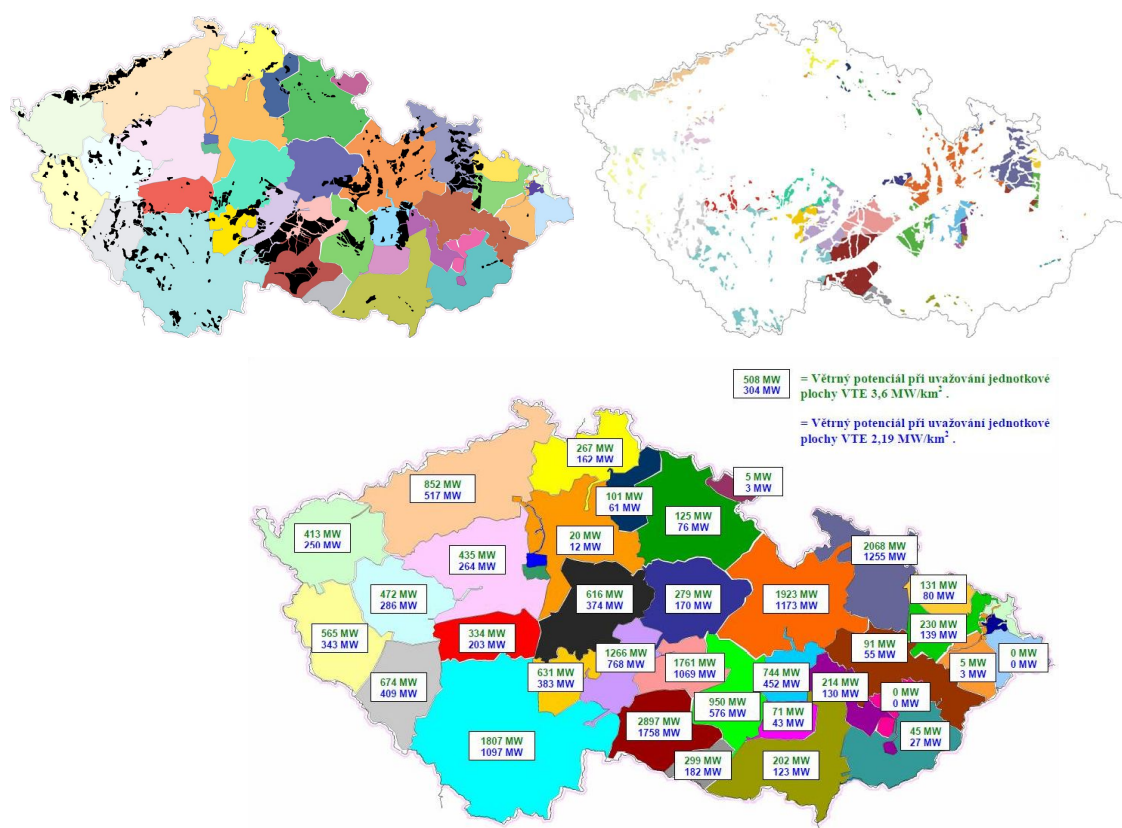
Tato hodnota odpovídá hustotě instalovaného výkonu VTE 2,19 MW/km².

Tabulka 3: Výsledky analýzy v obou variantách [1]

Varianta	Plocha využitelná pro výstavbu VTE	Hustota inst.výkonu VTE na km ²	Využitelný větrný potenciál	Počet VTE při Φ jednotkovém instalovaném výkonu 2,5 MW na věž	Očekávaná roční výroba při využití 2500 hodin
var. 1	5700 km ²	3,6 MW/km ²	20520 MW	8200 ks VTE	5,8 TWh
var. 2		2,2 MW/km ²	12500 MW	5000 ks VTE	3,6 TWh

4. STANOVENÍ VĚTRNÉHO POTENCIÁLU V JEDNOTLIVÝCH UZLOVÝCH OBLASTECH ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY (ES) ČR

V závěru analýzy celkového potenciálu VTE je tento rozdělen do jednotlivých uzlových oblastí PS/110 kV, ve kterých by bylo nutno vyvést výkon realizovaný ve VTE do ES. Za tímto účelem je zobrazena výsledná mapa území vhodných pro stavbu VTE uvedená na obr. 7 na pozadí mapy jednotlivých uzlových oblastí PS/110 kV a velikost instalovaného výkonu k realizaci v dané uzlové oblasti je reprezentován velikostí plochy v barvě uzlové oblasti a následně jsou jednotlivé plochy převedeny na výkon. Tento proces je znázorněn v obr. 8.



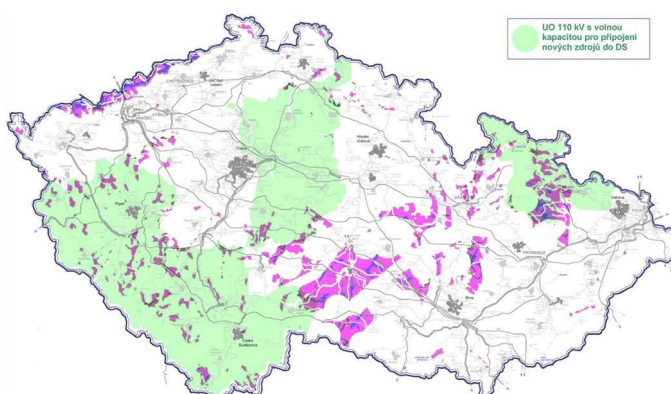
Obr. 8 Stanovení možného větrného potenciálu v jednotlivých uzlových oblastech

Trvale rostoucí zájem investorů o výstavbu obnovitelných zdrojů převážně směřujících svým připojením do distribučních soustav vede k naplnění a překročení technických možností sítí pro jejich připojení. V současnosti jsou v ES ČR již oblasti sítí 110 kV, ve kterých je zájem investorů o připojení obnovitelných zdrojů (OZE), především VTE a fotovoltaických elektráren (FVE), vyšší, než jsou stávající možnosti těchto sítí. V těchto oblastech musí být žádosti o připojení nových OZE do sítí již v současnosti provozovateli DS odmítány. V tab. 4 je uveden celkový přehled volné kapacity pro připojení nových zdrojů v oblasti sítí 110 kV ES ČR v porovnání se současnými požadavky investorů (stav žádostí investorů k 31.3.2009, stav sítí k 30.6.2009).

Tabulka 4: Porovnání celkového potenciálu, žádostí a volné kapacity sítí [1]

Potenciál VTE v ČR	Investoři		Síťová omezení v distribuční síti	
	Žádosti o připojení nových zdrojů	Žádosti o připojení nových VTE	Volná kapacita sítí celkem	Volná kapacita sítí pro VTE
20500 MW / 12500 MW	8864 MW	3234 MW	4420 MW	1780 MW

Zjištěná celková volná kapacita sítí pro připojení zdrojů je rozdělena nerovnoměrně v ES ČR a neodpovídá rozdělení požadavků v jednotlivých lokalitách. Na následujícím obr. 9 jsou vyznačeny uzlové oblasti 110 kV s volnou kapacitou pro připojení nových zdrojů v porovnání s územím vhodným pro stavbu VTE.



Obr. 9 Současné možnosti přenosových a distribučních sítí ES ČR

5. ZÁVĚR

Stanovení celkového větrného potenciálu na území ČR využitelného pro výrobu elektrické energie ve VTE bylo provedeno ve dvou variantách na základě stanovení možné plochy, kterou je možno využít k výstavbě VTE:

1. varianta: 20,5 GW je velmi optimistická hodnota a při výpočtu je uvažována vyšší hustota instalovaného výkonu VTE v celkové ploše, kterou je možno použít pro výstavbu VTE. Je to hodnota, která nezohledňuje členitost terénu, lesnatost ani hustotu osídlení ČR. Zahrnuje pouze determinovaná omezení, která jsou vyjádřena plochami eliminovanými z mapy větrného potenciálu na území ČR.

2. varianta: 12,5 GW je hodnota, která se více blíží možnostem výstavby VTE na našem území. I tady je však nutno zdůraznit, že studie pracovala pouze s reálnými podmínkami, které lze vyjádřit váhovými koeficienty.

Dalšími omezeními, která mohou výsledky obou variant značně ovlivnit, ale která nelze ve studii zohlednit technickými kritérii, jsou:

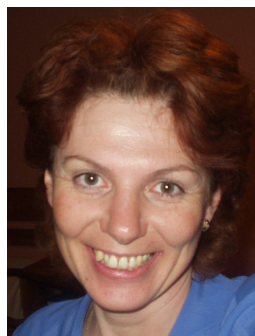
- vyjádření vlastníků půdy k výstavbě VTE,
- vyjádření místních samospráv k výstavbě VTE,
- vyjádření krajských zastupitelstev – hejtmanství k výstavbě VTE,
- omezení vyplývající z posudků vlivu na životní prostředí (EIA),
- kapacity sítí pro připojení VTE a možnosti ES pro integraci VTE,
- další blíže nespecifikovatelná omezení (postoj veřejnosti v místě výstavby, atd.).

Výsledný celkový potenciál tedy udává odhad celkového instalovaného výkonu v ČR za předpokladu, že všude, kde výstavbě VTE nebrání některé z výše uvedených omezení, budou VTE postaveny. S plným využitím větrného potenciálu a při uvažované hustotě rozmístění VTE by obrázek krajiny například na Českomoravské vrchovině mohl vypadat takto:



6. LITERATURA

- [1] Studie potenciálu větrné energie ČR a problematika napojení větrných elektráren do distribuční a přenosové soustavy. Výzkumná zpráva EGÚ Brno, a.s. zpracovaná pro Ministerstvo životního prostředí ČR – 06/2009.
- [2] Mapa průměrné rychlosti větru ve 100 m nad povrchem. Dostupné na <http://www.ufa.cas.cz/index2.html>
- [3] Wind Power Project Site Identification and Land Requirements. Report prepared by Global Energy Concepts and AWS Truewind, LLC. Dostupné na <http://www.powernaturally.org/>
- [4] Wind Power: Siting in Communities. Renewable Energy Research Laboratory, University of Massachusetts at Amherst. Dostupné na <http://www.ceere.org/rerl/>
- [5] Turbine Siting, from the Danish Wind Industry Association. Dostupné na <http://www.windpower.org/>
- [6] Permitting of Wind Energy Facilities. A handbook Prepared by the National Wind Coordinating Committee, Siting Subcommittee. Dostupné na <http://www.nationalwind.org/>



Ing. Jaroslava, Orságová, Ph.D.

Autorka pracuje jako odborná asistentka Ústavu elektroenergetiky FEKT VUT v Brně. Zabývá se problematikou elektrických ochran a modelováním prvků elektrizační soustavy, vyučuje předměty se zaměřením na elektrické stanice a vedení. V roce 2003 obhájila disertační práci na téma Lokalizace zemních spojení v radiální síti pomocí signálu HDO.

Vysoké učení technické v Brně Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky, Technická 8, 616 00 Brno, www.feec.vutbr.cz/UEEN tel: +420 5 4114 9228, email: orsagova@feec.vutbr.cz