

**Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí**

Studijní program: Ekologie a ochrana životního prostředí

Bakalářská práce

**Analýza využití obnovitelných zdrojů energie v České
republice**

**Analysis of using renewable energy sources in the
Czech Republic**



Tomáš Augustin Kukal

Školitel: Ing. Luboš Matějček, Ph.D.

Praha, 2015

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je analýza využití obnovitelných zdrojů energie v České republice provedená v ArcGISu s pomocí multikriteriální analýzy. První část práce se zabývá studiem dostupných materiálů, za účelem získání informací o obnovitelných zdrojích energie, které se u nás v České republice vyskytují a to jednak o vlastních zdrojích energie (princip získávání), ale také o jejich současném a budoucím stavu. Hlavní důraz je v první části kladen zejména na zdroje vodní, větrné a solární energie. Okrajově se práce zabývá i možnostmi získání energie z biomasy.

V druhé části práce se nachází kromě informací o GIS, ArcGISu a multikriteriální analýzy, také popis analýzy obnovitelných zdrojů v ČR v programu ArcGIS s použitím metody multikriteriální analýzy se schématem vyhotoveném nástrojem ModelBuilder. Výstupem analýzy je mapa s využitelným potenciálem. Jako podklad pro zpracovávanou mapu byly použity mapy obsahující informace o ročním úhrnu slunečního záření, průměrné rychlosti větru, zobrazení jezů a mapa zobrazující zemědělskou půdu v klasifikace využití půdy CORINE.

Zpracovaná mapa se dá především využít jako modelový příklad práce s multikriteriální analýzou. Její další využití je k případnému vytipování míst, kde by bylo možné postavit systémy využívající obnovitelné zdroje energie, jejichž rozvoj je pro splnění kritérií EU v oblasti pokrytí části spotřeby energie OZE nutností. Pro vlastní rozhodnutí o umístění systému využívající OZE by samozřejmě musela být provedena důkladnější analýza přímo na daném území.

Abstract

The objective of this thesis is analysis of the use renewable sources of energy in Czech Republic made by ArcGIS using multi criteria analysis. The first part deals with the detailed theoretical study of materials available to find information about renewable energy sources, which are in the Czech Republic. It's about own sources of energy (principle of acquisition), but also about their current and future condition. The main emphasis is focused on the sources of water, wind and solar energy. Marginally, the work deals with the possibility of obtaining energy from biomass.

In the second part of my thesis are located information about GIS, ArcGIS and multi criteria decision making methods, also description of the analysis of renewable sources in Czech Republic in ArcGIS program using the methods of multi criteria analysis with a diagram made in Modelbuilder. The output of the analysis is a map with usefull potencial. The foundation for the processed map was used maps containing information about the annual total solar radiation, average wind speed, display weirs and map of land using classification CORINE.

Processed map can be primarily used as a model example of work with multi criteria analysis. It's next use is identification sites where it is possible to build power station which uses renewable sources of energy, whose development is necessary for fulfillment criteria of European union in part about using percentage of consume energy from renewable sources. For decision to locate the power house should be done better analysis on the place.

Prohlášení:

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval sám a uvedl jsem veškeré zdroje, ze kterých jsem při zpracování práce vycházel. Tuto práci jsem nepoužil k získání jiného akademického titulu.“

V Praze dne 10. 8. 2015

.....
Tomáš Augustin Kukul

Poděkování

Chtěl bych poděkovat každému, kdo mi byl jakkoli nápomocen při tvorbě mé bakalářské práce. Konkrétně bych chtěl poděkovat panu Ing. Luboši Matějčíkovi, Ph.D. za cenné rady a celkové vedení při zpracování bakalářské práce a především za pomoc s problematikou multikriteriální analýzy v GISu. Další poděkování patří Mgr. Davidu Hanslianovi, Ph.D. z Ústavu fyziky atmosféry AV ČR v.v.i. a všem, kteří se na tvorbě mapy podíleli, za bezplatné poskytnutí mapových podkladů pro analýzu. Zvláštní poděkování také patří celé mé rodině a přátelům, kteří mě podporovali během studia.

Obsah

Úvod	8
1. Problematika OZE v České Republice	9
1.1 Vodní energie	9
1.1.1 Využití v podmínkách české republiky	10
1.1.2 Budoucnost zdroje	10
1.2 Větrná energie	11
1.2.1 Využití větrné energie v ČR	11
1.2.2 Možný rozvoj větrných elektráren	13
1.3 Sluneční energie	14
1.3.1 Využití solární energie v ČR	14
1.3.2 Budoucnost využití solárních systémů	15
1.4 Energie z biomasy	16
1.4.1 Využití biomasy v podmínkách české republiky	16
2. Analýza území České Republiky z hlediska OZE	18
2.1 Faktory ovlivňující produkci a spotřebu energie v ČR	18
2.1.1 Přírodní podmínky české republiky	18
2.1.2 Odběratelé elektrické energie	20
2.1.3 Srovnání ČR a svět	21
2.2 GIS	21
2.2.1 ArcGIS	23

2.2.2	Prostorová Multikriteriální analýza	24
2.3	Mapové podklady použité pro analýzu	26
2.3.1	Jezy a vodní toky	26
2.3.2	Průměrná rychlost větru	26
2.3.3	Intenzita slunečního záření	26
2.3.4	Corine Land COVer 2012	26
2.4	Postup analýzy	27
2.4.1	Shromáždění mapových podkladů	27
2.4.2	Sestavení modelového schématu v modelbulder	27
2.4.3	Provedení analýzy	29
2.5	Odhady množství energie pro jednotlivé OZE	29
2.6	Vyhodnocení analýzy	30
2.6.1	Zjištěné informace	30
2.6.2	Další možná interpretace výsledků	31
3.	Závěr	32
	Zdroje	33
	Knihy	33
	Články	34
	Příloha- Vstupní mapy pro analýzu	36

Úvod

Obnovitelné zdroje energie i přes jejich poměrně bouřlivý vývoj v posledních letech stále pokrývají poměrně malou část primární spotřeby elektrické energie. Do budoucna nám nejen potřeba elektrické energie související s úbytkem konvenčních zdrojů energie, ale také politika Evropské unie ukazuje, že je třeba zvýšit podíl OZE. Kromě modernizace toho lze také dosáhnout výstavbou nových energetických zdrojů, jak je to s jejich možným umístěním v krajině se bude snažit řešit má práce.

Práce je však jen o studii, která nepovede k přímé výstavbě nových zařízení využívajících OZE, neboť samozřejmě před výstavbou je nutné udělat mnoho dalších kroků a ne jen vybrat nějaké vhodné místo. Avšak pro jakýsi prvotní přehled lokalit, které mohou teoreticky podle svých podmínek sloužit k tomu, aby zde bylo možné vybudovat eventuálně elektrárnu, tato práce sloužit může. Bude se jednat o ukázkou využití aplikace v analýzy GIS, která může být následně použita i v jiných problémech, které jsou v rámci ochrany životního prostředí řešeny.

Rešeršní část práce navíc čtenáře vhodně uvede do problematiky využívání a to stávajících i budoucích obnovitelných zdrojů v České Republice a ukáže, že obnovitelné zdroje energie je možné v omezeném rámci využívat jako doplňkový zdroj výroby elektrické energie.

1. Problematika OZE v České Republice

V České republice je možné pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů používat čtyři hlavní zdroje energie a tím je: vodní energie (té se v praktické části budu věnovat jen ve formě MVE), větrná energie, sluneční energie a energie z biomasy. V této teoretické části práce bych chtěl rozebrat každou z nich a uvést možnosti jejího využití v tuzemských podmínkách a nastínit její budoucí možnosti rozvoje.

1.1 *Vodní energie*

Vodní energie je v tuzemsku a v části světa nejpoužívanějším obnovitelným zdrojem pro výrobu elektrické energie (Häberle et al., 2003). Zdrojem vodní energie je déšť a sníh, které jsou zapojení v koloběhu vody (Motlík et al., 2007). Vodní energie je získávána z mechanické energie vody vznikající gravitačním pohybem vody, která se mění na energii elektrickou (Tester et al., 2005). Nad vlastní elektrárnou najdeme nádrž, která vodu shromažďuje a ze které voda přes vstupní česle, aby nedošlo k mechanickému poškození turbíny, proudí na turbínu (Häberle et al., 2003). Otáčením turbíny vzniká mechanická energie, která je přenášena na generátor elektrické energie, kde dochází k přeměně této mechanické energie na energii elektrickou. Energie je dále vedena přes transformátor až do rozvodné sítě. Vodní elektrárny dělíme do tří kategorií: průtočné, akumulární a přečerpávací. Průtočná vodní elektrárna vyžaduje pro svůj provoz trvale tekoucí potok nebo řeku. Tato elektrárna pracuje téměř nepřetržitě a obvykle využívá Kaplanovu turbínu, ale mohou využívat i Ossbergerovu nebo Peltonovu turbínu. Akumulární vodní elektrárna je efektivním doplňkovým zdrojem v případě použití ve špičkách (Tester et al., 2005). Jezero nad vodní elektrárnou akumuluje vodu, která je v případě potřeby jednorázově vypuštěna a tím se vyrobí požadované množství elektrické energie. Turbíny těchto elektráren mohou na plný výkon přejít během jedné minuty a pokud dojde spotřeba jsou pak opět velice rychle vypnuty (Häberle et al., 2003). Akumulární elektrárny mohou řádově dosahovat velmi vysokých výkonů a většina největších vodních elektráren je právě akumulárních, např. Tři soutěsky nebo Itaipú (Quasching, 2010). Přečerpávací elektrárny slouží k vytváření zásob energie tím, že při přebytku elektrické energie je voda čerpána s použitím elektrického proudu do horní nádrže a naopak při jejím nedostatku je pouštěna do nádrže dolní, čímž naopak elektrickou energii vyrábí (Tester et al., 2005). Nevýhodou je nízká účinnost, která se pohybuje kolem 34 % V Čechách jsou nejznámější a největší přečerpávací elektrárnou Dlouhé stráně v Jeseníkách (Häberle et al., 2003). Se zaváděním dalších obnovitelných zdrojů- větrná a sluneční energie, které mají

kolísavý výkon je budování těchto elektráren důležité, neboť pomáhají vyrovnávat kolísání dodávek proudu (Quasching, 2010).

1.1.1 VYUŽITÍ V PODMÍNKÁCH ČESKÉ REPUBLIKY

Vodní energie byla v Čechách využívána již od středověku v podobě vodních mlýnů. Největší rozkvět vodních mlýnů nastává v Evropě v 18. století, kdy jich po celé Evropě bylo asi 500-600 tisíc. České země nebyly v tomto ohledu žádnou výjimkou a České řeky byly bohatě využívány. I v Praze můžeme nalézt jejich zbytky nejen na řece Vltavě, (Sovovy mlýny, Čertovka) ale také na menších tocích. Již v 19. Století vznikaly turbíny které se s určitými vylepšeními používají do dnešních dnů (Quasching, 2010). Přírodní podmínky pro budování vodních elektráren však v České republice nejsou optimální (Gono et al., 2012). Rozvoj velkých vodních elektráren probíhal především ve 20. století stavbou Vltavské kaskády, ale i dalšími velkými elektrárnami na vodních tocích. Ve dvacátém století současně vznikly i malé vodní elektrárny (dále jen MVE), kterých je v současnosti asi 1300. Značná část z nich má ještě zastaralou a málo efektivní technologii, takže na nich dochází ke ztrátám asi kolem 15 % (Motlík et al., 2007). V roce se vodní elektrárny podílely na 3,3 % produkce elektrické energie a zároveň tvořily 12 % kapacity všech instalovaných elektráren. Většina z této kapacity tzn. něco přes 90 % je tvořena zařízeními s instalovanou kapacitou více než 5 MW (Gono et al., 2012).

1.1.2 BUDOUCNOST ZDROJE

Budování nových vodních elektráren je obvykle výnosnější než budování jiných obnovitelných zdrojů. Avšak další výstavba velkých vodních elektráren v České republice je z důvodů vyčerpané kapacity toků téměř nemožná (Gono et al., 2012). Avšak i zde je cesta, jak získanou energii z vodních elektráren navýšit. První je zvyšování účinnosti technologie použité ve starších typech vodních elektráren (Motlík et al., 2007). Druhou pak výstavba MVE (malá vodní elektrárna) případně výstavba vodních elektráren v nádržích, kde dosud nebyly (např. vodárenské nádrže apod.), což se při dodržení určitých pravidel zdá jako nejlepší řešení (Gono et al., 2012). Výstavba nových MVE v České republice má řadu překážek, které musí stavitel překonat. Máme zde překážky ekonomické, které jsou pro výstavbu jedny z nejzásadnějších. V poslední době pořizovací cena stavebních prací i technologického zařízení roste a návratnost investice MVE se dostává nad 10 let, což už není pro mnoho investorů optimální. Další překážkou jsou překážky legislativní, které velmi úzce souvisí s ochranou životního prostředí, toku řeky, krajinného rázu apod., kdy je nutno nejen stavbu těmito aspekty přizpůsobit,

v některých lokalitách ji přímo eliminují. Určitým problémem jsou také překážky majetkoprávní, kdy je třeba vykoupit nějaké pozemky a neví se komu přesně patří a nebo jsou zde nedořešené nějaké majetkové spory a apod. (Motlík et al., 2007).

1.2 *Větrná energie*

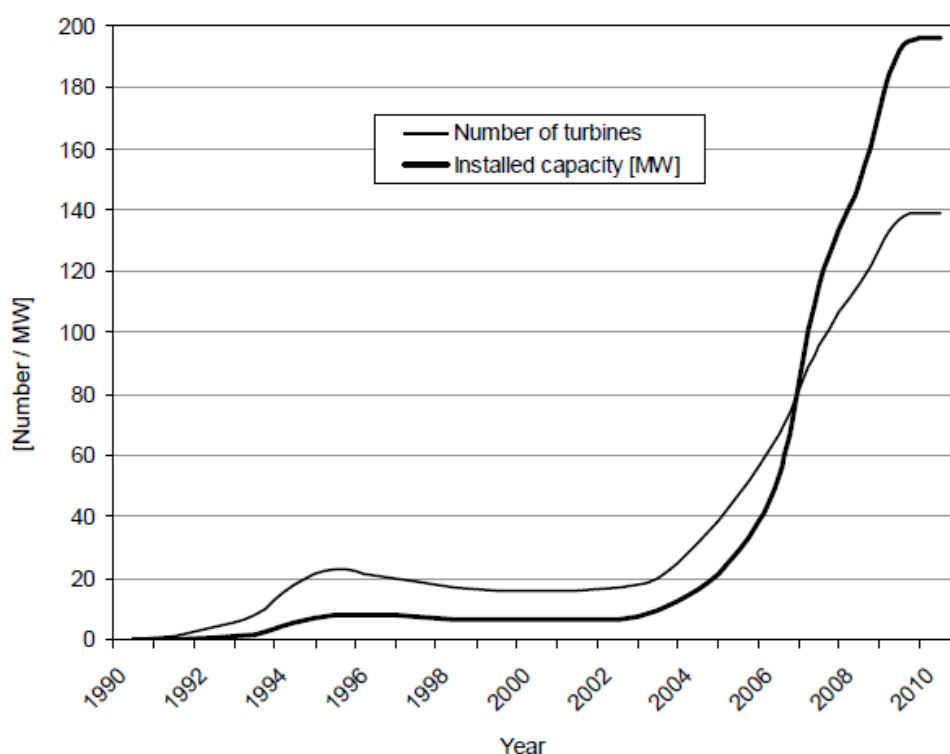
Energie větru pochází ze Slunce. Sluneční energie dopadá na zemský povrch nerovnoměrně a tím vzniká velký transport energie, který je realizován jako globální výměna množství vzduchu, kterou vnímáme jako proudění větru. Místní vliv má také samozřejmě vznikl tlakové níže a tlakové výše (Quasching, 2010). Větrná energetika využívá právě tu kinetickou (pohybovou) energii větrného proudění, která je nejen dostupná zcela zdarma a navíc je nevyčerpatelná. Její nevýhodou je naopak její omezená dostupnost v určitých místech (Cetkovský et al., 2010) a také to, že její energetický potenciál značně kolísá (Quasching, 2010).

Větrnou energii získáváme s pomocí konvertoru větrné energie (větrná elektrárna). Tyto konvertory se sdružují do větrných parků což je soubor tří a více větrných elektráren na jednom místě. Toto umístění přináší především logistické a ekonomické výhody při výstavbě a údržbě elektráren (Quasching, 2010). Konvertor větrné energie je složen z vrtule (větrného rotoru), který pohání generátor elektrické energie přes určitý převod a gondoly, ve které je právě umístěn elektrický generátor, rotorová brzda a další součásti. Nedílnou součástí elektrárny je také kovový sloup na kterém je umístěna, kterým vedou nejen kabely, ale často také žebřík nebo výtah, který přístup do gondoly (Häberle et al., 2003). Vrtule mají různou účinnost a to od 35% , ty se svíslou osou až po 45 %, ty s vodorovnou osou. Rotory větrných elektráren jsou obvykle třílísté (Cetkovský et al., 2010). Větrné konvertory jsou obvykle postaveny tak, aby přestavovaly lopatky podle síly větru. Energetické náklady na toto přestavování bohužel snižují výnos elektrárny. Z hlediska provozu dělíme elektrárny na provoz nezávislý- nepřipojené do sítě a na spojený provoz- připojené do sítě (Häberle et al., 2003).

1.2.1 VYUŽITÍ VĚTRNÉ ENERGIE V ČR

Českou republiku nezařazujeme mezi státy, které by větrnou energii využívali progresivně, i když to nebylo z historického vývoje zpočátku patrné (Cetkovský et al., 2010). Větrná energie byla již od dvanáctého století využívána v Evropě a tedy i tehdejšími Království českém v podobě větrných mlýnů. Ovládání a udržování mlýnu byl náročný úkol a v případě nesprávné údržby mohl mlýn i shořet. V následujících staletích využívání větrné energie rostlo a mlýny

byly používány i jako vodní čerpadla a pro pohon strojů (Quasching, 2010). Ve století dvacátém i přes masivní využívání fosilních zdrojů energie zájem o větrnou energii dokazuje kniha Františka Kašpara. Obnovený zájem o využití větrné energie se objevuje z počátku let devadesátých, kdy byl tento zájem hnaný především nižší výrobní cenou větrných elektráren, které byly v České Republice vyráběny až o 30% levněji než a také skutečnost jejich masivní výstavby v Německu a Dánsku. Po počátečním rozvoji však nastává v letech 1996-2002 útlum až propad, který je způsoben hlavně nízkou výkupní cenou elektrické energie z větru, jejíž velikost neumožňovala návrat investice a dále také značná poruchovost větrných elektráren, které byly v ČR vyráběny, určitou měrou tomu také přispěla absence odborníků pro výstavbu elektráren, což způsobilo fakt, že některé z elektráren byly postaveny v lokalitách s nepříznivými větrnými podmínkami. Dalším rozvojem větrné energie byl rok 2002 kdy Energetický regulační úřad zvýšil výkupní cenu za energii z větru, která se tímto stala pro investory výrazně zajímavější. Od této doby je vidět stávající trend nárůstu počtu a výkonů větrných elektráren v České Republice (Cetkovský et al., 2010). Vzrůst počtu turbín a zároveň instalovaného výkonu dokumentuje článek Faktory nerovnoměrného regionálního rozvoje větrných elektráren, ze kterého je použit i následující graf, který prezentuje stávající vývoj (Frantál a Kunc, 2010).



vzrůstající šíření využití větrné energie v České Republice (zdroj: Frantál a Kunc, 2010)

V současnosti je v České republice provozováno přes 140 větrných elektráren o celkovém výkonu 191 MW hodin. (Frantál a Kunc, 2010). Podíl na celkové výrobě elektrické energie je

tedy necelých 0,4 % (Frantál a Kunc, 2010). Vlastní rozložení větrných elektráren a tedy jejich využití v rámci České republiky je velmi nerovnoměrné nejvíce je zastoupen se 44 elektrárnami Ústecký kraj a po něm následují kraje Olomoucký a Pardubický, ostatní kraje mají většinou do 10-ti větrných elektráren (Cetkovský et al., 2010).

1.2.2 MOŽNÝ ROZVOJ VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN

Česká republika patří mezi deset zemí v Evropě, ve kterých je výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů nejmenší. (Menegaki, 2013) Je tedy určitě nutné v rozvoji výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů pokračovat a vítr zde může být jedním z vhodných zdrojů, avšak budoucí rozvoj větrných elektráren v České Republice je poměrně nejistý. Tvorbou větrných map a následnými výpočty klimatologického, technického a realizovatelného potenciálu se zabývají na Ústavu fyziky atmosféry AV ČR např. v těchto pracích: Odhad realizovaného potenciálu větrné energie na území České Republiky, Určení potenciálu větrné energie na území ČR. Jejichž autory jsou především Hanslian, Hošek a Štekl (Cetkovský et al., 2010). Z výše uvedené studie vypočtený technický potenciál pro území ČR činí něco okolo 10 000 větrných elektráren o výkonu 2 MW a 3000 větrných elektráren s výkonem 3 MW. Některé z těchto plánovaných elektráren „najdeme“ v území, které je pro výstavbu větrných elektráren nevhodné-lokality Natura 2000, přírodní parky apod.. Z tohoto uvedeného množství však není možné realizovat výstavbu části elektráren pro další omezení, která se při jejich stavbě vyskytují. Např. kolize s jinými technologiemi, blízkost obytných staveb, malá kapacita energetické sítě, blízká přítomnost dopravní cesty. (Hanslian et al., 2007, 2008) Další překážkou brzdící rozvoj větrné energetiky jsou některé úřady státní správy a obecní samosprávy, u kterých se projevuje jednak osobní přesvědčení zaměstnanců, případně myšlení lidí v samotné obci. Jedním z hlavních faktorů ovlivňujících rozvoj větrné energetiky bude kromě cen technologií také postoj politické reprezentace, která reflektuje postoj společnosti k větrné energetice, a případně také celosvětová situace na trhu s energiemi (Cetkovský et al., 2010). Výsledkem výpočtu ze studie Odhad realizovatelného potenciálu větrné energie na území České republiky je instalovaný výkon 2500 MW a roční výroba elektrické energie v hodnotě 5,5 TWh. (Hanslian et al., 2008) Pokud toto množství porovnáme se spotřebovanou energií v roce 2006 jedná se o 9 %, které by mohly větrné elektrárny poskytnout. Největší potenciál pro rozvoj větrné energie má z hlediska krajů jednoznačně Vysočina k čemuž přispívají dobré větrné podmínky a zároveň menší počet chráněných ploch. Mezi dalšími kraji nacházíme Ústecký (díky Krušným horám), dále také Jihomoravský a Moravskoslezský (Cetkovský et al., 2010). Celkově tedy můžeme říct, že přírodní podmínky pro rozvoj větrných elektráren máme pouze na části území a technologie

musíme především dovážet. Další rozvoj však závisí především na podpoře státu a obcí a chuti investorů budovat nové větrné elektrárny nebo přímo větrné parky.

1.3 *Sluneční energie*

Solární systémy využívají energii přicházející ze Slunce. Solární energie je využívána ve dvou formách a to s pomocí fotovoltaiky tedy solárních článků (sdružované do solárních panelů) nebo akumulací tepla v solárních kolektorech (Quasching, 2010). Nejrozšířenějším a nejperspektivnějším principem přeměny energie solární na energii elektrickou je její přímá přeměna s pomocí fotovoltaických panelů (Libra a Poulek, 2010). Výhodami solárních systémů je především dostupnost solární energie po téměř celém světě, případně po většině území České republiky, možnost jejich využití v různých podmínkách- instalace na střechy i na volnou plochu a není potřeba žádné palivo. Známe tři generace solárních systémů. První generace využívá krystalického křemíku, druhá pak amorfní a micromorfní křemík, dále také tenké filmy kadmium-tellur, měď-indium-selen a měď-indium-galium-diselen, třetí generace pak zahrnuje koncentrované fotovoltaické systémy a organické fotovoltaické články, tato generace však ještě není komerčně využívána, ale zatím je stále ve stádiu výzkumu (Gielen et al., 2012).

Vlastní princip fungování solárních článků tj. procesů a změn probíhajících v polovodičích stejně jako popis děr a chování elektronů je velmi složitý. Křemík vytváří krystalovou strukturu a jeho 4 valenční elektrony tvoří kovalentní vazby. Energie volného elektronu může nabývat jakýchkoli hodnot, zatímco energie elektronu v krystalu nabývá pouze omezených hodnot. V důsledku toho vznikají pásy dovolených a zakázaných energií. Pokud dojde k dodání energie prostřednictvím fotonu, tak se některé z elektronů uvolní a přejdou do vodivostního pásu (Libra a Poulek, 2010).

1.3.1 VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERGIE V ČR

Solární energie má největší potenciál z obnovitelných zdrojů energie (Randolph a Masters, 2008). Stejně jako energie vodní a větrná byla využívána již po staletí, avšak pouze v pasivní formě k vytápění skrze vhodné postavení domů a okna. (Quasching, 2010). Její průmyslové využití však přichází až ke konci 19 století, kdy ve světě vznikají první solární termické systémy a využívání solární energie v malé míře trvá až do druhé světové války, po které je solární energie na dlouhá desetiletí téměř vytlačena fosilními palivy. Vlastní fotovoltaický článek sestrojil v roce 1883 Charles Fritz ze selenu. Avšak první křemíkový fotočlánek byl vyvinut až v roce 1954 v Bell Laboratories (Goetzberger a Hoffmann, 2005). U nás se začaly ve větším měřítku

budovat solární elektrárny až ve 21. století, ale ještě na počátku roku 2008 činil nainstalovaný výkon pouhých 3 MV_p (Libra a Poulek, 2010). Nainstalovaný výkon se zvedl hodně až v letech 2008 a 2009 a to na hodnotu 460 MV_p na začátku roku 2010 (Libra a Poulek, 2010). Tento nárůst je podpořen především klesající cenou solárních panelů a státními dotacemi na výkup elektřiny. Vlastní výrobu elektrické energie ovlivňuje především velikost a účinnost solárních panelů, ale také lokalita umístění elektrárny. Určitý vliv má samozřejmě to jaké je zrovna roční období. Nejvíce energie se obvykle vyrobí v červnu (Libra a Poulek, 2010).

Využití solární energie na daném území závisí především na množství energie ze slunce, které udáváme v kWh, které dopadá na m² dopadajícího na povrch Země. Hlavním vlivem ovlivňujícím tento faktor je zeměpisná šířka (Škorpík, 2015). České republika se nachází na 50° s.š. (Šára, 2008). Z toho vychází průměrná hodnota mezi 1100 kWh/h na m² až méně než 1000 kWh/h na m² (Škorpík, 2015).

1.3.2 BUDOUCNOST VYUŽITÍ SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ

Česká Republika patří mezi deset zemí v Evropě, ve kterých je výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů nejmenší, takže prostor pro rozvoj zde je (Menegaki, 2013). Pro další rozvoj solární energetiky je kromě dotací důležité také zvýšit výnos z určité plochy. Tento výnos lze zvýšit např. přidáním zařízení na pohyb solárních panelů, např. automatického pohyblivého stojanu typu TRAXLETM, sledovače Slunce apod. případně také použitím jiné technologie fotovoltaických článků (Libra a Poulek, 2010).

Příklad typického ročního energetického výnosu v kWh/kW_p za rok (zdroj: Libra a Poulek, 2010)

	Severočeský kraj	Jihomoravský kraj	Jižní Španělsko (Sevilla)	Tibet, Lhasa, Čína
Pevný PV systém	850	1000	1500	2500
sledovač Slunce	1000	1200	2000	3400
sledovač, oboustranný	1100	1300	2200	3800
hřeben.koncentrátor	1200	1500	2700	4700
koncentr.,oboustranný	1300	1600	2900	5000

Další rozvoj solární energetiky je v ČR nejistý, neboť dochází ke snižování dotací na výstavbu nových solárních elektráren a podpoře se těší spíše malé solární elektrárny na střechách. Český parlament prosadil snížení dotací na výkup elektrické energie ze solárních elektráren o 5 %. Cenu je však třeba snížit, neboť hrozí negativní dopad na spotřebitele a trh je velkými výkupními

cenami solární energie deformován. Chybí také akční plán rozvoje fotovoltaické energie (Pietruszko a Blazejewska, 2010).

Vědecká podpora solární energetiky je na dobré úrovni, pořádají se semináře a vědeckou podporu zajišťuje katedra elektrotechnologie na fakultě elektrotechnické na ČVUT. Konkrétní pracoviště zabývající se fotovoltaikou se nazývá Laboratoř diagnostiky fotovoltaických systémů. Kromě zkoušek pevnosti modulu a diagnostiky poruch s možnou opravou nabízejí i možnost diagnostikovat fotovoltaické články s určením jejich parametrů a poradenské služby (Černá, 2015).

1.4 *Energie z biomasy*

Spalováním biomasy v tepelných elektrárnách se také počítá k obnovitelným zdrojům energie. Biomasa je získávána z mnoha různých zdrojů. S využitím biomasy jsou však dost často spojeny další energetické nároky na její přepravu či pěstování (Häberle et al., 2003). Biomasu dělíme z hlediska vzniku na vyprodukovanou a zbytkovou. Mezi vyprodukovanou patří biomasa získaná zemědělskou činností jako například: kukuřice, řepka olejka, palma olejná, eukalyptus, dřevní hmota nebo také pěstované zelené řasy apod. Mezi zbytkovou patří: odpady ze zemědělství- zbytky rostlin, odpady z lesní výroby drobné větve, odpady z živočišné výroby- jako jsou hnůj a kejda a samozřejmě sem patří také bioodpad z domácností a eventuálně průmyslový bioodpad. Výše zmíněné materiály slouží jako zdroj pro výrobu především tepelné, ale v některých případech také elektrické energie. Biomasa se používá pro výrobu energie na celém světě, ale Evropě se jedná jen o zanedbatelné množství, zatímco některé Africké země jí využívají poměrně hojně, ovšem většinou se jedná o primární a tedy málo výkonné využití (Long, 2013). Biomasu lze využít různými způsoby a to jednak ji spalovat v buď v centrálních provozech a nebo přímo v místě spotřeby (domácnostech) nebo je také možné z ní vyrábět bioplyn a ten později spalovat. Ze speciálních olejnatých plodin (např. řepka olejka) se vyrábí bionafta a bioolej, který se používá jako palivo (Quasching, 2010). Kromě spalování zde ještě máme účinnější metody využití jako jsou například termické zplyňování a anaerobní fermentace (Motlík et al., 2007).

1.4.1 VYUŽITÍ BIOMASY V PODMÍNKÁCH ČESKÉ REPUBLIKY

V České Republice bylo mezi lety 1993-2003 postaveno 20 obecních kotelen využívajících biomasu, které zásobují teplem mnoho bytů rodinných domů a některé budovy státní správy,

případně školky či zdravotnická zařízení (Häberle et al., 2003). Využívání biomasy pro výrobu elektrické energie je podpořeno výkupními cenami elektrické energie vyráběné z biomasy. Nejvyšší podpora je přiznána elektřině vzniklé z cíleně pěstovaných produktů, zatímco menší podpora MWh je přiznána výrobě elektrické energie z odpadních produktů při těžbě dřeva nebo z odpadů. Výše výkupních cen se mění a je do ní nutné zahrnout i zelené bonusy. Nejlevnějším a nejpoužívanějším zdrojem biomasy je u nás právě dřevní odpad. S ohledem na poptávku po tomto druhu paliva jsou v ČR zakládány plantáže rychle rostoucích dřevin. Celkový počet kotlů na biomasu (ovšem včetně těch domovních) byl v České republice v roce 2005 odhadnut na 22000, ale většina z nich slouží pouze k produkci tepla nikoli k produkci elektrické energie (Motlík et al., 2007).

Potenciál energetického využití biomasy v ČR (zdroj: Motlík et al., 2007)

druh biomasy	energie celkem (%)	PJ	z toho teplo PJ	elektřina GWh
dřevo a dřevní odpad	24	33,1	25,2	427
sláma obilín a olejnin	11,7	15,7	11,9	224
energetické rostliny	47,1	63	47,7	945
bioplyn	16,3	21,8	15,6	535
celkem	100	133,6	100,4	2231

Další rozvoj produkce biomasy a zvýšení jejího podílu na výrobě elektrické energie lze dosáhnout jednak úpravou a budováním nových kotlů na biomasu a rekonstrukcí stávajících. Důležité je samozřejmě také zvýšení produkce biomasy natolik, aby jí nebyl na trhu nedostatek, které je samozřejmě nutné zvýšit její domácí produkcí, případně dovozem (Motlík et al., 2007).

2. Analýza území České Republiky z hlediska OZE

2.1 *Faktory ovlivňující produkci a spotřebu energie v ČR*

2.1.1 PŘÍRODNÍ PODMÍNKY ČESKÉ REPUBLIKY

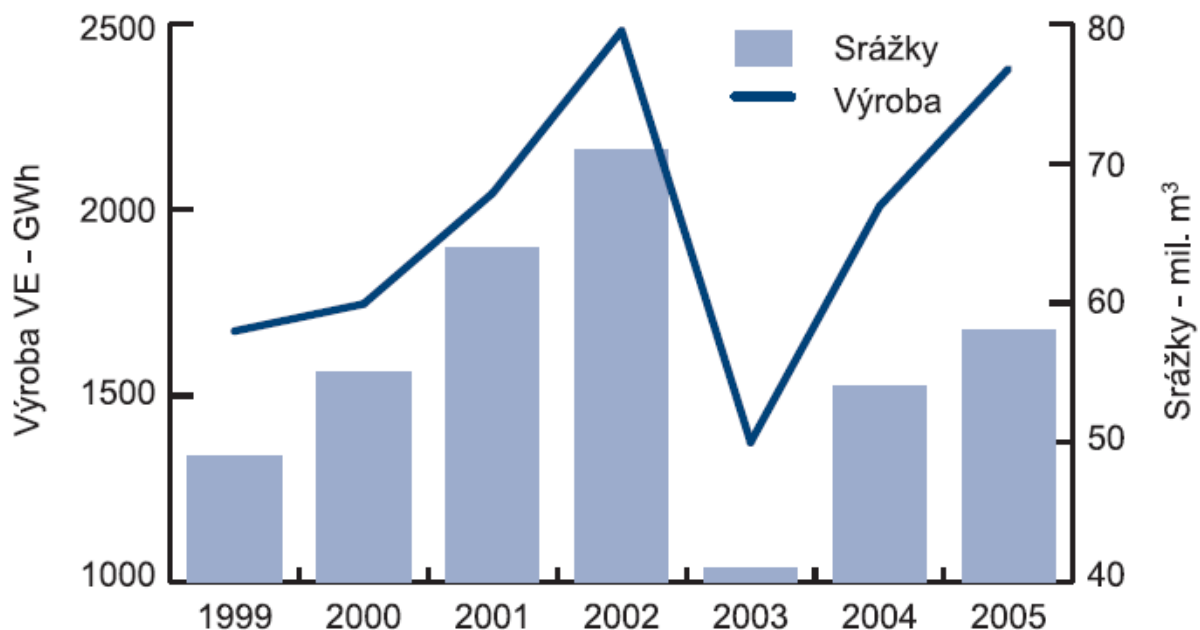
Úspěšný rozvoj a používání obnovitelných zdrojů energie obecně závisí především na přírodních podmínkách země, ve které je využívání obnovitelných zdrojů realizováno (Mourmouris, a Potolias 2013). Každý z obnovitelných zdrojů energie je závislý na jiných podmínkách. Pro vodu jsou nejdůležitějším faktorem hydroenergetický potenciál a úhrn srážek (Motlík et al., 2007). Pro vítr pak větrný potenciál, který je obvykle zjednodušeně vyjádřen ve formě rychlosti větru. (Cetkovský et al., 2010). Pro sluneční energetiku je nejdůležitější průměrná solární energie dopadající na povrch (Goetzberger a Hoffmann, 2005).

2.1.1.1 *Hydroenergetický potenciál*

Hydroenergetický potenciál je souhrn možného využití vodní energie na určitém území. Zatímco na větších tocích je hydroenergetice potenciál většinou již využitý a jedinou možností pro rozvoj je zde budování přečerpávacích elektráren (kterým se stejně jako velkým elektrárnám v analýze však nevěnuji), tak na menších tocích je využít jen částečně a jeho část je ještě možné využít pro výstavbu malých vodních elektráren do výkonu 10 M. Zejména spády toku větší než dva metry jsou pro výstavbu malých vodních elektráren vhodné, avšak neboť budování jezů není příliš podporováno, je vhodné využít stávající jezy bez energetické využití, případně lokality po bývalých vodních dílech. Teoretická hodnota udávaného hydroenergetického potenciálu je u nás něco kolem 1500 GWh/r, ale jeho skutečná hodnota je až o 70% nižší. Podrobnější informace najdeme v publikaci Obnovitelné zdroje energie a jejich možnosti využití v ČR (Motlík et al., 2007).

2.1.1.2 *Srážky*

Srážky jsou poměrně významným faktorem pro výrobu elektrické energie, jejich korelace s výrobou elektrické energie je zřejmá. (viz graf) Ovšem možnost jejich ovlivnění je minimální i vybrání lokality s větším srážkovým úhrnem nemusí znamenat, že tento průměrný stav se bude opakovat každý rok (Motlík et al., 2007).



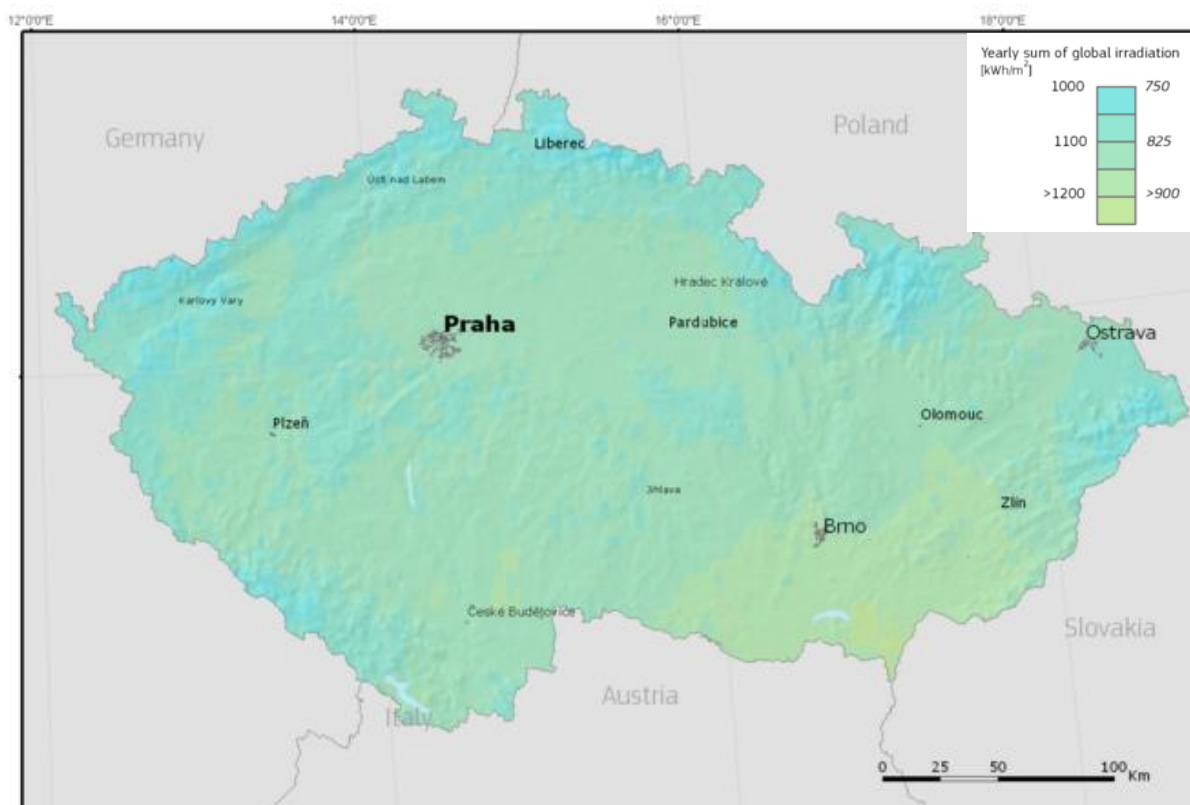
Výroba elektřiny ve vodních elektrárnách a srážky v letech 1999-2005 (zdroj: Motlík et al., 2007)

2.1.1.3 Větrný potenciál

Odhadem celkového větrného potenciálu na území České republiky jeho konkrétním zjišťování v dané lokalitě se zabývá vědecká disciplína meteorologie ve větrné energetice. Konkrétní stanovení větrného potenciálu je poměrně složité, neboť zde kromě rychlosti větru hraje svou úlohu také parametr drsnosti (který se pro každý typ povrchu charakterizuje různě), výškový gradient jednotlivého území a další faktory. Pokud vezmeme v úvahu fakt, že elektrárny jsou stavěny ve výšce kolem 60-100 výjimečně až 150 m, což parametr drsnosti eliminuje, tak lze zjednodušeně větrný potenciál chápat především jako rychlost větru na daném území (Cetkovský et al., 2010).

2.1.1.4 Solární energie

Pro výrobu elektřiny ze Slunce je intenzita solární energie dopadající na povrch Země naprosto klíčovým parametrem. Intenzita slunečního záření nedosahuje v České republice sice nikterak vysokých hodnot (srovnáváme-li ji například s pouštěmi nebo dalšími na sluneční záření bohatšími regiony) ale výroba elektrické energie je i tak možná (Libra a Poulek, 2010).



Potenciál slunečního záření v kWh /km² (zdroj:Huld,2012)

Intenzita solární energie závisí především na zeměpisné šířce, ale velký vliv má také reliéf krajiny a nadmořská výška. Určitý vliv má také umístění dané oblasti (jestli se jedná o přímořskou nebo vnitrozemskou oblast) a to zda nedochází k tzv. přehřívání solárních panelů, což pak následně celkově snižuje jejich výkonnost. K celosvětově nejpříznivějším oblastem patří např. oblast Tibetu a nebo Arizona v USA (Libra a Poulek, 2010).

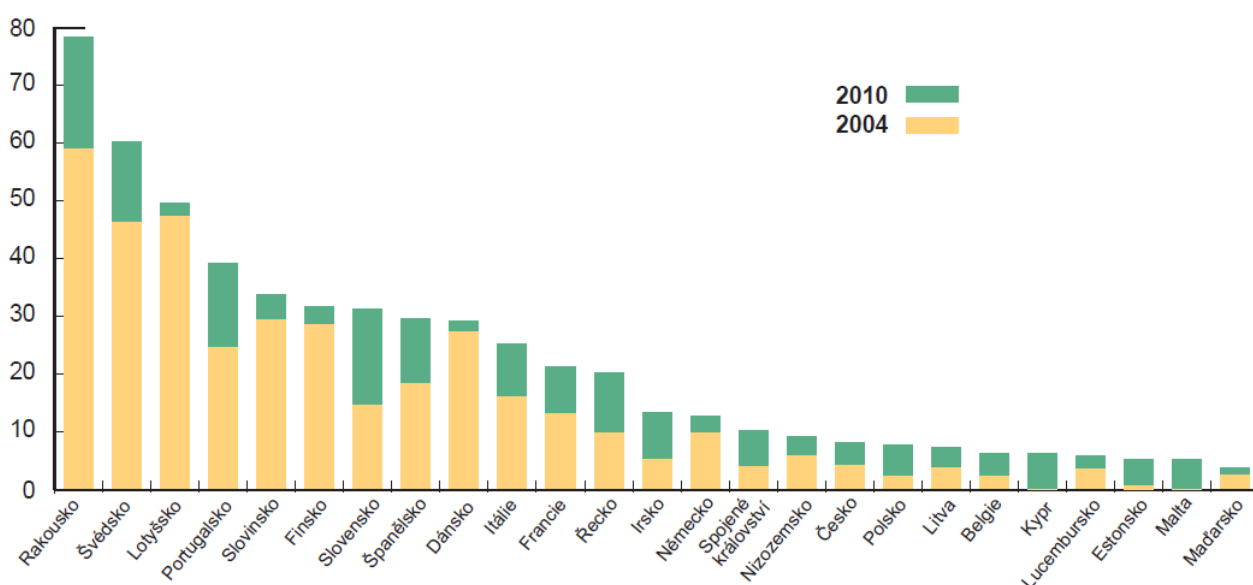
2.1.2 ODBĚRATELÉ ELETRICKÉ ENERGIE

Procesy při kterých je plánována výstavba nových zdrojů energie musí zohledňovat nejen aktuální spotřebu, ale zároveň i uspokojování budoucích potřeb v kontextu mnoha faktorů a omezení (Mourmouris, a Potolias 2013). V České Republice lze počítat se stagnací příp. pomalým nárůstem potřeby elektrické energie. Nejedná-li se o zdroj vyrábějící elektrickou energii pouze pro vlastní spotřebu, tak je elektrická energie prodávána za stanovenou výkupní cenu do sítě největší energetické společnosti u nás, kterou je ČEZ, a. s. avšak i jiné společnosti mají povinnost elektrickou energii vykupovat za stanovenou cenu (Motlík et al., 2007).

2.1.3 SROVNÁNÍ ČR A SVĚT

Českou Republiku lze srovnávat s ostatními světovými zeměmi jen obtížně, protože kromě rozdílné geografické a socioekonomické situace zde je i odlišný historický vývoj. Avšak pokud srovnávání přece jen provádíme, je nutné ho provést ve dvou rovinách a to srovnání skutečné výroby elektrické energie z OZE a srovnání potenciálu, tedy toho kolik je možné elektrické energie vyrobit.

Česká Republika patří mezi 10 zemí v Evropě s nejmenší výrobou elektřiny z OZE (Menegaki, 2013).



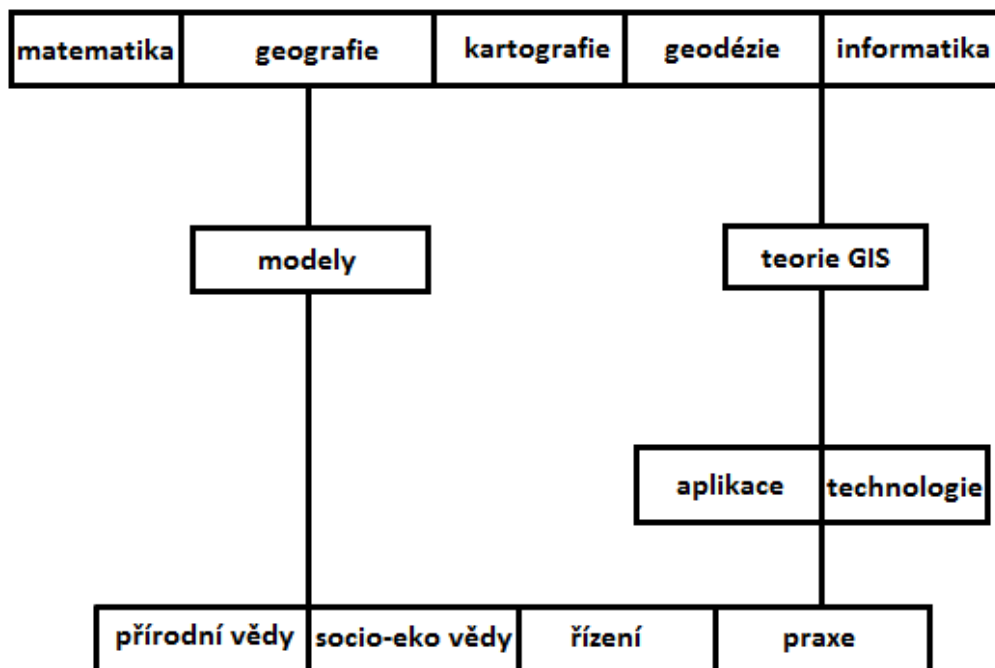
Podíl výroby elektřiny OZE na hrubé spotřebě elektřiny v EU v procentech (zdroj: Motlík et al., 2007)

Hodnověrné srovnání potenciálu není možné jednoduše provést, protože zde máme mnoho proměnných a kromě obnovitelných zdrojů již uvedených by bylo třeba započítat možnosti výroby elektřiny z přílivových, geotermálních a dalších zdrojů, navíc možnosti se díky neustále se rozvíjejícím technologiím a možnostem stále mění (Motlík et al., 2007). Ale je evidentní, že zdaleka nejsme a ani jiné země nejsou na hranici svých limitů a že výrobu elektřiny z OZE je stále možné rozvíjet.

2.2 GIS

Geografický informační systém (zkráceně GIS) je používané označení pro geografické počítačové technologie a také pro vědeckou disciplínu využívající aplikaci map integrovanou v různých systémech (Tuček, 1998). Pojem GIS lze chápat jako tři různá odvětví a to jako

aplikační nástroj, vědecký obor a technologii. Schéma vysvětlující postavení GIS a modelů podle Koreňa (1995).



GIS v prostředí vědy (zdroj: Koreň, 1995)

Pod pojmem aplikační nástroj můžeme chápat informační systém geografického typu, jež jest součástí organizační jednotky (např. státní správy). Vědecký obor lze chápat velmi různě a technologií jsou prostředky, které jsou nevyhnutelné pro realizaci a rozvoj aplikace tj. softwarové, ale i hardwarové vybavení. Velmi důležitá je právě úloha GIS v environmentálních vědách, neboť nám umožňuje řízení životního prostředí skrze plánování a monitorování (Tuček, 1998).

Fungování GIS a jeho aplikaci lze popsat pěti základními kroky, kterými jsou: pořizování dat, volba datového modelu, následně vlastní analýza, kterou následuje tvorba výstupů a interakce s uživatelem, ze které vychází plánování případně rozhodování v oblasti ŽP (Jedlička, 2007). GIS je používán pro inventarizaci, analýzu a modelování související s péčí o životní prostředí (O'Sullivan a Junwin, 2010).

GIS definujeme jako nástroj pro analyzování a editaci dat, map a obecně speciálních informací. GIS využívá dva typy dat a to data rastrová a vektorová. Rastrové modely jsou reprezentovány mřížkou nebo obdélníky o stejné velikosti. Těmto prvkům říkáme pixely nebo buňky a nesou nějakou informaci o dané lokalitě. Vektorové informace ukazují různé geometrické funkce a

čísla. Tyto informace jsou propojeny z databází a mohou tvořit body, linie a polygony (Sánchez-Lozano et al., 2013).

GIS je používán pro inventarizaci analýzu a modelování související s péčí o životní prostředí. Základem pro práci s GIS jsou podkladové mapy (basemaps), které GIS využívá. Speciálními mapovými podklady mohou být i fotografické snímky z družic a nebo letadel. Tyto snímky mohou zobrazovat i nějakou časovou škálu. Užitečným prostředkem pro analýzy je i geokódování a trasování, které spočívá v umístění geografických bodů na základě určitých souřadnic nebo adresy. Dalším užitečným softwarem v GIS jsou různé aplikace např Explorer pro ArcGIS, případně ArcGIS Open Data a nebo ArcGIS (Mitchell,2012). Pro vizualizaci používá ArcGIS rozšíření, která se nazývají ArcGIS Spatial analyst (prostorová analýza) a ArcGIS 3D Analýza. (Johnston, 2004) . Data pro GIS lze sbírat i v terénu pomocí aplikace Collector for ArcGIS (Mitchell,2012).

Pro účely mé práce hledím na GIS jako na prostředek k zobrazování existujících map, k jejich zpracování a eventuální tvorbě speciálních map nových (Tuček, 1998).

2.2.1 ARCGIS

ArcGIS je produktem firmy Environmental Systems Research Institute- zkráceně ESRI, která byla založena již roku 1969 a sídlí v USA ESRI se oblasti GIS věnuje již od roku 1976 (Longley,2011). Software ArcGIS je uceleným systémem, který umožňuje zobrazovat, kompletovat analyzovat a automatizovat práci s mapovými podklady a jinými prostorovými údaji (Tuček, 1998). Firma ESRI chápe svůj program ArcGIS jako spojnici mezi 5 subjekty, ze kterých se práce s GIS skládá jsou jimi data, metody, lidé, software a hardware (Jedlička, 2007).

Vlastní platformu ArcGIS tvoří obsah služby a softwarový produkt, vzájemně propojený. Dnes je ArcGIS složen ze čtyř segmentů a to aplikací, portálu, zdrojů a dat (Mitchell,2012).

Na ArcGIS nelze hledět jako na jeden program, ale na soubor počítačových programů, které se doplňují. Jejichž výhodou je navíc funkčnost na více operačních systémech, z nichž největší podporu má Windows a Linux (Tuček, 1998). Prvním produktem předcházejícím ArcGISu byl program Arcinfo, který v roce 1993 dostává nové menu nazývané ArcTools, které již obsahuje řadu důležitých nástrojů používaných až do dnešních dnů. Dále přibývají nástroje: ArcMap-mapové centrum, které podporuje práci s mapami tedy jejich editace a prohlížení. ArcCatalog-centrální datová aplikace pro prohlížení a práci s geografickými daty v souborech a databázích.

ArcToolbox-aplikace obsahující nástroje pro řešení různých úkolů spojených s geodatabázemi jako například překryv mapových vrstev, bodovou analýzu ukazující body a jejich vzájemný vztah, konverzi dat a podobně. Později také začíná ArcGIS využívat internet. Součástí GISu, verze 10 je to, že některé nástroje jsou umístěny na webu. (Longley,2011).

2.2.2 PROSTOROVÁ MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA

Multikriteriální analýza (anglicky: Multicriteria decision making methods ve zkratce tedy MCDM) je souhrnný postup obsahující mnoho kroků, jejichž úkolem je získat ze základního souboru mapových podkladů další informace, které není možné ze základního obsahu těchto map vyčíst a lze je získat až analýzou celkového souboru všech dodaných mapových podkladů. Multikriteriální analýza je postupem, který spočívá v nalezení nejlepší alternativy při porovnání ostatních možných alternativ. Multikriteriální analýza je součástí celého oboru, který je nazýván Tvorba multikriteriálních rozhodnutí (anglicky: Multicriteria decision making) (Sánchez-Lozano et al., 2013). Vhodné mapování zahrnuje použití různých datových zdrojů (map), jejichž geografickým kritériím jsou přiřazeny různé váhy. Data jsou obvykle odeslána do geografického informačního systému, který vhodným způsobem kombinuje data, která s sebou potencionálně vlastně nesouvisí, ale díky vhodné kombinaci se nám dostane jejich smysluplné podoby. Jednotlivá vstupní data je nutné vybrat pečlivě, abychom zahrnuli co možná nejvíce aspektů environmentálních, sociálních a geografických (Janke, 2010).

Multikriteriální analýzu v GIS chápeme jako rozhodovací proces používající prostorová data, s jehož pomocí se snažíme dle zvolených kritérií najít nejlepší řešení, přičemž některé kritéria mohou být brána jako důležitá a jiná nikoli. Máme zde dva typy kritérií a to faktor- ten přidává či ubírá na vhodnosti určité alternativy na zvolené škále. A pak omezení, které slouží jako limit. Na území, které je označeno jako omezení, není možné realizovat daný projekt. U mě jsou faktory jednotlivé mapy zobrazující energetické využití území (vítr, solární mapa). Omezí je pro mě ostatní půda na které v podstatě není možné realizovat výstavbu. Omezení jsou vyjádřena ve formě datových vrstev a oblasti vyloučené mají hodnotu 0 (díky čemuž např. při násobení vychází 0) a oblasti, kde je možné realizovat projekt mají 1. V určitých projektech mohou být za oblasti s nulou označeny i místa, která vyhovují z hlediska terénu, ale nevyhovují z hlediska rozlohy. Vzhledem k tomu, že OZE mohou být realizovány i na malém prostoru a že se jedná o republikovou analýzu na nepříliš podrobné mapě, tak tato omezení nejsou v mapě použita (Mitchel, 2005).

Průběh analýzy bychom mohli popsat asi takto. Prvním krokem je vytvořit v nástroji ModelBuilder nový model. V novém modelu se nastaví název, některé parametry a velikost buněk. Poté je vhodné nastavit vstupní mapy nebo jiná zdrojová data. Poté následuje přidání popř. spíše úprava operací. (oranžové obdélníky) U operace jsou vždy uvedeny vstupní a výstupní data typ operace a faktor, se kterým se bude pracovat. V případě potřeby je možné danou operaci přejmenovat. Dále je možné nastavit a provést výstup z dané operace. Zejména v případě větších map to trvá nějaký čas. Poté je možné stejným způsobem upravovat i následující operace. Výstupní rastrovou mapu lze také upravit a to nejen vzhled, ale i to co bude zobrazovat. Další kroky už záleží individuálně na druhu analýzy. (Mitchell,2012)

Multikriteriální analýzou se již zabývalo více autorů, avšak obvykle na menší ploše. Jejich úkolem bylo zjistit možnosti výstavby solárních a větrných elektráren na již předem vytipovaných lokalitách. V Evropě se jednalo především o Itálii (Toskánsko), Španělsko (Granada, Cartagena) a Řecko (ostrov Thassos). Dále se tyto analýzy dělaly především v Americe, jmenujme např. studie v Iowě nebo Coloradu. Konkrétní články ve kterých se o těchto projektech píše: Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain (Sánchez-Lozano et al., 2013), A multi-criteria methodology for energy planning and developing renewable energy sources at a regional level: A case study Thassos, Greece (Mourmouris, a Potolias 2013), Large scale technical and economical assessment of wind energy potential with a GIS tool: Case study Iowa (Grassi et al. 2012) a Multicriteria GIS modeling of wind and solar farms in Colorado (Janke, 2010). Přičemž každý z těchto článků se liší především lokalitou, se kterou bylo pracováno a tím tedy dochází i k jiným výsledkům využití území, avšak každý z nich ukazuje jakým způsobem je možné dané území energeticky využít. Hlavní hodnocení se v těchto studiích realizuje pomocí kapacitního faktoru území, který je v člancích vyjádřen v procentech. Největší hodnota kapacitního faktoru je kolem 40-45%. Studie také dbají na omezení, která se týkají oblastí, kde není možné OZE budovat (Grassi et al. 2012).

2.3 **Mapové podklady použité pro analýzu**

Všechny získané mapové podklady byly opatřeny měřítkem a legendou a jsou k nahlédnutí ve zmenšeném formátu A4 v příloze.

2.3.1 **JEZY A VODNÍ TOKY**

Jezy a vodní toky nebyly získány v podobě mapy, ale v podobě dvou mapových vrstev, ze kterých jsem mapu vytvořil. Jedná se o mapové vrstvy jezy a vodní toky. Neboť se práce nezabývá velkými toky, ale jen MVE tak tato vrstva stačí. Vrstvy byly získány z Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD). Tvůrce a správce této databáze je Oddělení geografických informačních systémů a kartografie VÚV T.G:M., v.v.i.

2.3.2 **PRŮMĚRNÁ RYCHLOST VĚTRU**

Mapa průměrné rychlosti větru je základním podkladem pro zanalyzování možnosti umístění větrných elektráren. Mapu průměrné rychlosti větru ve výšce 100 nad terénem pro moji práci poskytl Mgr. David Hanslian, Ph.D. z Ústavu fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i. Mapa je v rastrovém formátu s velikostí pole 100m v souřadnicové síti S-42.

2.3.3 **INTENZITA SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ**

Mapa zobrazující intenzitu slunečního záření byla získána z webových stránek (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>) evropského Joint research centra, konkrétně z Institutu pro Energie a dopravu. Autory mapy jsou Marcel Šúri, Thomas A. Huld, Ewan D. Dunlop a Tomáš Cebecauer. Mapa zobrazuje energetický potenciál sluneční energie v České Republice v kWh/m².

2.3.4 **CORINE LAND COVER 2012**

Mapa zobrazující klasifikace zemského povrchu České Republiky v roce 2012 byla získána bezplatně ze stránek geoportal.gov.cz. Poskytovatelem těchto dat je Česká informační agentura životního prostředí (CENIA). Jedná se o revizi mapy z roku 2006 a nejmenší jednotka plochy činí 25 ha. Využití mapy je v oblasti možnosti využitelnosti různých půd pro stavbu elektráren, ale i v případě produkce biomasy. Pro snadnou orientaci v mapě slouží přiložený klíč. Mapu jsem pro použití analýzy zjednodušil na zemědělskou a ostatní půdu a jako půdu vhodnou pro OZE jsem vzal tu zemědělskou.

2.4 *Postup analýzy*

V této části práce je popsáno, jakým způsobem jsem při vytváření multikriteriální analýzy, jejíž účelem je analýza území na možnost využití obnovitelných zdrojů, postupoval.

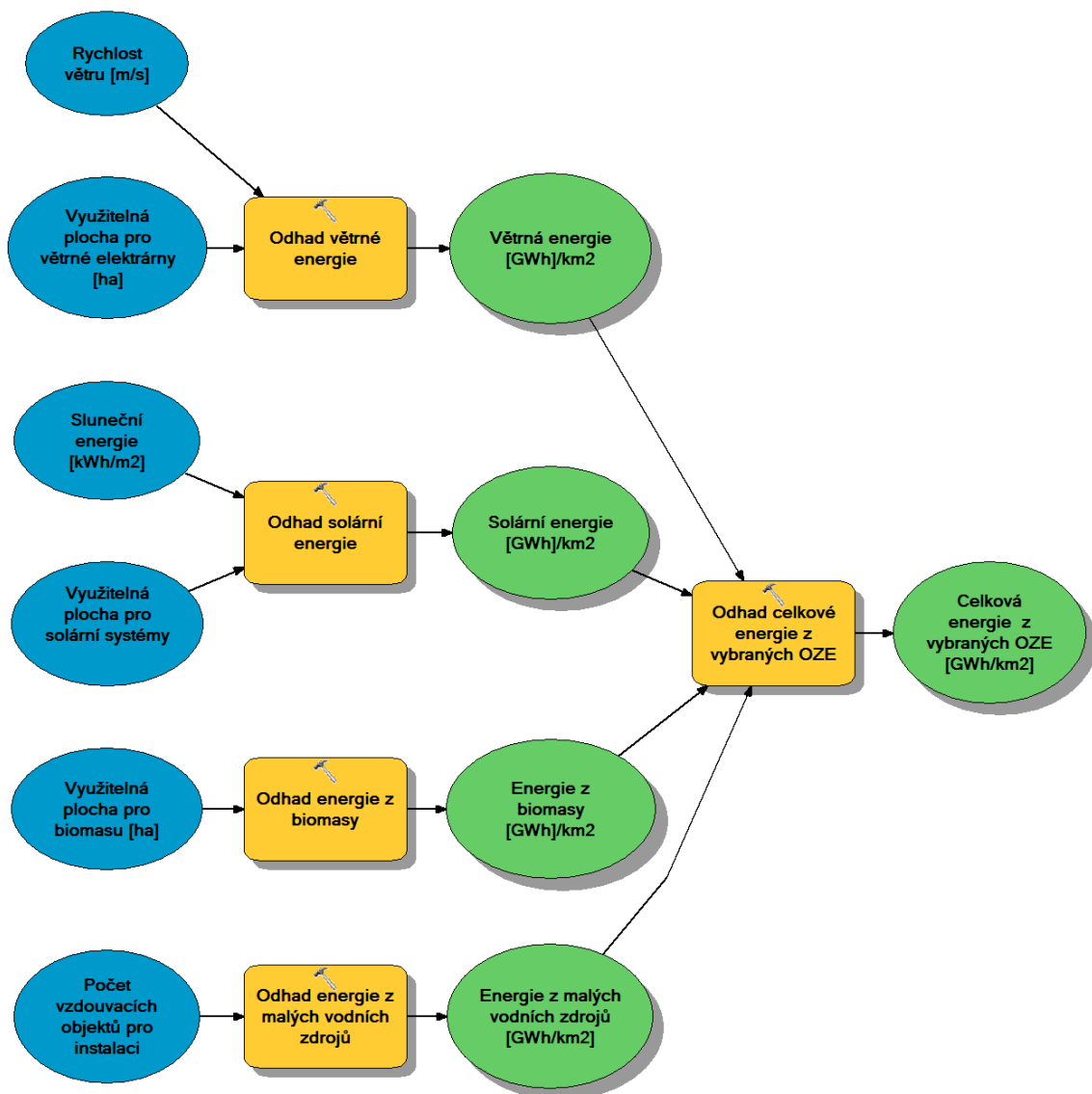
2.4.1 SHROMÁŽDĚNÍ MAPOVÝCH PODKLADŮ

Prvním krokem při tvorbě analýzy, je kromě nezbytného studia teoretické literatury a konzultace se školitelem, shromáždění mapových podkladů. Analýzu jsem založil na čtyřech mapových podkladech, které jsou blíže popsány v předchozí kapitole. Největší úpravou prošla mapa CORINE land cover 2012, kterou jsem pro analýzu zjednodušil na dvě oblasti a to na zemědělskou půdu, kterou je možné brát v analýze tak, že by zde mohly být OZE využity (pěstování biomasy, solární nebo větrné elektrárny) a na půdu ostatní, která většinou jejich využití brání (např. zastavěné pozemky nebo lesní porost). Dalšími mapovými podklady jsou mapy fyzikálních faktorů, které jsou pro obnovitelné zdroje důležité tj. mapa slunečního svitu, mapa rychlosti větru a mapa vodních toků a jezů (jedná se o malé jezy a je na nich možnost vybudovat MVE). Zatímco mapa slunečního svitu a mapa jezů je volně (pro studijní využití) dostupná na internetu, tak mapu průměrné rychlosti větru jsem získal od Ústavu fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i. Důležitým krokem po shromáždění map bylo jejich převedení do jednotného souřadnicového systému se kterým mi pomohl školitel.

Pokud bychom dělali již důkladnou analýzu nějaké oblasti s malou rozlohou, bylo by vhodné využít pro analýzu i jiné mapové podklady např. mapu možnosti připojení na rozvodnou síť, tažné trasy ptactva apod. V globálním měřítku a s tím, že se analýza zabývá všemi druhy obnovitelných zdrojů však tuto problematiku není nutné řešit. V praxi bychom jí řešili volbou jiného zdroje OZE. Např. místě tras tahů ptáků bychom pěstovali biomasu a stejně tak i v místě nákladného budování energetické přípojky.

2.4.2 SESTAVENÍ MODELOVÉHO SCHÉMATU V MODEL BULDER

Dalším krokem při analýze je navržení a vypracování schématu podle kterého bude analýza v GIS provedena. Schéma se sestavuje v doplňku ARCGIS, který se jmenuje ModelBuilder. Ve schématu musí být znázorněny všechny použité mapy, jakou činnost s nimi má program provést, podle jakých parametrů tak činí a jak má vypadat výstup. Ve schématu v podobě GIS souboru také najdeme vzorce, které se používají pro výpočet množství získané energie. Použité schéma na základě zdrojových map vypadá takto.



Modré ovály na počátku znázorňují vstupní data přicházející z map Využitelná plocha pro... je plochou zemědělskou z mapy CORINE Land Cover 2012. Rychlost větru pochází z mapy průměrná rychlost větru. Sluneční energie pochází z mapy intenzita slunečního záření. Počet vzdouvacích objektů pro instalaci je vrstva jezů. Oranžové obdélníky pak ukazují, že se vstupními daty bude provedena nějaká početní operace, jejímž cíle je z počáteční hodnoty, která je u každého vstupu jiná dostat hodnotu cílovou v GWh/km^2 . Konkrétní výpočetní operace jsou vypsány v tabulce (viz níže).

Zelené ovály jsou pak výsledky jednotlivých operací v GWh/km^2 , při jejich sečtení, které reprezentuje oranžový obdélník docházíme k číslu, které je možné interpretovat jako hypotetickou (jsem si plně vědom toho, že takovou energii nikdy není z daného území možné

získat, z důvodů, že nelze úspěšně realizovat výstavbu všech OZE najednou) celkovou energii získatelnou z OZE na daném území udanou v GWh/km² (zelený ovál na konci).

2.4.3 PROVEDENÍ ANALÝZY

Po sestavení schématu už je vlastní provedení analýzy jen příkazem programu k provedení operace a vygenerování výsledné mapy. Tuto výslednou mapu jsem pak ještě opatřil měřítkem a legendou a včlenil do bakalářské práce (viz Vyhodnocení analýzy).

2.5 *Odhady množství energie pro jednotlivé OZE*

Odhady množství energie jsou důležitou součástí analýzy, neboť s jejich pomocí přepočítáme vstupní jednotky na jednotky výsledné tedy na GWh/km², což nám umožní s jednotlivými OZE počítat dohromady a společně je také uvést do jedné mapy. Při použití koeficientů účinnosti nám navíc výpočet ukáže skutečnou energii, kterou můžeme ze zdroje získat. Nesmíme však zapomenout na to, že hodnota energie získané z území je pouze odhadnutým množstvím, neboť výpočet postihuje jen základní parametry. Níže uvedené výpočty realizujeme na každém km a do výpočtů také zahrnuji podíl zemědělské půdy na každém km².

Nejsnazší přepočet je u energie solární, kde pouze kwh/m² přepočítáme na GWh/km². A vynásobíme je účinností 0,1. (Šúri et. al.,2007)

Výpočet větrné energie je již složitější, do výpočtu je nutno zahrnout počet hodin v roce a samozřejmě je nutné spočítat výkon turbíny (pro výpočet bereme nejběžnější s průměrem rotoru 100m), který se spočítá tímto vzorcem $1/2 * \pi * r^2 * \rho * v^3$. Získané číslo opět přepočteme na GWh/km². Vynásobíme koeficientem účinnosti 0,5. (Hanslian et. al., 2008)

Energie z biomasy se vypočítá jako přepočet výnosu z t/ha na kg/km² a poté je tato hodnota vynásobena výhřevností MJ/kg, takto spočítaná výhřevnost se převede na MWh/km² (násobíme 3600) a na závěr se přepočítá na GWh/km². Vynásobíme účinností 0,75. (Beranovský et. al., 2000)

Malé vodní elektrárny počítáme jako vynásobení průměrného výkonu jedné elektrárny počtem hodin v roce (8760) a počtem zařízení na km² přepočítáme opět na GWh/km² a vynásobíme účinností 0,9. (Andrews a Jelley, 2013)

OZE-vstup	Výpočty •	Poznámka
Solární energie z mapy [kWh/m ²]	$(\text{kWh/m}^2 = \text{GWh/km}^2) * 0,1$	horizontální radiace za rok
Větrná energie z mapy [m/s]	$\{ [(1/2 * \pi * r^2 * \rho * v^3) * 8760] / 1000000000 \} * 0,5$	konstantní hodnota za 24 hodin
Biomasa průměrný vynos [t/ha]	$\{ [(\text{počet ha/km}^2) * (\text{vynos t/ha})] * 1000 \} * (\text{výhřevnost MJ/kg}) * (1000000/3600) / (\text{převod na GWh}) \text{ pak } * 0,75$	roční sklizeň
Malé vodní elektrárny [MW]	$\{ (\text{průměrný výkon} * \text{počet objektů na km}^2 * 8760) / 1000 \} * 0,9$	konstantní hodnota za 24 hodin

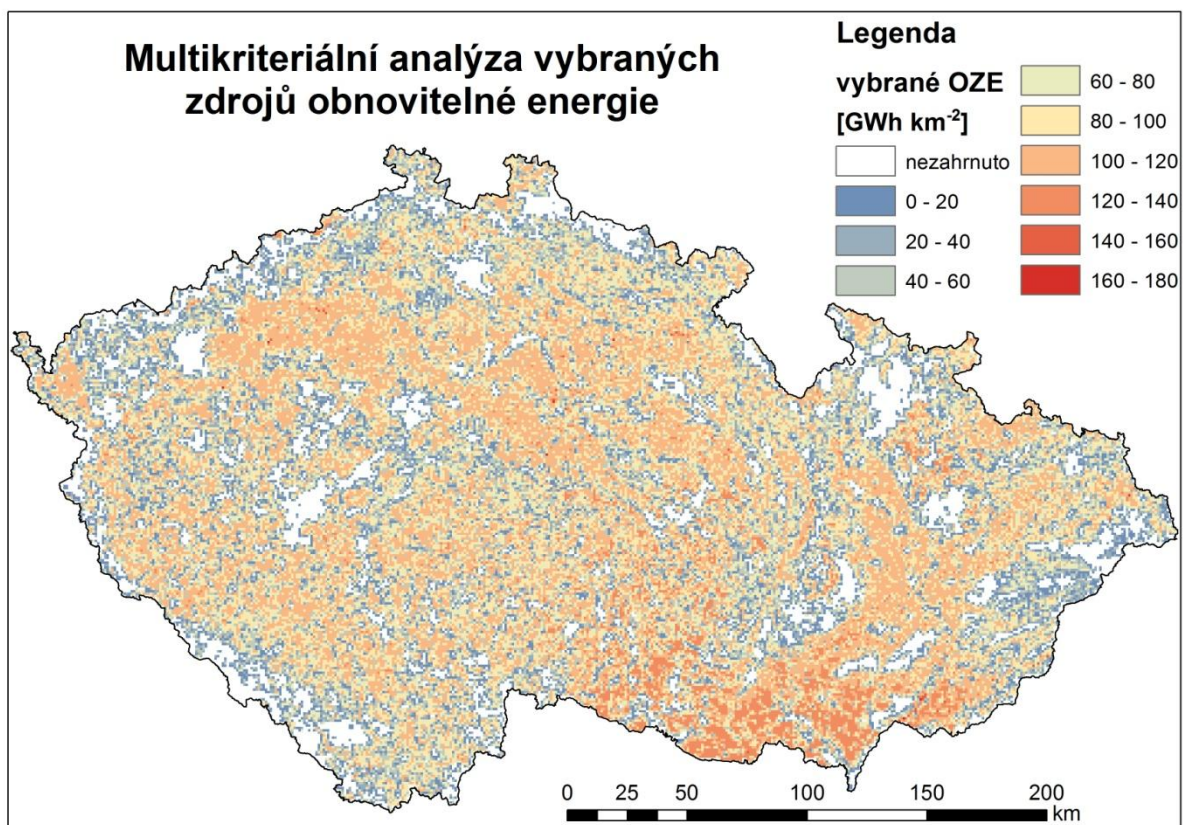
- všechny uvedené odhady výpočtů jsou modelovými příklady a jednotlivá čísla v nich uvedená se mohou lišit.

2.6 *Vyhodnocení analýzy*

2.6.1 ZJIŠTĚNÉ INFORMACE

Zjištěné informace interpretuji ve formě mapy, která nám zobrazuje pomocí barevné škály od modré k červené, kolik je hypoteticky možné získat energie z OZE na daném území. Hodnoty jsou uvedeny v GWh/km². Území, které nebylo zahrnuto do analýzy z důvodu, že dané pozemky nepatří mezi zemědělské, je označeno v legendě jako nezahrnuto a má bílou barvu. Zde ve většině případů nelze OZE využívat vůbec. Území se sytě modrou barvou je možné využít k OZE, ale jen s velmi malým energetickým výnosem. Naopak nejvyšších hodnot výnosů dosahují místa, na kterých je možné efektivně využít více OZE, což jsou místa vyznačená na mapě červenou. Například Jižní Morava, kde je předpokládán vyšší výnos z OZE způsobený dostatkem sluneční energie. Vysokých hodnot dosahuje i Polabí, ale i Vysočina a některé jiné partie. I v některých vyšších polohách Krušných Hor jsou příznivé podmínky a to díky větrné energii. Nejmenší možnost využití OZE je pak samozřejmě v Praze – málo zemědělsky využitelné půdy (zde by byla možnost instalace fotovoltaických panelů na střechy, ale tím se má práce nezabývá) a pak v kraji Karlovarském.

Nevýhodou tohoto globálního zpracování je bezpochyby fakt, že vysledovat zde vliv malých vodních elektráren je skoro nemožné (v takovém případě je lepší udělat analýzu pro menší oblast).



2.6.2 DALŠÍ MOŽNÁ INTERPRETACE VÝSLEDKŮ

Dalšími možnostmi, jak mapu využít je interpretovat výsledky z hlediska financí-kolik by výstavba v daných oblastech vynesla jako investice peněz, v takovém případě by však bylo nutné zhodnotit ještě finanční aspekty výstavby, což není možné v republikovém měřítku důkladně provést, navíc pořizovací cena OZE stejně jako výše jejich podpory je proměnlivým faktorem. Zajímavější možností je použít i data na zhodnocení možnosti omezení produkce CO₂, ovšem i tato analýza by byla poměrně komplikovaná a mnoho faktorů též není možné v republikovém měřítku objektivně zapracovat.

3. Závěr

Z přiložené mapy jasně vyplývají oblasti, např. Jižní Morava, Vysočina, Severní Čechy které je teoreticky možné využít k další výstavbě slunečních či větrných elektráren, případně k pěstování biomasy. Pokud bychom však chtěli objektivně zhodnotit možnosti umístění elektrárny na OZE nestačí nám pouze znát možnost teoretického výnosu energie z daného území, ale musíme postihnout i řadu faktorů jako jsou např. ekonomická návratnost investice, dopady výstavby a provozu na ŽP, dopady výstavby a provozu na obyvatele, potřeba elektrické energie a další faktory. Tato analýza je tedy spíše ukázkou možnosti práce s GIS, než návrhem na přesná místa vybudování nových zdrojů OZE. Pro přesnější analýzu s použitím GIS je pak možné, při zachování stávajícího postupu, vybrat jiné mapy, které jsou menšího měřítka a tudíž přesnější a s jejich pomocí by pak bylo možné vybrat skutečné místo pro umístění OZE.

Závěrem tedy lze říci, že České Republika má stále místa, kde by bylo do budoucna možné realizovat využití OZE, ale konkrétní využití je třeba posuzovat z lokálního hlediska za relevantního zhodnocení všech faktorů.

Zdroje.

Mapové zdroje jsou uvedeny v kapitole mapy použité pro analýzu.

Knihy

ANDREWS, John a N. JELLEY. Energy science: principles, technologies, and impacts. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, c2013, xii, 412 s. ISBN 978-0-19-959237-1.

CETKOVSKÝ, Stanislav, Bohumil FRANTÁL a Josef ŠTEKL. Větrná energie v České republice. 1. vyd. Brno: Ústav geoniky Akademi věd ČR, 2010, 208 s. ISBN 978-80-86407-84-5.

GIELEN Dolf at al., Renewable energy technologies: cost analysis series, International Renewable Energy Agency 2012, st 52

GOETZBERGER, Adolf a HOFFMANN Wirt Volker, Photovoltaic Solar Energy Generation1 . vyd. Berlin: Springer, s. 237 ISBN 3-540-23676-7

HÄBERLE, Gregor. Technika životního prostředí pro školu i praxi. 1. vyd. Praha: Europa - Sobotáles, 2003, 336 s. ISBN 80-86706-05-2.

JOHNSTON, Kevin.. ArcGis 9: using ArcGis geostatistical analyst. Redlands, Calif: Esri Press, 2004. ISBN 1589481062.

LONGLEY, Paul. Geographic information systems & science. 3rd ed. Danvers, Mass: John Wiley & Sons, 2011, xix, 539 s. ISBN 9780470721445.

LIBRA, Martin a Vladislav POULEK. Fotovoltaika: teorie i praxe využití solární energie. 2., dopl. vyd. Praha: Ilsa, 2010, 165 s. ISBN 978-80-904311-5-7.

MITCHELL, Andy, The ESRI guide to GIS analysis. 2, Spatial measurements & statistics, Redlands : ESRI Press, 2005, 238 s.

MITCHELL, Andy, The ESRI guide to GIS analysis. 3 Modeling suitability, movement and interaction, Redlands : ESRI Press, 2012, 419 s. 978-1-58948-305-7

MOTLÍK, Jan. Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice. Praha: ČEZ, 2007, 181 s. ISBN 978-80-239-8823-9

O'SULLIVAN, David a David J UNWIN. Geographic information analysis. Second edition., 2010, 431 s . ISBN 978-1-119-02387-6.

QUASCHNING, Volker. Obnovitelné zdroje energií. 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 296 s. ISBN 978-80-247-3250-3.

RANDOLPH, John a Gilbert M MASTERS. Energy for sustainability: technology, planning, policy. Washington, D.C.: Island Press, c2008, xvii, 790 p. ISBN 1597261041

ŠÁRA, Pavel Školní atlas světa, 2 vyd. SHOCart, 2008, 112 s. ISBN 978-80-7224-031-9

TESTER, Jefferson W. Sustainable energy: choosing among options. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2005, xxiii, 846 p. ISBN 0-262-20153-4

TUČEK, Ján. Geografické informační systémy : principy a praxe. 1. vyd. Praha: Computer Press 1998, 424 s. ISBN 80-7226-091-X.

Články

BERANOVSKÝ Jiří a kolektiv autorů, Metody hodnocení vhodnosti a výtěžnosti obnovitelných zdrojů energie, 2010, EkoWATT, str.132

ČERNÁ Ladislava, Stručně o laboratoři, [on-line]. Dostupné z <http://pasan.feld.cvut.cz>

FRANTÁL Bohumil a KUNC Josef, Factors of the uneven regional development of wind energy projects (a case of the Czech Republic), 2010, st. 6-7

GONO Miroslava, KYNCL Miroslav, GONO Radomir, Hydropower Station in Czech Water Supply System, 2012, st. 6

GRASSI Stefano, CHOKANI Ndaona, ABHARI Reza S., Large scale technical and economical assessment of wind energy potential with a GIS tool: Case study Iowa, 2012, Energy Policy, st. 73-85

HANSLIAN, D., Hošek, J., & Štekl, J. (2008). Odhad realizovatelného potenciálu větrné energie na území České republiky. Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha.

HANSLIAN, D., Hošek, J., Chládová, Z., Pop, L., Svoboda, J., & Štekl, J. (2007). Určení technického potenciálu větrné energie na území České republiky. Výzkumná zpráva. Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha.

IQBAL M., AZAM M., NAEEM M., KHWAJA A.S, ANPALAGAN A., Optimization classification, algorithms and tools for renewable energy:A review,2014, Science direct

JANKE Jason R., Multicriteria GIS modeling of wind and solar farms in Colorado, 2010 Renewable energy st. 2228-2234

JEDLIČKA, Karel. Úvod do Geografických Informačních Systému. [on-line]. Poslední aktualizace jaro 2007. Dostupné z <http://gis.zcu.cz/studium/ugi/elearning/index1.htm>

KOREŇ Milan, Svet priestorových informácií, Geoinfo 1/1995 s. 25-29

LONG Huilin, LI Xiaobing, WANG Hong, JIA Jingdun,, Biomass resources and their bioenergy potential estimation:A review, 2013, State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, st. 9

MENEGAKI, Angeliki N., Growth and renewable energy in Europe: Benchmarking with data, 2013, st. 3

MOURMOURIS J.C., POTOLIAS C., A multi-criteria methodology for energy planning and developing renewable energy sources at a regional level: A case study Thassos, Greece, 2013, Energy Policy 522-530

PIETRUSZKO Stanislaw M. , Kamila BLAZEJEWSKA, Status of photovoltaics in the European union 2009 new member states, Warsaw University of Technology, 2010 st. 16

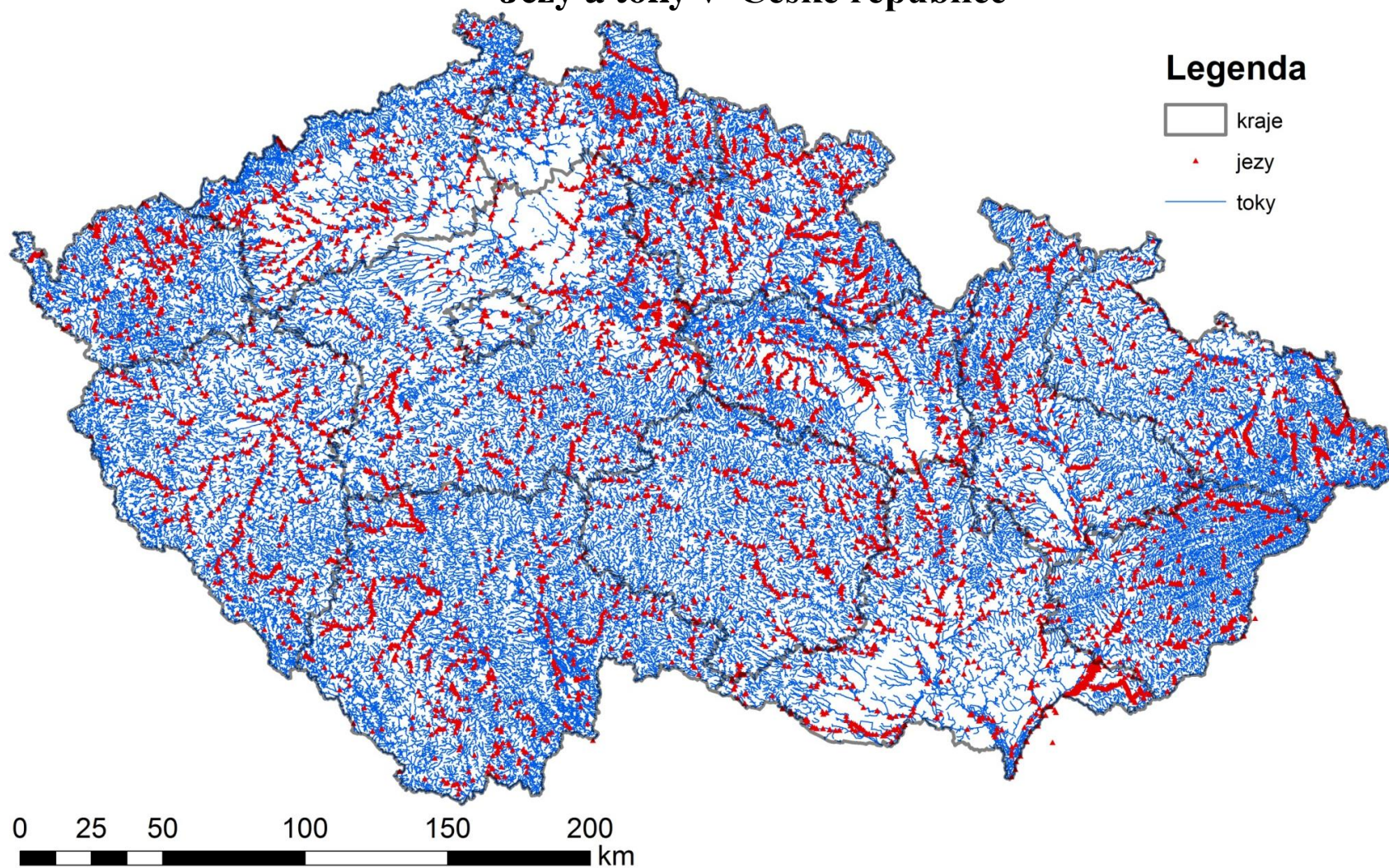
SÁNCHEZ-LOZANO Juan M., TERUEL-SOLANO Jerónimo, SOTO-ELVIRA Pedro L., GARCÍA-CASCALES M.Socorro, Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain, 2013, Renewable and Sustainable Energy Reviews,st. 544-556

ŠKORPÍK, Jiří. Sluneční záření jako zdroj energie, *Transformační technologie*, 2006-09, [last updated 2015-02]. Brno: Jiří Škorpík, [online] pokračující zdroj, ISSN 1804-8293. Dostupné z <http://www.transformacni-technologie.cz/slunecni-zareni-jako-zdroj-energie.html>

Šúri M., Huld T.A., Dunlop E.D. Ossenbrink H.A., 2007. Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries. Solar Energy, 81, 1295–1305, <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Příloha- Vstupní mapy pro analýzu

Jezy a toky v České republice

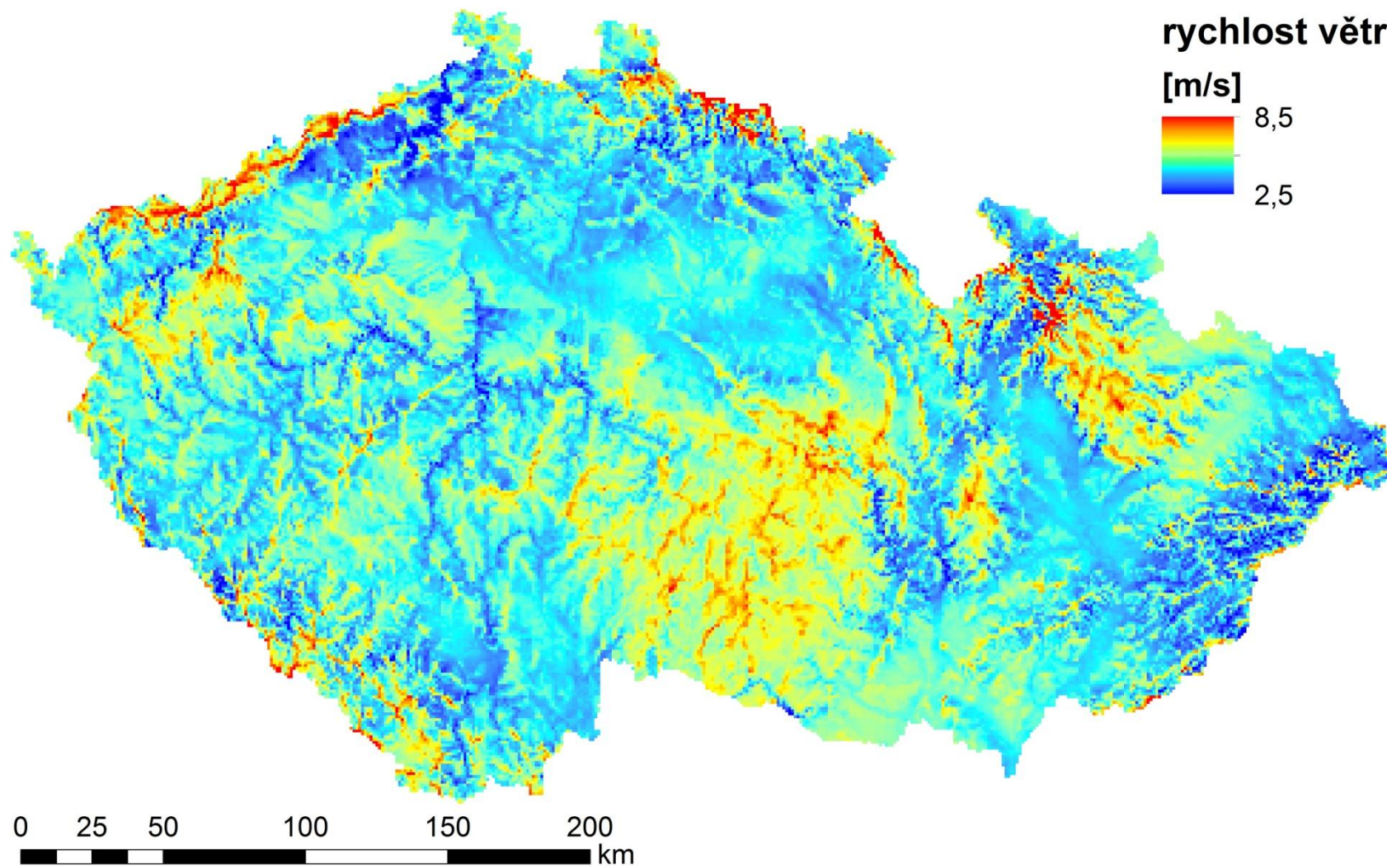
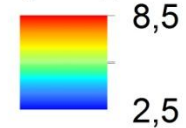


Pole průměrné rychlosti větru v České republice ve výšce 100m

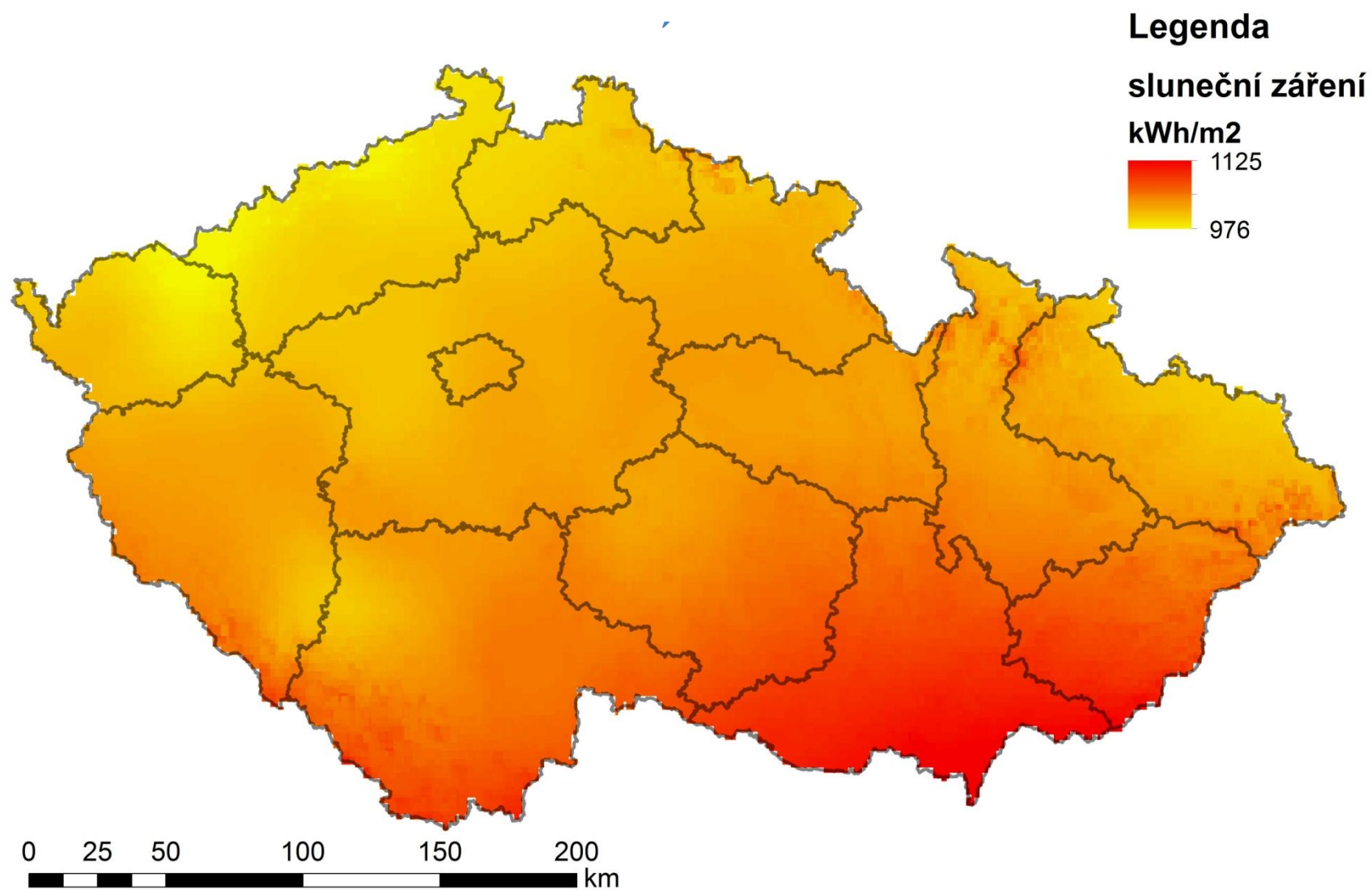
Legenda

rychlost větru

[m/s]

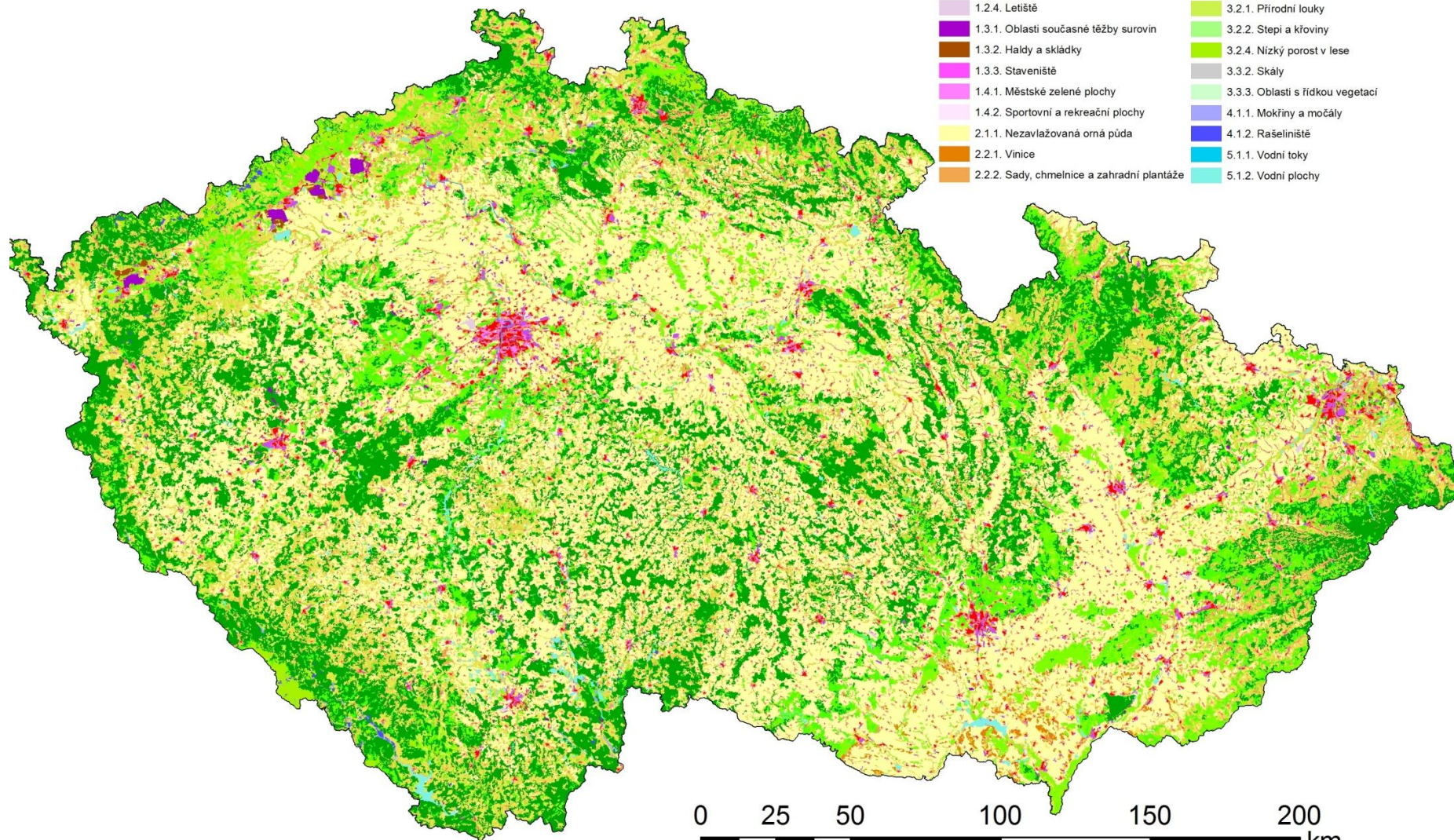


Intenzita slunečního záření v České republice



CORINE 2012

před úpravou



Legenda

kategorie

- | | |
|--|---|
|  1.1.1. Souvislá městská zástavba |  2.3.1. Louky a pastviny |
|  1.1.2. Nesouvislá městská zástavba |  2.4.2. Směsice polí, luk a trvalých plodin |
|  1.2.1. Průmyslové a obchodní areály |  2.4.3. Zemědělské oblasti s přirozenou vegetací |
|  1.2.2. Silniční a železniční síť s okolím |  3.1.1. Listnaté lesy |
|  1.2.3. Přístavy |  3.1.2. Jehličnaté lesy |
|  1.2.4. Letiště |  3.1.3. Smíšené lesy |
|  1.3.1. Oblasti současné těžby surovin |  3.2.1. Přírodní louky |
|  1.3.2. Haldy a skládky |  3.2.2. Stepi a křoviny |
|  1.3.3. Staveniště |  3.2.4. Nizký porost v lese |
|  1.4.1. Městské zelené plochy |  3.3.2. Skály |
|  1.4.2. Sportovní a rekreační plochy |  3.3.3. Oblasti s řídkou vegetací |
|  2.1.1. Nezavlažovaná orná půda |  4.1.1. Mokřiny a močály |
|  2.2.1. Vinice |  4.1.2. Rašeliniště |
|  2.2.2. Sady, chmelnice a zahradní plantáže |  5.1.1. Vodní toky |
| |  5.1.2. Vodní plochy |

CORINE 2012

po úpravě

Legenda

 kraje

CORINE

 ostatní

 zemědělská půda

