

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

Fakulta biomedicínského inženýrství

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Možnosti ochrany zdravotnického operačního střediska před dlouhodobým  
výpadkem elektrické energie**

**Protection options of the medical operations center before power outages**

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Zdravotnický záchranář

Vedoucí práce: Mgr. Pavel Böhm

**Kateřina Vaňková**

Kladno, 2015

## Zadání bakalářské práce

Student: **Kateřina Vaňková**  
Obor: Zdravotnický záchranář  
Téma: **Možnosti ochrany zdravotnického operačního střediska před dlouhodobým výpadkem elektrické energie**  
Téma anglicky: Protection options of the medical operations center before power outages

### Zásady pro vypracování:

Náplní práce bude podat ucelené informace o možnostech ochrany zdravotnického operačního střediska před výpadkem elektrické energie. Teoretická část se bude zabývat, všemi možnými riziky, které mohou způsobit výpadek elektrického proudu ve zdravotnickém operačním středisku. Dále v teoretické části budou zmíněny soudobé ochranné systémy používání při ochraně energetických zařízení a to zejména - UPS a motorgenerátorů, jako hlavní možnosti ochrany. Rozebrána bude jejich efektivnost, nedostatky, typy a jejich vzájemná kooperace. Zároveň budou podány informace o časové udržitelnosti jednotlivých možností.

V praktické části bude zjištěno, jak tento problém řeší vybrané zdravotnické operační středisko a bude navrhnout případné efektivnější řešení.

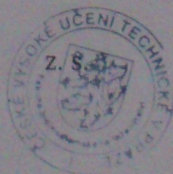
### Seznam odborné literatury:

- [1] HOGAN, D.E., BURSTEIN J.L., Disaster medicine , ed. 2nd, Philadelphia: Lippincott Williams, 2007, 489 s., ISBN 07-817-6262-6
- [2] KLEMENT, C., Mimoriadne udalosti vo verejnom zdravotníctve , Banská Bystrica :PRO, 2011, 663 s., ISBN 78-80-89057-29-0
- [3] REMEŠ, R., TRNOVSKÁ, S. a kol., Praktická příručka přednemocniční urgentní medicíny, ed. 1.vyd., Grada Publishing, 2013, ISBN 9788024745305

zadání platné do: 11.09.2015

Vedoucí: Mgr. Pavel Böhm

vedoucí katedry / pracoviště



děkan

V Kladně dne 17.02.2014

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Možnosti ochrany zdravotnického operačního střediska před dlouhodobým výpadkem elektrické energie vypracoval/ a samostatně a použil/a k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V ..... dne.....

Podpis

## **Poděkování:**

Na tomto místě bych ráda poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce panu Mgr. Pavlu Böhmovi za odborné vedení, za pomoc, rady, trpělivost a ochotu při zpracování této práce.

## **Abstrakt**

Tématem této bakalářské práce je problematika dlouhodobého výpadku elektrické energie ve vztahu ke zdravotnickému operačnímu středisku. Proto jsou v této práci rozebrány možnosti jeho ochrany, od běžných náhradních zdrojů elektrické energie, jako jsou systémy UPS a motorgenerátory, po alternativní náhradní zdroje, jako jsou větrné elektrárny, sluneční elektrárny, vodní elektrárny, geotermální elektrárny nebo elektrárny na biomasu. Blíže jsou rozebrány příčiny a důsledky blackoutu. Též jsou tu popsána legislativní ustanovení potřebná k identifikování prvků kritické infrastruktury a k příkazu užívání náhradních zdrojů. Cílem této práce je zjistit, jak je možné tuto kritickou infrastrukturu co nejefektivněji chránit.

V druhé části práce je tak popsáno, jak danou problematiku ochrany před dlouhodobým výpadkem elektrické energie řeší vybrané zdravotnické operační středisko. Jsou navrženy alternativy pro jejich náhradní zdroj a je zkoumáno, zda-li by některá z těchto nabídnutých řešení nebyla schopna lépe překlenout období bez dodávky elektrické energie než dosavadní náhradní zdroj. Omezujícím faktorem pro výběr jiného náhradního zdroje se během analýzy použitelnosti jednotlivých možností ukáže velikost financí. Tuto práci lze využít pro identifikaci nejvýhodnějšího náhradního zdroje nejen pro zdravotnické operační středisko, ale i pro ostatní prvky kritické infrastruktury, které jsou ze zákona povinny udržet svoji energetickou nezávislost po dobu nejméně dvaceti čtyř hodin. Bylo by dobré, aby se tato práce posloužila alespoň pro zamyšlení se nad současným stavem používání náhradních zdrojů a uvědomění si, že nám hrozí i výpadky elektrické energie delší než dvacet čtyři hodin. V daném případě by bylo zřejmě vhodnější využít několikanásobně dražší variantu, která je schopna samostatně fungovat po neomezenou dobu např. bez dodávek paliva.

## **Klíčová slova:**

Blackout, zdravotnické operační středisko, náhradní zdroj, obnovitelný zdroj energie

## **Abstract**

The subject of this Bachelor dissertation is the issue of long-term electrical power cuts in relation to a health operations centre. Therefore the paper examines possibilities for its protection ranging from conventional substitute power sources, such as UPS systems and motor-generators, to alternative energy sources such as wind turbines, solar power plants, hydroelectric power plants, geothermal power plants or biomass power plants. The causes and effects of a blackout are analysed in closer detail. Legislative provisions necessary to identify elements of critical infrastructure and to order the use of alternative sources are also described here. The aim of this dissertation is to ascertain possibilities for the most effective protection of this critical infrastructure.

The second part of the paper describes the manner in which the specific issue of protection against long-term power cuts is addressed by a selected health operations centre. It proposes alternatives for substitute power sources and examines whether or not any of the proposed solutions would be capable of better bridging a period without electricity than the existing substitute power source. While analysing the usability of individual options, a limiting factor for the choice of a different substitute power source proves to be available finances. This paper can be used to identify the most suitable substitute power source not only for a health operations centre, but also for other elements of the critical infrastructure which are required by law to maintain their energy independence for at least twenty-four hours. It would be a success if this paper at least served for reflection on the current use of substitute power sources and the realisation that there is a danger of power cuts lasting longer than twenty-four hours. In such an event it would be clearly advantageous to use multiple more costly variants which would be capable of functioning independently for an unlimited period, e.g. without a fuel supply.

## **Keywords:**

Blackout, medical operating center, power supply, renewable energy source

# Obsah

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Úvod.....                                                                                         | 8  |
| 1 Současný stav.....                                                                              | 9  |
| 1.1 Blackout.....                                                                                 | 9  |
| 1.1.1 Příčiny blackout.....                                                                       | 9  |
| 1.1.2 Důsledky blackout.....                                                                      | 10 |
| 1.2 Vybavení zdravotnického operačního střediska.....                                             | 11 |
| 1.3 Hlavní činnosti zdravotnického operačního střediska .....                                     | 14 |
| 1.4 Náhradní zdroje elektrické energie.....                                                       | 14 |
| 1.4.1 UPS .....                                                                                   | 15 |
| 1.4.2 Motorgenerátory .....                                                                       | 16 |
| 1.5 Alternativní zdroje elektrické energie.....                                                   | 18 |
| 1.5.1 Výroba energie z biomasy.....                                                               | 18 |
| 1.5.2 Sluneční elektrárny.....                                                                    | 19 |
| 1.5.3 Větrné elektrárny .....                                                                     | 21 |
| 1.5.4 Geotermální energie.....                                                                    | 22 |
| 1.5.5 Vodní elektrárny.....                                                                       | 23 |
| 1.6 Náhradní energie budoucnosti.....                                                             | 25 |
| 1.6.1 Elektrická energie z třepetání větru.....                                                   | 25 |
| 1.6.2 Vodíkový palivový článek.....                                                               | 25 |
| 1.6.3 Tepelně hladinové generátory.....                                                           | 26 |
| 1.7 Elektrický rozvod v místnostech pro lékařské účely.....                                       | 26 |
| 1.8 Legislativa spojená s výpadkem elektrického proudu na zdravotnickém operačním středisku ..... | 27 |
| 2 Cíl práce .....                                                                                 | 28 |
| 3 Metodika.....                                                                                   | 29 |
| 4 Výsledky.....                                                                                   | 30 |
| 4.1 Zhodnocení efektivnosti různých náhradních zdrojů elektrické energie.....                     | 30 |
| 4.1.1 Udržitelnost zdroje.....                                                                    | 31 |
| 4.1.2 Dodávka pohonné energie.....                                                                | 32 |
| 4.1.3 Rychlost spuštění.....                                                                      | 33 |
| 4.1.4 Životnost.....                                                                              | 34 |
| 4.1.5 Vhodnost prostředí.....                                                                     | 35 |
| 4.1.5.1 Větrná elektrárna.....                                                                    | 36 |
| 4.1.5.2 Sluneční elektrárna.....                                                                  | 37 |
| 4.1.5.3 Geotermální energie.....                                                                  | 38 |
| 4.1.5.4 Elektrárna na biomasu.....                                                                | 38 |
| 4.1.5.5 Vodní elektrárna.....                                                                     | 38 |
| 4.1.6 Pořizovací cena.....                                                                        | 40 |
| 4.1.7 Provozní cena (cena za palivo).....                                                         | 43 |
| 4.1.8 Plošná náročnost.....                                                                       | 44 |
| 4.1.9 Ohroženost přírodními vlivy.....                                                            | 45 |
| 4.2 Součinnost náhradních zdrojů.....                                                             | 46 |
| 4.3 Jak řeší výpadky proudu další prvky kritické infrastruktury.....                              | 46 |
| 4.4 Závěrečné rozhodnutí o typu náhradního zdroje elektrické energie.....                         | 47 |
| 5. Diskuze.....                                                                                   | 49 |
| Závěr.....                                                                                        | 54 |
| Seznam použité literatury.....                                                                    | 55 |
| Přílohy.....                                                                                      | 60 |

# Úvod

V této práci bude řešena problematika náhradních zdrojů elektrické energie. Toto téma jsem si vybrala, protože si myslím, že výzkumy v této oblasti nejsou nikterak rozsáhlé. Doufám, že výsledky mé práce poslouží pro zhodnocení současného stavu náhradních zdrojů a to povede k jejich vylepšení v případě, že to bude zapotřebí. V této práci budu hledat odpověď na otázku, zda náhradní zdroje elektrické energie, které jsou využívány v současné době, jsou dostačující pro zvěšující se hrozbu dlouhodobých výpadků elektrické energie, nebo by bylo vhodnější je vyměnit za jiné, efektivnější zdroje.

Myslím si, že velikost následků ohrožení v podobě blackoutu roste společně s rostoucím využíváním elektrických přístrojů. Na elektrické energii jsme totiž závislí každý den, od chvíle kdy ráno vstaneme a rozsvítíme si lampičku. Během celého dne ji pak dále využíváme např. při práci, ve škole, kde pracujeme na počítačích nebo je nám prezentována probíraná látka skrze dataprojektor, ale nesmíme zapomenout, že i obyčejné osvětlení, které bereme jako samozřejmost pro svoji práci, nebude během blackoutu fungovat. Nedostatky pak zjistíme i během úkonů, u kterých bychom neočekávali, že výpadek proudu nějak ovlivní. Tím mám na mysli běžné tankování pohonných hmot do našich automobilů. V případě, že nebudeme moci tankovat, nebudeme mít dostatek nafty pro to, abychom dojeli do práce, tam se tedy nedostavíme a kdo ví, třeba je naše práce důležitá pro obnovení dodávek elektrické energie. V tomto a dalších případech se tak dostáváme do začarovaného kruhu, v kterém nám chybí elektrická energie. Pochopitelně jsou připraveny různé krizové plány, které by situaci blackoutu měly řešit, ale otázkou je, zda-li jsou dostatečně propracované. Dostatečnou připravenost na blackout prověří jedině blackout a tak nezbyvá než doufat, že takováto situace rozsáhlého výpadku elektrické energie buď nenastane nebo na ni budeme připraveni. Řekněme si popravdě, že každý plán má svoji slabinu. Jak jsou na tuto situaci připraveni na zdravotnickém operačním středisku, řeší právě tato práce.



# 1 Současný stav

## 1.1 Blackout

Jedná se o výrazný výpadek proudu na rozsáhlém území. Rozsáhlým územím se myslí výpadek na úrovni měst, regionů, států, kontinentů. Proč je výpadek proudu tak zásadní? Protože na elektrické energii je dnes závislé téměř všechno, ať už jsou to malé domácí spotřebiče, bez kterých se můžeme na čas obejít, např. vysavač, rychlovarná konvice, sporák, lednice, nebo větší spotřebiče, které v domácnosti slouží jako zdroje osvětlení, topení, ohřevu vody. Bez nich se dá jistě taky obejít, ale rozhodně je větším problémem nefunkční topení v zimě než nefunkční rychlovarná konvice. Nesrovnatelně větší problém nastane, když elektrický proud vypadne např. v nemocnicích, na letištích, v laboratořích nebo na zdravotnickém operačním středisku, kde ztráta elektrické energie může znamenat ztrátu lidských životů. Nejnepříjemnější na elektrické energii je, že se nedá skladovat, a proto, když k nějakému takovému výpadku dojde, musí se důležitá zařízení před tímto výpadkem chránit. [Mlčoch, 2008]

### 1.1.1 Příčiny blackoutu

Příčin blackoutu může být spousta. To je dáno tím, že elektrizační soustava má hned několik citlivých míst, kde lze tuto soustavu napadnout. „Elektrizační soustava je centrálně a jednotně řízený soubor paralelně pracujících elektráren, elektrických přenosových a rozvodných zařízení a elektrických spotřebičů se společnou výkonovou rezervou – jejím hlavním úkolem je spolehlivá dodávka dostatečného množství elektrické energie všem odběratelům v dohodnuté kvalitě s minimálními náklady, při zaručené bezpečnosti práce.“ [Petružela, 2006] Z toho vyplývá, že dojít k selhání, může při výrobě elektrické energie, přenosu, transformaci nebo distribuci. Selhání může být způsobeno:

- technickým selháním
- selháním lidského faktoru
- organizovaným trestným činem, který těžce poškodil technickou infrastrukturu distribuční sítě
- přírodní vlivy jako silný déšť s povodněmi, bouře, těžký sníh, ledové bouře
- následky pandemie [Petermann et al., 2011]

Mezi příčiny blackoutu na základě technického selhání můžeme zařadit přenos velkých výkonů na hranici zatížitelnosti, přetížení přenosových vedení, nestabilitu obnovitelných zdrojů nebo špatný technický stav energetických sítí. [Žák, 2013]

Co se týče selhání lidského faktoru, jedná se většinou o chyby obsluhy elektrizační soustavy. Ale takovýchto chyb může být celá řada, protože lidský faktor je nevyzpytatelný. [Žák, 2013]

Organizovaným trestným činem, který těžce poškodil technickou infrastrukturu distribuční sítě, se má na mysli teroristický útok, který je cílený na transformátory, generátory a další části distribuční sítě. Důsledkem útoku je výpadek elektrického proudu i na několik týdnů. [Žák, 2013]

Vliv přírodních pohrom není třeba vysvětlovat. Je jasné, že pokud např. sníh a led zatíží přenosovou soustavu, může to zastavit dodávku elektrické energie přinejmenším na několik hodin. Pokud je pod vlivem přírodních katastrof větší území, souvisí s tím i územně větší postižení výpadkem energie. [Žák, 2013]

Pandemie se na první pohled zdá, jako nesouvisející s výpadky elektrické energie, ale pokud bude nemocná spousta lidí, bude nemocná i spousta zaměstnanců energetických společností, z čehož vyplyne neschopnost zajistit normální provoz. Opraváři nebudou stíhat opravovat a ani na logistické úrovni nebude zajištěna maximální péče. [Žák, 2013]

### **1.1.2 Důsledky blackoutu**

Při několikadenním výpadku elektrického proudu nebude fungovat železniční doprava, protože nebude žádná fungující signalizace, nebude možno vlaky koordinovat pomocí počítačových systémů a lokomotivy na elektrický pohon při výpadku proudu nemohou jezdit. Ani automobilová doprava na tom nebude lépe, protože semaforey nebudou fungovat, a v důsledku toho budou vznikat dopravní zácpy, což způsobí i dopravní kolaps a vyšší nehodovost. Z městské dopravy na tom bude nejhůře doprava tramvajová, protože tramvaje nebudou jezdit vůbec. Mimo dopravu nebude funkční ani průmysl, infrastruktura (např. pevné telefonní linky, mobilní telefony, bankovní služby, platby kartami, pokladny...), zásobování potravinami a ostatním zbožím nebo zásobování domácností vodou. Z toho důvodu jsou obchody, banky, restaurace a další zavřené. Nedostatek peněz v hotovosti. [Žák, 2013]

V domácnosti nebude fungovat rozhlas, televize, spotřebiče, topení ani telefonní spojení. To má za následek nedostatečnou informovanost lidí, hygienické problémy (kazící se potraviny, nedostatek pitné vody) a teplotní nekomfort. Lidé však zůstávají doma (nechodí do

zaměstnání), a to hlavně proto, že je nedostatek pohonných hmot a že mají strach o svůj majetek, který je ohrožen rabováním a dalšími trestnými činy v důsledku třídního a déle trvajících nedostatku všech základních věcí. [Žák, 2013]

Lidské životy jsou ohroženy při vzniku paniky, násilných činech, ale i při výpadku záložního zdroje v nemocnicích. Nemocniční péče je jen pro nejvážněji nemocné. Záložním zdrojům energie totiž dojde palivo asi po týdnu. [Žák, 2013]

Dochází k aktivaci nouzových opatření, které vyhlásí orgány obce, státu. Pomoc pro postižené oblasti přichází nejen od státu, ale i od ostatních států Evropy: humanitární pomoc, evakuace postižených osob, technická a technologická podpora. [Žák, 2013]

Systém zdravotnické záchranné služby musí být flexibilní v reakci na katastrofy i tohoto typu. Žádné standardní postupy ani učebnice nás nemohou připravit na všechny situace související s katastrofou v jakékoli podobě. [Hogan, Burstein, 2007]

### **Rozsáhlost důsledků v současné době**

Nikdy v minulosti rozhodně nebylo tolik přístrojů závislých na elektrické energii. Téměř vše je řízeno přes počítače: od pokladny v obchodě po řízení železniční dopravy. Nezapomínejme, že výpadek elektrické energie nemá za následek jen nefunkčnost elektrických zařízení, ale i nefunkčnost topení a zastavení dodávek vody.

## **1.2 Vybavení zdravotnického operačního střediska**

Níže je vypsáno vybavení podle vyhlášky č. 92/2012 Sb. Většina vybavení je pro naši práci důležitá, protože je závislá na přívodu elektrické energie.

### **Vybavení pracoviště zdravotnického operačního střediska:**

“a) bezdrátové komunikační prostředky k signalizaci a vyrozumění o výjezdu výjezdové skupiny,

b) vstupní telefonní linky pro příjem volání z pevné i mobilní veřejné telefonní sítě na národní číslo tísňového volání 155 (dále jen „číslo tísňového volání“) a výzev předaných operačním střediskem jiné základní složky integrovaného záchranného systému, a to nejméně

- tři linky, pokud průměrný počet příchozích volání na číslo tísňového volání je do 10 volání za hodinu,
  - čtyři linky, pokud průměrný počet příchozích volání na číslo tísňového volání je do 20 volání za hodinu,
  - šest linek, pokud průměrný počet příchozích volání na číslo tísňového volání je do 40 volání za hodinu,
  - sedm linek, pokud průměrný počet příchozích volání na číslo tísňového volání je do 60 volání za hodinu,
  - osm linek, pokud průměrný počet příchozích volání na číslo tísňového volání je více než 60 volání za hodinu,
- c)** radiostanice pro radiové spojení se všemi výjezdovými skupinami zdravotnického zařízení zdravotnické záchranné služby na území operačního řízení zdravotnického operačního střediska,
- d)** telefonní přístroj s možností obousměrného volání na každém operátorském pracovišti,
- e)** přímé spojení s krajským operačním střediskem Policie České republiky a operačním a informačním střediskem hasičského záchranného sboru kraje dostupné na každém operátorském pultu,
- f)** nejméně jedna telefonní linka pro komunikaci s ostatními zdravotnickými operačními středisky na každém operátorském pultu,
- g)** panel organizačně-provozního radiového systému,
- h)** digitální záznamové zařízení s možností záznamu a archivace časových údajů, tj. zařízení pro trvalý záznam obsahu všech hovorů na všech telefonních linkách používaných pro zajištění zdravotnické záchranné služby a všech radiových relací se záznamem časového údaje a možností okamžitého přístupu k hovorům a relacím nejméně za 4 hodiny zpětně na každém operátorském pultu,
- i)** technologie pro příjem a zobrazení datových zpráv z telefonního centra tísňového volání 112 na každém operátorském pracovišti,
- j)** zařízení pro komunikaci s neslyšícími osobami,
- k)** přístroj pro příjem faxů,

- l)** počítač s připojením k internetu a tiskárna,
- m)** nábytek pro práci zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků,
- n)** systém náhradního zásobování elektrickou energií schopný zajistit neomezený provoz technologií operátorských pracovišť zdravotnického operačního střediska nejméně po dobu 24 hodin,
- o)** televizní přijímač a rozhlasový přijímač,
- p)** umyvadlo.“ [ Vyhláška č. 92/2012 Sb.]

**Vybavení pracoviště pomocného operačního střediska:**

- “a)** bezdrátové komunikační prostředky k signalizaci a vyrozumění o výjezdu výjezdové skupiny,
- b)** nejméně dvě vstupní telefonní linky pro příjem volání na číslo tísňového volání z pevné i mobilní veřejné telefonní sítě,
- c)** radiostanice pro radiové spojení se všemi výjezdovými skupinami zdravotnického zařízení zdravotnické záchranné služby na území operačního řízení pomocného operačního střediska,
- d)** digitální záznamové zařízení s možností záznamu a archivace časových údajů, tj. zařízení pro trvalý záznam obsahu všech hovorů na všech telefonních linkách používaných pro zajištění zdravotnické záchranné služby a všech radiových relací se záznamem časového údaje a možností okamžitého přístupu k hovorům a relacím nejméně za 4 hodiny zpětně na každém operátorském pultu,
- e)** systém náhradního zásobování elektrickou energií schopný zajistit neomezený provoz technologií operátorských pracovišť zdravotnického operačního střediska nejméně po dobu 24 hodin,
- f)** umyvadlo,
- g)** nábytek pro práci zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků.“ [ Vyhláška č. 92/2012 Sb.]

### **1.3 Hlavní činnosti zdravotnického operačního střediska**

„a) příjem a vyhodnocení tísňových volání,

b) převzetí a vyhodnocení výzev a vyzoomění přijatých od základních složek integrovaného záchranného systému a od orgánů krizového řízení,

c) vydávání pokynů výjezdovým skupinám na základě přijatých tísňových výzev,

d) poskytování instrukcí k zajištění první pomoci prostřednictvím sítě elektronických komunikací, je-li nezbytné poskytnout první pomoc do příjezdu výjezdové skupiny na místo události,

e) spolupráce s ostatními zdravotnickými operačními středisky, pomocnými operačními středisky a operačními a informačními středisky integrovaného záchranného systému,

f) koordinace činnosti pomocných operačních středisek,

g) zajišťování komunikace mezi poskytovatelem zdravotnické záchranné služby a poskytovateli akutní lůžkové péče,

h) koordinace předávání pacientů cílovým poskytovatelům akutní lůžkové péče,

i) koordinace přepravy pacientů neodkladné péče mezi poskytovateli zdravotních služeb.“  
[Remeš, Trnovská a kol., 2013]

Přesněji v zákoně č. 374/2011 paragrafu 11.

### **1.4 Náhradní zdroje elektrické energie**

V dnešní době se používá kombinace motoragregátů a systému UPS.

Zabezpečují napájení elektrickou energií i v případě výpadku proudu.

#### **Rozdělení náhradních zdrojů podle druhu a způsobu přeměny elektrické energie:**

- Statické zdroje- jsou schopny uchovávat elektrickou energii v akumulátorech a přeměnit její hodnoty na hodnoty vyhovující parametrům napájecí sítě. Mezi tyto zdroje nepřerušitelného napájení patří UPS (Uninterruptible Power Supply). [Vrána, Kocman, 2006]

- Rotační zdroje- vyrábí elektrickou energii z paliva ve spalovacím hnacím motoru pohánějším elektrický generátor. [Vrána, Kocman, 2006]

### 1.4.1 UPS

UPS (Uninterruptible Power Supply) je nepřerušitelný zdroj energie, který je schopen zajistit souvislou dodávku elektřiny v případě, že dojde k výpadku přísunu elektrické energie. [Wikipedie, 2010] Tento zdroj nepřerušovaného napájení tudíž využíváme tam, kde nechceme, aby došlo k neočekávanému vypnutí zařízení nebo k ovlivnění jejich funkčnosti např. kolísáním elektrické sítě. Úkolem UPS tedy je nejen zabránit výpadkům proudu, ale i zajištění dodávky stabilního, filtrovaného proudu. [Schrack Technik spol. s r.o., 2012]

UPS jsou užívány k ochraně počítačů, datových center, telekomunikačních zařízení nebo jiných elektrických zařízení, kde neočekávaný výpadek elektrické energie může způsobit např. zranění, úmrtí nebo ztrátu dat. [Critical power supplies, 2009] Jsou tedy nezbytné nejen na zdravotnickém operačním středisku, ale i např. v nemocnicích, na letištích, v elektrárnách a v mnoha dalších budovách, kde je využívána technika, bez které se neobejdeme ani minutu a tudíž je důležité, aby při výpadku elektrického proudu došlo k okamžitému zajištění elektrické energie záložním zdrojem, kdy délka prodlevy nepřesáhne 2 sinusové cykly tj. asi 20ms. [Schrack Technik spol. s r.o., 2012]

UPS se většinou zapojuje mezi primární zdroj elektřiny a mezi vstup napájení chráněného zařízení. Při výpadku pak začne dodávat svoji energii jako akumulátor a stejně jako akumulátor se nabíjí z primárního zdroje energie a udržuje svůj nabitý stav, pokud není primární zdroj přerušen. Doba, po kterou je UPS schopen napájet zařízení, se pohybuje od několika minut po několik hodin, což záleží hlavně na aktuální kapacitě akumulátorů a velikosti zatížení. [ElektroTrh.cz, 2011]

#### Dělení náhradních zdrojů UPS dle typu

##### *Off-Line*

Jde o nejjednodušší druh UPS, kdy ze vstupu přenáší stejný průběh elektrické energie na výstup a její funkce spočívá pouze v dodání energie v případě výpadku. Pro svoji jednoduchost se využívají většinou v domácnostech k zálohování napájení jednotlivých počítačů či nenáročných zařízení.[ElektroTrh.cz, 2011] Prodleva mezi přepnutím z primárního zdroje na záložní zdroj se v tomto případě pohybuje okolo 25 ms. [Wikipedie,

2010]

### ***Line-Interactive***

Tento typ má stejnou funkci jako typ off-line, tj. napájení zařízení v době výpadku z vestavěných baterií a navíc v normálním režimu vede energii ze vstupu k výstupu přes odrušovací kondenzátory a filtry, čímž provádí stabilizaci výstupního napětí. Lépe řečeno posiluje nižší napětí nebo naopak potlačuje vyšší napětí. Většinou jsou vybaveny komunikačním portem, což umožňuje tyto zdroje dálkově spravovat pomocí propojení s počítačem nebo počítačovou sítí. Stejně tak se dají získat informace o stavu napájení a lze nastavit chování zdroje při výpadku proudu.[ElektroTrh.cz, 2011] Prodleva u tohoto typu je přibližně 4-10 ms.[Wikipedie, 2010]

### ***On-Line***

On-line typ je bezpochyby nejpokročilejší a to díky tomu, že přeměňuje stejnosměrné napětí na ideální sinusový průběh střídavého napětí. Toho dosáhne pomocí střídače a řady filtrů. Díky neustálému kvalitnímu napětí na výstupu se hodí pro zajištění napájení přístrojů s vyšší náročností.[ElektroTrh.cz, 2011] Každé pozitivum ale musí mít i své negativum, čímž v tomto případě je bezesporu vyšší pořizovací cena, nižší životnost baterií a nižší účinnost (z toho vyplývá nutnost chlazení ventilátory). Prodleva u tohoto typu nenastává, protože výstupní střídač je napájen vysokým napětím z měniče na výstupu jak při normálním provozu, tak při výpadku (tj. nepřepíná se je stále na stejném zdroji).[Wikipedie, 2010]

Pozn. Online UPS je vybaven tzv. bypassem, který v případě problému elektroniky UPS (přehřátí, přetížení, jiné chyby) spojí vstup a výstup, lze ho sepnout manuálně.[Wikipedie, 2010]

## **1.4.2 Motorgenerátory**

Používají se jako záložní zdroje při dlouhodobějším výpadku elektrické energie v rámci hodin až dnů. Je konstruován a zapojen tak, aby byl schopný pokrýt spotřebu energie v případě výpadku. [UPS technology, 2010a]

### **Princip činnosti**

Elektrickou energii získáme z energie kinetické pomocí alternátoru hned potom, co spalovací motor vytvoří točivý moment. Palivem do motorgenerátorů může být nafta, benzín, zemní



plyn nebo bioplyn. [UPS technology, 2010a]

### **Požizovací cena**

Požizovací cena motorgenerátorů je různá, pohybuje se od 5000 korun po více než dvě stě tisíc korun. Cena se odvíjí od velikosti výkonu vybraného motorgenerátoru.

### **Typy použití**

#### **Ostrovní provoz**

Využívá se na místech, kde není jiný zdroj elektrické energie tj. mimo dosah veřejné distribuční sítě. Motorgenerátor je tu pak jako primární zdroj a jsou na něm závislé všechny spotřebiče elektrické energie po veškerý čas, tím je myšleno nejen po dobu výpadku elektrické energie. [UPS technology, 2010b]

#### **Záskok s dvojitým přerušením**

Tento typ je schopen pokrýt spotřebu asi do 15 s. Musí se počítat se dvěma výpadky, a to v době, kdy dojde k výpadku hlavního zdroje, do doby než MTG rozhodne o převzetí zátěže a podruhé dojde k výpadku, když MTG rozhoduje o navrácení zátěže zpět na primární zdroj, než ji vrátí zpět. Doba rozhodování je nastavitelná. [UPS technology, 2010b]

#### **Krátkodobý chod se sítí**

Oproti předchozímu typu má výhodu, že výpadek nastane pouze jednou, a to při začátku selhání veřejné sítě a při jejím návratu do funkce se s ní MTG synchronizuje díky řídicí elektronice, která zároveň reguluje výkon generátoru tak, aby došlo k plynulému převzetí zátěže zpět na síť. [UPS technology, 2010b]

#### **Paralelní chod se sítí**

Výhodou je možnost paralelního připojení k síti, takže když dojde k výpadku proudu, my na chráněném přístroji nic nepoznáme. [UPS technology, 2010b]

## **Multi mode provoz dvou a více paralelních zdrojů**

Spojení dvou a více náhradních zdrojů nám umožňuje mít větší požadavky na výkon a na spolehlivost. Paralelní zapojení zdrojů se může provozovat ve stejných módech jako jednotlivá zařízení. Navíc zde funguje tzv. výkonný management, který zajistí, že v chodu není více zařízení, než je v danou chvíli potřeba. Lze propojit např. 32 kusů MTG o různých výkonech. [UPS technology, 2010b]

## **1.5 Alternativní zdroje elektrické energie**

Protože v současné době nemáme mezi náhradními zdroji velký výběr, jeví se jako dobrá alternativa využití elektráren, které ke svému pohonu využívají obnovitelné zdroje energie. Jsou pro nás zajímavé hlavně z hlediska časové udržitelnosti a v mnoha případech i nenutnosti potřeby paliva. Jednotlivé druhy jsou rozebrány dále.

### **1.5.1 Výroba energie z biomasy**

Energii z biomasy získáváme spalováním, zplyňováním, pyrolýzou, vyhníváním, lihovým kvašením nebo výrobou biovodíku. Nejdůležitější metodou je spalování. Spalovat můžeme různé druhy dřeva a jejich dřevní štěpky (borovice, akát, dub, jedle, smrk...) nebo slámu obilovin, slámu kukuřice, lněné stonky, slámu řepky. Předešlé jmenované formy biomasy řadíme mezi tzv. suchou biomasu. Kromě suché biomasy existuje také mokrá biomasa, tj. kejda a další odpady ze živočišné výroby a tekuté komunální odpady. Mokrou biomasu pochopitelně nelze spalovat, a tak z ní energii vyrábíme vyhníváním, lihovým kvašením a výrobou biovodíku. Samostatnou skupinou je speciální biomasa, mezi kterou patří olejnin, škrobové a cukernaté plodiny. Nezískáváme z nich energii jako takovou, ale energetické látky (bionafta, líh), z nichž se dále vyrábí energie.[Alternativní zdroje energie, 2014b]

Biomasu můžeme získat jako zbytky a odpad ze zemědělství a lesního hospodářství nebo můžeme cílevědomě pěstovat tzv. energetické plodiny. Pro cílevědomé pěstování se často využívají C4 rostliny, které mají schopnost rychlé fotosyntézy. Jsou to např. Laskavec, proso, cukrová třtina nebo čínský rákos. Za optimálních podmínek tyto rostliny dosahují účinnosti 2-5 %. [Quaschnig, 2010]

Proč je vlastně spalování biomasy ekologické a spalování fosilních paliv nikoli? Odpověď je jednoduchá. Při spalování biomasy se totiž uvolňuje minimální počet oxidů síry díky nízkému obsahu síry ve spalovaném dřevě nebo slámě (maximální obsah síry je 0,1 %), oproti tomu dřevo může obsahovat i více než 2 %. Také problém s množstvím CO<sub>2</sub> je v tomto

případě vyřešený, protože množství uvolněného plynu při spalování dřevin atd. se rovná spotřebě CO<sub>2</sub> rostlin při růstu, takže finální výsledek naší „CO<sub>2</sub> rovnice“ je velice blízký nule. Dalším bonusem pro ekologii je, že množství vznikajícího NO<sub>x</sub> lze ovlivňovat teplotou spalování. [Skupina ČEZ, 2014]

Ke spalování dochází působením vysokých teplot za vzniku hořlavé plynné složky, tj. dřevoplynu, za přítomnosti vzduchu. Pokud však není přítomen vzduch, s dřevoplynem se dále pracuje jako s plynným palivem, tj. je zplyňován. Zplyňování má oproti spalování několik výhod, a to snadnou regulaci výkonu, nižší emise, vyšší účinnost. [Alternativní zdroje energie, 2014b]

Elektrárna na biomasu funguje v podstatě jako běžná tepelná elektrárna. Parní kotel spálí biomasu a vyrábí páru, která pohání kondenzační turbínu a jejím prostřednictvím elektrický generátor. [Quaschnig, 2010]

Výhodou této elektrárny je, že není závislá na stavu počasí. Palivo se dá skladovat a můžeme ho použít dle potřeby. Tento fakt umožňuje elektrárnu používat jen jako doplňkový zdroj elektrické energie. Instalovaný výkon těchto elektráren se běžně pohybuje mezi 10-20 MW. Těchto 20 MW vyrobí 160 milionů kWh a pokryje tak spotřebu až 50 000 domácností. [Quaschnig, 2010]

### **1.5.2 Sluneční elektrárny**

Energii ze slunce lze přeměnit na energii elektrickou a to dvěma způsoby- přímou přeměnou a nepřímou přeměnou. Přímá přeměna využívá fotovoltaickou destičku, ve které dochází k fotovoltaickému jevu. Fotovoltaický jev nastane tehdy, když dojde k uvolnění elektronu v určité látce za působení světla (fotonů). Takovými látkami mohou být polovodiče, jako je křemík, germanium, selen, kadmia. Účinnost jednotlivých materiálů pro fotovoltaiku je uvedena v obrázku 1. Ve chvíli, kdy na destičku dopadnou fotony, uvolní se záporné elektrony a zbývají kladně nabitá „volná místa“. Když poté uzavřeme elektrický obvod, začne protékat elektrický proud ze vzniklého napětí. Jeden centimetr čtvereční plochy fotovoltaického článku může dát proud okolo 12 mW. Sluneční panel vzniká zapojením mnoha fotovoltaických článků za sebou nebo vedle sebe, čímž se dosáhne většího proudu. [Skupina ČEZ, 2014]

Použitý materiál pro fotovoltaický článek je rozhodující, protože se různí jeho účinnost. Podle obrázku 1 mají nejvyšší účinnost koncentrátorové články, a to 28 %. Ty jsou však výrazně dražší než běžněji používané křemíkové články. Při určování investic jsme tedy nuceni se

zamyslet, jestli se vyplatí dražší, ale účinnější články nebo látky levnější a méně účinné. [Quaschnig, 2010]

Při nepřímé přeměně elektrický proud vyrábí termočlánky z tepla, které je zachycováno pomocí slunečních sběračů. Pro uskutečnění této termoelektrické přeměny stačí jednoduché zařízení složené ze dvou různých drátů spojených na koncích. Tomuto zařízení se říká termoelektrický článek, na němž dochází k tzv. Seebeckově jevu, kdy v obvodu vzniká elektrický proud díky rozdílnosti teplot dvou drátů. Zapojením většího množství termočlánků vzniká termoelektrický generátor. [Skupina ČEZ, 2014]

*Výhody:*

- nevyčerpatelný zdroj energie
- nízké provozní náklady
- nevyžaduje náročnější obsluhu
- funkčnost zařízení je 25- 35 let
- tzv. zelená energie [Chytré bydlení.cz, 2011]

*Nevýhody:*

- kolísání sluneční energie
- vysoká počáteční investice
- nutnost úpravy budovy před nainstalováním slunečních panelů [Chytré bydlení.cz, 2011]

Výhody tohoto zdroje elektrické energie jsou nepopiratelné, ale vyváží nám nevýhody? Bude se hodit pro náš účel náhradního zdroje energie pro zdravotnické operační středisko? Nejsou nevýhody nepřekonatelnou překážkou pro efektivnost systému? Kolísání sluneční energie můžeme řešit např. doplněním solárního systému o další zdroj elektrické energie (větrná energie, vodní energie, veřejná el. síť...) nebo by bylo možné, alespoň částečně pokrýt hodiny bez slunce, zbytkovou energií, která by se uchovávala v roztavené soli, což vývojáři vyzkoušeli na moderní solární elektrárně v Arizoně, která je schopna zásobovat elektřinou ještě 6 hodin po západu slunce. Výstavba této elektrárny (je schopna zásobovat 70 000 rodinných domů) stála 2 miliardy dolarů, čímž se dostáváme k druhému problému, a to vysoké počáteční investici. [Dohnal, 2013] Pořizovací cena sluneční elektrárny pro potřeby

zdravotnického operačního střediska by samozřejmě nebyla tak vysoká, podle mých odhadů by se mohla pohybovat okolo 100 000 korun, ale i tak je to poměrně vysoká investice. Aby se nám naše investice vrátila, bylo by potřeba, aby elektrárna byla v provozu nejen během výpadku, ale i při normální dodávce proudu. Potom by bylo možné přebytkovou energii prodávat a žádná by se nekupovala. Tím bychom byli schopni po pár letech splatit počáteční investici. Nevýhodu nutnosti úprav bych zařadila do počátečních investic. Investice by se nám samozřejmě nejrychleji vrátily, kdyby elektrárny byly v provozu 24 hodin denně, 365 dní v roce na plný výkon, což ale není bohužel možné. Bylo by to možné pouze v utopické představě, kdy by slunce svítilo celý den přiměřeným žářem, bez většího víření prachových částic, které zhoršují fungování sluneční elektrárny.

### **1.5.3 Větrné elektrárny**

Větrné elektrárny vyrábí elektřinu tak, že převádí energii větru na mechanickou energii. Vítr pohybuje speciálně tvarovanými listy rotoru, čímž vzniká rotační mechanická energie, která je prostřednictvím generátoru zdrojem elektrické energie. [Skupina ČEZ, 2012]

Větrné elektrárny se občas staví do tzv. větrných parků, kdy se najednou staví tři a více větrných elektráren na jedno místo. Nejvíce se jich postavilo v Americe v Texasu Horse Hollow Park, a to 421 generátorů. Výhodou je úspora financí na projektu, výstavbě a údržbě. Nevýhodou je, že si elektrárny stíní, a tak nemůžou využít celý svůj potenciál. Další nevýhodou je, že takový park zabere spoustu místa. Proto se přechází na výstavbu těchto elektráren do moře a navíc je na moři silnější a rovnoměrnější vítr. [Quaschnig, 2010]

Požizovací cena je poměrně k motorgenerátoru vysoká. Pro zdravotnické operační středisko by bylo pořízení výhodné pouze v případě, že by se větrná energie využila jako primární zdroj elektrické energie. V takovém případě by se dalo uvažovat o určité ziskovosti.

Naše myšlené zdravotnické operační středisko budeme počítat jako administrativní budovu a bude mít průměrnou energetickou náročnost 200 kWh na metr čtvereční za rok. Velikost místnosti bude 200 metrů čtverečních. Z toho vyplývá, že za rok by takové středisko spotřebovalo 40 000 kWh. Takovéto množství energie je schopna vyrobit větrná elektrárna s výkonem 9,8 kW.

Cena větrné elektrárny s výkonem 10 kW může být např. 329 433 Kč. Další náklady jsou nulové a to zvláště proto, že nejsou tolik náročné na údržbu, energie větru je zadarmo. Tím ovšem výhody končí a na provozovatele se hrnou hlavně nevýhody. Hlavní nevýhoda spočívá v mechanické energii, která pohání vrtule, tedy s větrem. Vítr je totiž jako zdroj energie

značně nevyzpytatelný, jeho síla se totiž neustále mění. Někdy je problém, aby dosáhl rozběhové rychlosti (pro elektrárnu s výkonem 10 kW je to asi 3,0 m/s), jindy jeho rychlost přesahuje hranici 50 m/s= hranice pro bezpečné provozování elektrárny. Bylo by nutné doplnit ji o další zdroj elektrické energie, pravděpodobně motorgenerátor, veřejnou síť, solární panely. [Dasty.eu, 2011]

Dalším problémem jsou problémy související se životním prostředím. Zejména velké větrné elektrárny narušují krajinný ráz, jsou hlučné, vytvářejí stroboskopický efekt, a tím ruší nejen zvěř, ale i lidi. Mnohem nebezpečnější, co se problémů s větrnými elektrárnami týče, jsou konstrukční vady. Konstrukčními vadami nemám na mysli vady jako takové, ale spíše konstrukční parametry, které vedou např. k odletování kusů namrzlého ledu a nebo k zabíjení ptactva vrtulemi. Jediné, co je na větrné elektrárně šetrné k přírodě, je využívání obnovitelného zdroje energie a nulové vedlejší nechtěné produkty. [Fojtíková, 2008]

Rušení radiových a televizních signálů je nevýhodou, která by se musela řešit, protože stěžejní komunikací je právě radiová komunikace. Nejjednodušším řešením je zvolení větší vzdálenosti od operačního střediska. [Fojtíková, 2008] Dle mého názoru jsou dvě možnosti vhodné pro zdravotnické operační středisko, jak větrnou energii využít. První možností by bylo pořízení větrné elektrárny, která by byla schopna pokrýt spotřebu pouze zdravotnického operačního střediska. Výše je spočítáno, že by stačila elektrárna s výkonem 10 kW, ale ve skutečnosti by bylo zapotřebí několikanásobně větší výkon, a to z důvodu, aby byla schopna pokrytí spotřeby ve dnech s nižší rychlostí větru. Elektrická energie vyrobená přebytně by se mohla odprodat a finance by se mohly investovat na údržbu elektrárny (aktuální výkupní cena podle energetického regulačního úřadu pro větrnou elektrárnu uvedenou do provozu do 31. 12. 2014 je 2014 Kč/MWh + zelený bonus 1534 Kč/MWh).

Druhou možností je pořízení velké větrné elektrárny, která by byla schopna zásobovat ještě další budovy. Většinou zdravotnické operační středisko nebývá samostatné, ale je připojeno k budově výjezdové základny zdravotnické záchranné služby, k nemocnici nebo dokonce k obojímu.

Aby byla větrná elektrárna co nejefektivnější, je třeba využívat tento typ elektrárny pouze pro operační střediska ve větrnějších oblastech České republiky, a to většinou v pohraničních oblastech, kde sousedíme s Německem, což zjistíme podle větrné mapy ČR (obr.1)

#### **1.5.4 Geotermální energie**

Při výrobě elektrické energie z geotermálních zdrojů se využívá tepelná energie z nitra Země

(= zdroje geotermální energie: zásoby horké páry, zásoby termální horké vody, teplo ze suchých hornin). [Dřímál] Proto je nutné hledat místo pro výstavbu elektrárny s tímto pohonem na místech s aktivní vulkanickou činností. Turbíny v tomto případě pohání pára stoupající pod tlakem z gejzírů a horkých pramenů. [Alternativní zdroje energie, 2014a] Tento systém se využívá hlavně na Islandu, kde je gejzírů velké množství. Na Islandu je podíl geotermální energie na celkové výrobě elektřiny 26,2 %. I když Islandu patří prvenství v největším podílu na výrobě elektřiny, největší instalovaný výkon má USA, a to 3086 MWe. [Wikipedia, 2014]

V našich podmínkách České republiky je možné využít geotermální energii pouze jako tzv. koncept suché horniny („hot dry rock“), kdy jako energie hraje roli teplo zakonzervované v podzemních suchých horninách. Systém spočívá ve využití tří vrtů. Jeden je pro přívod studené vody do hloubky asi 5 km a druhé dva jsou pro odchod ohřáté vody z hloubky, kde pohání turbínu generátoru. Poté dochází k ochlazení vody, která se zase vrací zpět do hloubky. Vedlejším produktem procesu je teplo, které se dá dále zpracovat pro vytápění různých objektů. [Skupina ČEZ] Možný instalovaný výkon v ČR je 250 MW, tyto elektrárny pak vyrobí 2 TWh elektřiny. [Quaschnig, 2010]

Velkou nevýhodou při výstavbě těchto elektráren je nutnost zkušebních vrtů. Ty jsou drahé, zvláště pokud se vrtů musí provádět několik. Pokud jsou však provedeny vrty na správných místech, pak takovéto místo může být teplotně stabilní přibližně 30 let. [Dřímál] I cena celé elektrárny není zrovna nízká, celá elektrárna může stát 1- 1,6 miliard korun. [Volf, 2012]

Naopak výhodou je možnost čerpání energie 24h/denně a velký přebytek energie. A navíc výroba 2 TWh je v porovnání s ostatními obnovitelnými zdroji obrovská.

### **1.5.5 Vodní elektrárny**

Co se týče velikosti vodních elektráren, většinou se staví malé vodní elektrárny s výkonem do 10 MW. [Alternativní zdroje energie, 2014a] Zajímavostí při výstavbě těchto elektráren je, že se zároveň musí postavit tzv. rybí přechod. To je místo pro přechod ryb, aby nebyly zadržovány elektrárnou a mohly tak putovat bez omezení řekou. [Wikipedie, 2015]

Přitékající voda, její mechanická energie, roztáčí turbogenerátor, který se skládá z turbíny a generátoru elektrické energie. Turbogenerátor je pak schopen tuto mechanickou energii přeměnit na elektrickou energii, a to na základě elektromagnetické indukce. [Skupina ČEZ, 2012]

Vodní elektrárny mohou být průtokové, akumulární nebo přečerpávací.

Princip průtokové elektrárny využívá velký výškový rozdíl na vodním toku, hráz zadržuje vodu a vytvoří zdutí, na vzdouvacím stupni voda teče na turbínu a ta pohání generátor. Tato elektrárna má navíc česlo pro zadržení odpadků a naplavenin tak, aby se nedostaly k turbíně. [Quaschnig, 2010]

Při projektování průtokové elektrárny se musí zjistit průtok vody v průběhu roku, množství vody, která proteče v daném profilu + roční odtoková závislost (= udává, kolik dní v roce protéká řekou určité odtokové množství a kolik dní v roce je pod nebo nad požadovanou úrovní). [Quaschnig, 2010] Tzv. návrhový průtok je takový průtok, při kterém dosáhne elektrárna maximálního výkonu a přebytek se vypustí bez užitku (podle vyhlášky č. 590/2002 Sb.)

Akumulární vodní elektrárna pracuje podobně jako průtoková elektrárna, ale navíc ještě akumuluje vodu v přehradní hrázi, čímž zároveň stabilizuje průtok říčního koryta (tj. chrání přilehlé území před povodněmi, zajišťuje lepší splavnění toků, slouží jako zdroj pitné vody nebo jako rekreační oblast). [Alternativní zdroje energie, 2014a]

Princip přečerpávací elektrárny spočívá ve dvou výškově rozdílně postavených vodních nádržích, kdy při potřebě energie se přelévá voda z vrchnější nádrže do níže položené nádrže pomocí tlakových potrubí, na nichž je turbína s elektrickým generátorem. Ve chvíli, kdy je dostatek elektřiny, je voda její pomocí přečerpávána zpět do vrchní nádrže. U nás je největší elektrárnou tohoto typu elektrárna Dlouhé Stráně (výkon 2x 325 MW, spád 510,7m, horní nádrž má objem 2,72 mil. m<sup>3</sup> a je v nadmořské výšce 1350 m.n.m.). [Quaschnig, 2010]

Celosvětově se vody pro výrobu elektrické energie využívá asi v 17 %. [Quaschnig, 2010]

Velkou výhodou vodních elektráren je, že voda teče pořád a i hodnoty její energie jsou celkem vyrovnané. Samozřejmě takovou elektrárnu je vhodné postavit na místě prudkých toků s velkými spády. Aby se náklady na zařízení zbytečně nezvětšovaly, bylo by nejlepší, kdyby myšlená nemocnice stála v blízkosti takovýchto zdrojů mechanické energie. V případě, že by se podařilo tento projekt zrealizovat, byla by taková nemocnice se zdravotnickým operačním střediskem samostatnou a nezávislou jednotkou co se zásobování elektřinou týče. Samozřejmě i v tomto případě se dostáváme zpět k otázce náhradních zdrojů, kdy by nám mohla pomoci veřejná síť, a to za předpokladu, že by se výpadky nestávaly u obou zdrojů zároveň. A jelikož tu taková pravděpodobnost existuje, bylo by opět potřeba jako náhradní zdroj využít i vhodné energocentrum sestavené ze systému UPS a motorgenerátoru.



Co je v ČR třeba pro výstavbu vodní elektrárny?

- v ČR se musí získat pozemky, zajistit si technicko-ekonomické posouzení záměru, kartografická dokumentace, souhlas vodohospodářského střediska, souhlas a podmínky připojení malé vodní elektrárny, tzv. mve, na veřejnou distribuční síť, stanovisko z hlediska územního plánu. Dále je nutné podat žádost o zahájení územního a vodoprávního řízení, zadat vypracování projektové dokumentace s tou pak požádat o stavební povolení. Poté je třeba objednat technologické zařízení pro mve a konečně je možné zahájit stavební práce. Dále je třeba získat licenci pro výrobce elektrické energie. Provozovatel musí brát v úvahu vhodné začlenění do lokality, dodržení odběru sjednaných množství vody, musí odstraňovat naplaveniny a zajistit jejich likvidaci, zabránit kontaminaci vody ropnými produkty a zabránit nepřijatelným akustickým projevům mve. [Quaschnig, 2010]

## **1.6 Náhradní energie budoucnosti**

### **1.6.1 Elektrická energie z třepetání větru**

Základní myšlenkou tohoto vynálezu bylo zpřístupnit větrnou energii všem, tedy i chudším lidem. A proto Shawn Frayn vymyslel jednoduchý způsob získávání energie větru. Stačí k tomu napnutý pásek v rámu, který vibruje ve větru. Na rámu jsou umístěny cívky a na koncích pásku zase magnety. V cívkách se pak třepotáním indukuje elektrický proud. Tato technologie by měla být 20x- 30x efektivnější než větrná elektrárna s větrnou turbínou, a to při mnohem menších finančních nákladech. Metoda je prozatím ve fázi výzkumu. [Ekoblog.cz, 2014]

### **1.6.2 Vodíkový palivový článek**

Vodíkový palivový článek používá jako palivo, jak už název napovídá, vodík. Existuje několik druhů těchto článků: Alkaline Fuel Cell, Proton Exchange Membrane Fuel Cell, Phosphoric Acid Fuel Cell, Molten Carbonat Fuel Cell a Solid Oxid Fuel Cell. Společnou nevýhodou všech článků je drahá technologie výroby a drahé výrobní materiály. Pro náš záměr je nejpoužitelnější typ Phosphoric Acid Fuel Cell, který se používá nejčastěji v nemocničních a kancelářských zařízeních.

Vodíkový palivový článek zatím nefunguje jako zdroj elektrické energie, ale pouze jako

akumulátor elektrické energie. V současnosti se ale firma Panasonic zabývá vývojem vodíkových palivových článků, které budou mít výkon asi 3 kW. [Hloušek, 2012]

### **1.6.3 Tepelně hladinové generátory**

Tepelně hladinový generátor funguje na rozdílnosti dvou teplot. Je nutné ho umístit tam, kde je sálavé nebo kontaktní teplo, jako např. teplé plochy komínů, krbů, kotlů. Nevýhodou je, že výkon závisí na hodnotě přiváděného tepla. Vlastně je pro náš účel nepoužitelný, protože bychom jeho služeb mohli využít pouze v zimě, kdy se plochy zdravotnického operačního střediska vytápějí. Ale v budoucnu třeba i tato metoda zaznamená vývoj jiným směrem a bude možné ji využít. [Hydrogen energy, 2014]

## **1.7 Elektrický rozvod v místnostech pro lékařské účely**

Přesné normy pro elektrické rozvody v místnostech pro lékařské účely jsou řešeny v normě ČSN 332140. Hlavním úkolem této normy je zajistit bezpečnost a spolehlivost zdravotnické péče. Požadavky této normy lze rozdělit na dvě skupiny, a to na opatření zajišťující ochranu před úrazem elektrickým proudem a na ochranu před nepřímým elektrickým nebezpečím (tj. přerušení dodávky elektrické energie, výbuch, požár...). [Šlégr, 2013] Tato norma také určuje barvy zásuvek využívaných ve zdravotnických zařízeních, které tak rozliší rychlost obnovení napájení při výpadku elektrické energie. Rozlišujeme je na základní tři barvy (+ další), a to na zelenou, žlutou a oranžovou a bílou. [ČVUT FBMI, Kladno] Bílá barva zásuvky označuje, že je bez jakéhokoli připojení na náhradní zdroj elektrické energie. Zelená barva zásuvky je nejpomalejší a je zásobována ze základního zdroje náhradní energie, takže doba obnovení je asi 2 minuty. Žlutá barva značí obnovení elektrické energie do 15 sekund. Oranžová barva zásuvky označuje nejrychlejší obnovení, tj. do 0,15 sekund, protože je připojen na UPS online. Používá se jen pro přístroje, jejichž vypnutí by akutně ohrozilo život pacienta, jako je např. umělá plicní ventilace. [Smékal, 2013]

Protože pokrok techniky je nezastavitelný, tak i technické normy se musí měnit. A tak zastaralá norma ČSN 332140 z roku 1986 byla nahrazena novou normou, a to ČSN 33 2000-7-710 z ledna 2013. Hlavním rozdílem je rozdělení typů místností z původních 26 na pouhé 3. Teď se rozdělují na skupinu 0 (zdravotnický prostor, kde se nepředpokládá použití žádných příložných částí), skupinu 1 (zdravotnický prostor, kde se předpokládá použití příložných částí zevně, invazivně v kterékoliv části těla, kromě případů patřících do skupiny dvě),

skupinu 2 (zdravotnický prostor, kde se předpokládá použití příložných částí při nitrosrdečních procedurách v operačních polích či chirurgických operacích a resuscitačních). [Smékal, 2013]

Tyto informace jsou pro nás důležité pro případ, že bychom chtěli na záložní zdroj zdravotnického operačního střediska připojit i nemocnici.

## **1.8 Legislativa spojená s výpadkem elektrického proudu na zdravotnickém operačním středisku**

Proč vlastně musí mít zdravotnické operační středisko náhradní zdroj elektrické energie?

Podle předpisu č. 92/2012 Sb. přílohy 7 bodu II, 1 n) patří mezi povinné vybavení zdravotnického operačního střediska systém náhradního zásobování elektrickou energií schopný zajistit neomezený provoz technologií operátorských pracovišť zdravotnického operačního střediska nejméně po dobu 24 hodin. Tato povinnost, která je uvedena v tomto zákoně, vyplývá z faktu, že zdravotnické operační středisko je podle předpisu č. 432/2010 Sb. prvkem kritické infrastruktury. Společně s operačním a informačním střediskem generálního ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, operačním a informačním střediskem hasičského záchranného sboru kraje a operačním střediskem útvaru Policie České republiky patří podle přílohy k tomuto předpisu mezi odvětvová kritéria (§ 2 předpisu č. 432/2010 Sb.) bod VIII. Nouzové služby- A. Integrovaný záchranný systém. Je to nařízení vlády podle § 4 odstavce 1 písmena d) zákona č. 240/2000 Sb. „Vláda stanoví průřezová a odvětvová kritéria pro určení prvku kritické infrastruktury.“ Vláda je k tomuto zmocněna podle § 40 odstavce 1 zákona č. 240/2000 Sb. „Vláda vydá nařízení k provedení § 4 odst. 1 písm. d), § 27 odst. 9 a § 28 odst.4.“

## 2 Cíl práce

1. Zjistit, jaké náhradní zdroje energie má vybrané zdravotnické operační středisko.
2. Vytvořit přehled možností náhradních zdrojů elektrické energie.
3. Zjistit, jaké by bylo případné nejvhodnější řešení ochrany před dlouhodobým výpadkem elektrické energie.

Stanovené výzkumné otázky:

1. Jaký má zdravotnické operační středisko náhradní zdroj?
2. Je možné nahradit současný náhradní zdroj za jiný, který by lépe odpovídal potřebám dlouhodobého výpadku elektrické energie?
  2. 1. Které náhradní zdroje jsou vhodné pro naše zdravotnické operační středisko?
  2. 2. Jak efektivní jsou jednotlivá řešení?
3. Dokážeme stanovit řešení, které by dokázalo pokrýt stoprocentně všechny blackouty po celou dobu jejich trvání?

### 3 Metodika

Data, která se týkají reálného využívaného náhradního zdroje elektrické energie, jsem získala od vedoucího úseku technických činností zdravotnické záchranné služby plzeňského kraje. Data pro výzkum, který vedl k odpovědím na cílové otázky, jsem shromáždila z různých zdrojů (viz seznam použité literatury).

Ve své práci jsem nejprve analyzovala současný stav zdravotnického operačního střediska a jeho náhradních zdrojů. Poté jsem využila metodu komparace, abych mohla srovnat efektivnost jednotlivých zdrojů náhradní elektrické energie a to na několika úrovních. Srovnávala jsem je z hlediska udržitelnosti zdroje, dodávky pohonné energie, rychlosti spuštění, životnosti, vhodnosti prostředí, pořizovací ceny, provozní ceny, plošné náročnosti nebo ohroženosti přírodními vlivy. Tyto informace jsem pak syntetizovala do komplexního pohledu na věc. Pro lepší přehlednost daných informací jsem je zpracovala do přehledných tabulek v některých případech i grafů v programu OpenOffice Calc.

Také jsem idealizovala některé náhradní zdroje z hlediska financování na základě zjištěných dat ohledně velikostí financí potřebných k počáteční investici a velikosti financí se vracících v podobě přebytkové energie. Tato zjištění by pak měla posloužit pro další zpracování pro potřeby případných zájemců o změnu náhradního zdroje elektrické energie.

Nakonec jsem pomocí dedukce vyhodnotila, který typ náhradního zdroje z nabídnutých možností bude nejvhodnější pro naše zdravotnické operační středisko. Tyto informace však mohou být využity i pro jiná místa vyžadující náhradní zdroj elektrické energie.

Cílový soubor jsou náhradní zdroje použitelné na zdravotnickém operačním středisku při dlouhodobém výpadku elektrické energie, které budou odpovídat požadavkům.

## 4 Výsledky

Pro svou bakalářskou práci jsem si vybrala zdravotnické operační středisko zdravotnické záchranné služby plzeňského kraje, p.o. Toto zdravotnické operační středisko je umístěno v nové budově Zdravotnické záchranné služby plzeňského kraje. Budova byla vystavena v roce 2011. Poté začala být využívána výjezdovými skupinami a administrativními pracovníky. V užívání zdravotnického operačního střediska je od roku 2014. Budova je umístěna na Klatovské třídě.

Je v areálu bývalých kasáren spolu s dalšími institucemi (např. i s HZS a PČR). Má jedno podzemní a dvě nadzemní patra.

Zastavěná plocha je 1380 m<sup>2</sup>. Rozměry budovy 2x 57,5m x 28,5m a 1x 18m x 28,5m (podlahová plocha 3790,5m<sup>2</sup>). Díky těmto informacím si můžeme spočítat přibližnou energetickou náročnost budovy ZZS. Protože je to nová budova, měla by být v energetické třídě A, má prvky administrativní budovy, tudíž její spotřeba by měla být 62 kWh na m<sup>2</sup>/rok, tj. celkově 235 011 kWh/rok.

V podzemním podlaží jsou umístěny zejména parkovací stání pro 12 sanitních vozů, mycí box, dílna pro drobné opravy a údržbu. V prvním nadzemním patře je umístěna denní místnost lékařů, sester, záchranářů, řidičů, zázemí pro výjezdové skupiny včetně šaten a sociálního zázemí. V oddělené části je pak umístěno ředitelství ZZS s kanceláři. Pro tuto práci je však zajímavé hlavně druhé nadzemní podlaží, kde je umístěna místnost dispečinku.

Jako náhradní zdroj elektrické energie využívá toto zdravotnické operační středisko UPS v kombinaci s motorgenerátorem. Palivem pro tento motorgenerátor je nafta => dieselagregát. Dosahuje pak výkonu 88 kW. Pro nás je na tomto motorgenerátoru nejzajímavější, že se sám při poklesu nebo ztrátě napětí v síti nastartuje pomocí startovacích baterií, a to zhruba do 15 sekund. Při obnově dodávky se sám vypne.

### 4.1 Zhodnocení efektivnosti různých náhradních zdrojů elektrické energie

Nejběžněji používané zdroje náhradní energie jsou motorgenerátory v kombinaci s UPS. I v našem případě se jedná o použití UPS a motorgenerátoru.

Je nějaké efektivnější řešení?

Další nabízenou možností náhradního zdroje elektrické energie jsou vlastní elektrárny, ať už vodní větrné, sluneční, geotermální, či na biomasu. Otázkou je, jestli jsou jako náhradní zdroj efektivnější.

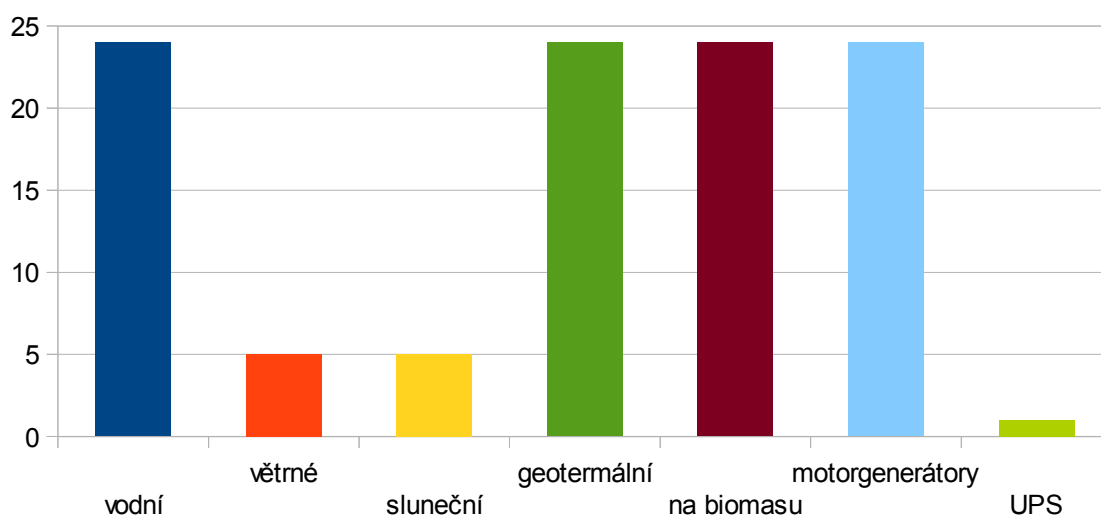
#### 4.1.1 Udržitelnost zdroje

Prvním bodem, který je důležitý pro zhodnocení efektivity, je udržitelnost zdroje. Výhodnou výchozí situací je, pokud se dá čerpat elektrická energie dvacet čtyři hodin denně, protože výpadek elektrické energie může nastat kdykoliv. Nejspolehlivější v tomto ohledu je elektrárna na biomasu, která funguje, pokud dodáváme palivo. Další nejspolehlivější elektrárnou je geotermální elektrárna, která je schopna čerpat teplo ze středu Země po celý den. Méně spolehlivé jsou elektrárny vodní, větrné a sluneční. Tato nespolehlivost souvisí s občasnými výkyvy průtoků vody, které se však dají alespoň předpokládat. Sluneční elektrárny fungují jen přes den, takže zbývá např. osm hodin nepokrytých. Větrné elektrárny jsou dle mého názoru nejvíce nespolehlivé, protože výkyvy příslunu větru jsou nejvíce nevyzpytatelné. Abychom tato fakta mohli lépe zhodnotit, vytvořila jsem tabulku, do které jsem zanesla časovou udržitelnost jednotlivých náhradních zdrojů elektrické energie, a tu pak přenesla do grafu.

Tabulka 1- Udržitelnost zdroje

| Typ elektrárny  | udržitelnost zdroje |
|-----------------|---------------------|
| vodní           | 24 h/denně          |
| větrné          | 5 h/denně           |
| sluneční        | 5 h/denně           |
| geotermální     | 24 h/denně          |
| na biomasu      | 24 h/denně          |
| motorgenerátory | 24 h/denně          |
| ups             | 24 h                |

## Udržitelnost zdroje



Graf 1- Udržitelnost zdroje

Z grafu jasně vyplývá to, co jsme předpokládali, tj. nejvýhodnější jsou vodní elektrárny, geotermální elektrárny, elektrárny na biomasu a motorgenerátory. Větrné a sluneční elektrárny mají průměrnou časovou udržitelnost 5 h/denně. Nejhůře je na tom UPS, která vydrží pouhých dvacet čtyři hodin, tudíž při dlouhodobějším výpadku by byla z tohoto hlediska nedokonalá.

### 4.1.2 Dodávka pohonné energie

Druhým bodem je zásobování elektrárny energií potřebnou k jejímu pohonu. U elektráren sluneční, vodní, větrné a geotermální je to velice jednoduché. Dokud svítí slunce, teče voda, fouká vítr a střed Země vydává teplo, není zapotřebí elektrárnám dodávat nic na jejich pohon. U elektráren na zpracování biomasy je to jinak. Je zapotřebí dodávat dřevotřísku nebo jinou biomasu. To by mohl být problém, protože by bylo nutno skladovat zásobu paliva. Podobně jsou na tom motorgenerátory, navíc pokud zásoby paliva dojdou, tak při dlouhodobějším výpadku elektrického proudu ani nebude možné zásoby doplnit nebo minimálně to nebude jednoduché. A to z jednoduchého důvodu. Pohonné hmoty začnou docházet a různí pracovníci budou z různých důvodů zůstat doma. Nejhorší je na tom UPS, která má jen omezenou energii (např. na 24 h) a poté není možné ji doplnit do obnovení běžné dodávky elektrického proudu. Jediným způsobem, jak doplnit energii by bylo pomocí dodávky elektrické energie z jiného náhradního zdroje elektrické energie.

Vše je opět přehledně znázorněno v tabulce 2. Z tohoto hlediska jsou tedy nejlepší vodní,



větrné, sluneční a geotermální elektrárny. Jako nejméně výhodné se jeví naopak UPS a ani elektrárny na biomasu a motorgenerátory nejsou ideální. Můžeme se jen dohadovat, které palivo (tj. biomasa nebo palivo do motorgenerátoru) bude těžší dodat. V běžném provozu bude jednodušší dodat např. naftu než dřevotřísku. Naopak při blackoutu bude dostupnější dodávka biomasy, protože nafta bude při dlouhodobějším blackoutu nedostatkovým zbožím.

Tabulka 2- Dodávka pohonné energie

| Typ elektrárny  | Dodávka pohonné energie |
|-----------------|-------------------------|
| vodní           | nepotřebuje             |
| větrné          | nepotřebuje             |
| sluneční        | nepotřebuje             |
| geotermální     | nepotřebuje             |
| na biomasu      | cca do 24 h             |
| motorgenerátory | cca do 2 h              |
| ups             | nelze dodat             |

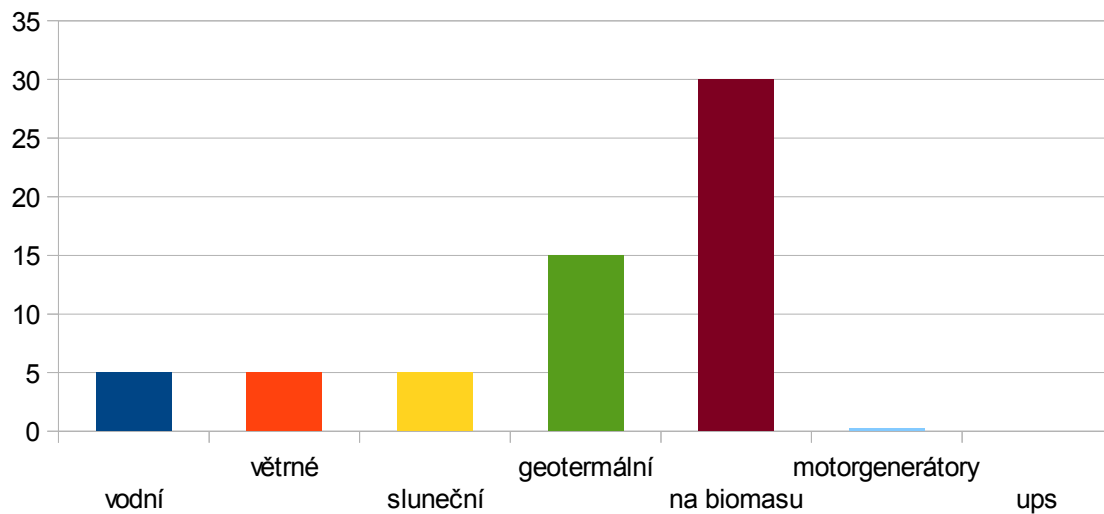
#### 4.1.3 Rychlost spuštění

Dalším parametrem pro výběr náhradního zdroje elektrické energie je rychlost spuštění. Je zřejmé, že v daném případě je naprosto nejvýhodnější UPS. Jak už je v teoretické části popsáno, je UPS schopna pracovat hned od začátku výpadku elektrického proudu. Dalšími nejrychlejšími elektrárnami jsou motorgenerátory. Rychlost jejich spuštění se pohybuje okolo 5-20 s. V našem případě je to 15 s. Vodní, větrné a sluneční elektrárny lze zapnout během několika minut. U geotermální elektrárny a elektrárny na biomasu je to jinak, protože musíme vyčkat, než se ohřeje přenosový materiál energie.

Tabulka 3- Jak rychle lze spustit

| Typ elektrárny  | Jak rychle lze spustit |
|-----------------|------------------------|
| vodní           | několik minut          |
| větrné          | několik minut          |
| sluneční        | několik minut          |
| geotermální     | asi čtvrt hodiny       |
| na biomasu      | asi půl hodiny         |
| motorgenerátory | 5-20 s                 |
| ups             | ihned                  |

## Jak rychle lze spustit



Graf 2- Jak rychle lze spustit

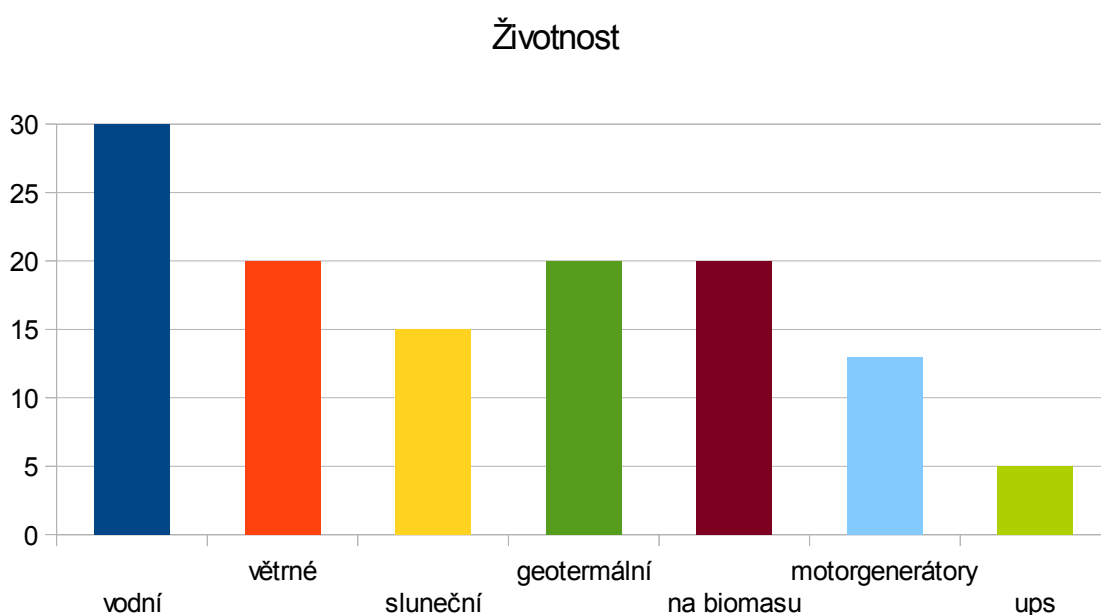
Závěr: Bez UPS jsou veškeré ostatní náhradní zdroje energie bezmocné, protože jediná UPS je schopná zařídit neomezenou dodávku energie.

### 4.1.4 Životnost

Další posuzovanou hodnotou může být délka životnosti jednotlivých náhradních zdrojů. Podle velikosti těchto hodnot by se nejvíce osvědčila vodní elektrárna, která je schopna fungovat až 30 let, což je minimálně o deset let více než u ostatních zdrojů. Aby byla data pro náš výzkum relevantní, je zapotřebí porovnat nejen životnost, ale i pořizovací cenu, protože pokud bude vodní elektrárna fungovat dvakrát delší dobu a bude stát třikrát více, není to moc výhodné.

Tabulka 4- Životnost

| Typ elektrárny  | Životnost |
|-----------------|-----------|
| vodní           | 30 let    |
| větrné          | 20 let    |
| sluneční        | 15 let    |
| geotermální     | 20 let    |
| na biomasu      | 20 let    |
| motorgenerátory | 12-15 let |
| ups             | 4-6 let   |



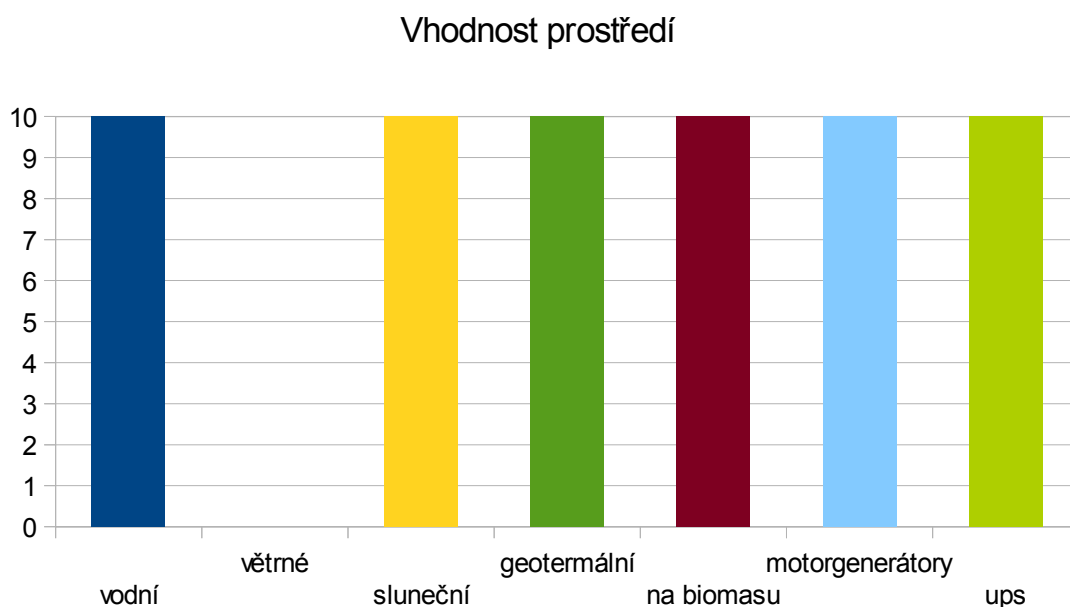
Graf 3- Životnost

#### 4.1.5 Vhodnost prostředí

Vhodnost prostředí je pro výběr typu elektrárny rozhodujícím faktorem. Pokud se daný náhradní zdroj elektrické energie do svého prostředí nehodí, nelze to nijak ovlivnit. Podle tabulky je zřejmé, že jediným nevyhovujícím zdrojem je větrná elektrárna. Pro naše zdravotnické operační středisko bych větrné elektrárny z mého zkoumání vyloučila, ale data by mohla být užitečná pro jiné budovy vyžadující náhradní zdroj elektrické energie.

Tabulka 5- Vhodnost prostředí

| Typ elektrárny  | Vhodné prostředí |
|-----------------|------------------|
| vodní           | ano              |
| větrné          | ne               |
| sluneční        | ano              |
| geotermální     | ano              |
| na biomasu      | ano              |
| motorgenerátory | ano              |
| ups             | ano              |



Graf 4- Vhodnost prostředí

## Podrobnější rozebrání vhodnosti prostředí

### 4.1.5.1 Větrná elektrárna

Větrná elektrárna není v této lokalitě vhodná, protože průměrná rychlost větru je tu 2-2,5 m/s (jen v některých okrajových částech až 4 m/s). Přesné měření, které proběhlo v Plzni-Dobřanech, ukázalo průměrnou rychlost 2,6 m/s. [Vaňková, Kůrka, 2002] S nedostatkem větrného proudění by nám tak nejspíš nepomohla ani otáčivá střecha, kterou jsem původně měla v úmyslu zařadit jako pomůcku k větrné elektrárně. Rychlost větru v oblastech, kde se

staví běžně větrné elektrárny, je 6 m/s a více. (Podle obrázku 4) Další překážkou je tah velkých ptáků nad územím města Plzeň, jde především o čápy. Jediné, co je ideální pro výstavbu elektrárny, je fakt, že zde není žádné chráněné území. (Podle obrázku 5)

Výsledkem těchto faktů je, že v blízkém (vlastně ani dalekém) okolí není žádná větrná elektrárna. (podle obrázku 6) Ani územní energetická koncepce města Plzně s využíváním větrné energie nepočítá.

Závěr: větrná elektrárna není jako náhradní zdroj vhodná a je nevhodná i jako primární zdroj elektrické energie pro zdravotnické operační středisko.

#### 4.1.5.2 Sluneční elektrárna

Roční úhrn slunečního záření v Plzni je přibližně 1026 kWh/m<sup>2</sup> (podle obrázku 7). Toto je poměrně dostatečné množství slunečního záření, a proto bychom mohli uvažovat o pořízení takovýchto zdrojů elektrické energie. Bylo by zapotřebí využívat solární elektrárnu jako primární zdroj, protože ta se nedá tak snadno vypnout jako např. elektrárna na biomasu. Naše budova, v níž je umístěno zdravotnické operační středisko, spotřebuje za rok asi 235 011 kWh. Jeden metr čtvereční fotovoltaické plochy vyrobí asi 135 kWh za rok. [Gáfrík, 2009] Z toho vyplývá, že bychom potřebovali 44 metrů čtverečních fotovoltaické plochy. K dispozici máme asi 1500 metrů čtverečních střechy. Další otázkou tedy je, jestli se vejde 44 metrů čtverečních na 1500 metrů čtverečních volné plochy střechy, ale to je otázka spíše pro odborníky, zabývající se výstavbou fotovoltaických elektráren. V případě, že by tento prostor nestačil, musel by se hledat nějaký jiný prostor navíc.

Závěr: Sluneční fotovoltaickou elektrárnu nelze samostatně využít ani jako primární zdroj ani jako náhradní zdroj, a to z důvodu nevyváženosti Slunce jako zdroje energie. Fotovoltaické články je však možné ještě doplnit o solární akumulátor, který se běžně využívá až na šest dní. V takovém případě by to byl ideální primární zdroj.

Tabulka 6- Tabulka pro výpočet potřebné plochy pro fotovoltaiku

|                                                        |                     |
|--------------------------------------------------------|---------------------|
| Spotřeba energie ZOS za rok                            | 235 011 kWh         |
| Počet vyrobených kWh/rok 1 m <sup>2</sup> fotovoltaiky | 135 kWh             |
| Velikost potřebné plochy pokryté fotovoltaikou         | 44 m <sup>2</sup>   |
| Přibližná velikost použitelné plochy střechy           | 1500 m <sup>2</sup> |

### **4.1.5.3 Geotermální energie**

Plzeň je v oblasti vhodných ploch pro využití geotermální energie (podle obrázku 8), takže využití tohoto zdroje elektrické energie by bylo reálné. Nevýhodou je, jak už jsem psala výše, vysoká počáteční investice, ale výhodou je velké množství vyrobené energie. Díky tomuto množství vyrobené energie by se město Plzeň mohlo stát energeticky nezávislým. Spotřeba elektrické energie v Plzni v roce 2012 činila okolo 900 000 MWh (podle obrázku 9), což by geotermální elektrárna byla schopna pokrýt.

Z pochopitelných důvodů se geotermální elektrárna nedá využít jen jako náhradní zdroj. Ale bylo by snad možné ji využít ve chvíli, kdy veřejná síť nefunguje, a to za pomoci jakéhosi přednostního zásobování. I tak bychom se vrátili nazpět k využití kombinace UPS a motorgenerátoru, a to z prostého důvodu, že pokud bude přerušeno vedení (tj. přerušeno drátů vedení elektrické energie), tak nelze ani přednostně zásobovat zdravotnické operační středisko.

Závěr: geotermální elektrárna je vhodná jako primární zdroj pro celé město (tím by byla zajištěna izolace od ostatních veřejných sítí, které jsou někdy nestabilní), s ohledem na výši nákladů na výstavbu však není vhodná jako náhradní zdroj.

### **4.1.5.4 Elektrárna na biomasu**

Z hlediska principu fungování je elektrárna na biomasu dost podobná jako motorgenerátor, tj. elektrickou energii vyrobí v případě, že dodáme palivo. Oproti motorgenerátoru má nevýhodu v delším spouštění, ale pokud by byla kombinována s UPS, UPS by tuto dobu pokryla stejně jako u motorgenerátoru.

Závěr: elektrárna na biomasu je ideální náhradní zdroj, ale vzhledem k finanční náročnosti by se zřejmě musela používat jako zdroj primární. Opět vyvstává problém nutnosti náhradního zdroje pro zdroj primární.

### **4.1.5.5 Vodní elektrárna**

Vodních toků v Plzni je hned několik, a to: Mže, Úhlava, Úslava, Radbuza, Berounka.

Nejlepší pro náš účel je Berounka, která má největší průtok: k 17. 10. 2014 je to 21,44 m<sup>3</sup>

za sekundu na rozdíl od Úhlavy (5,320 m<sup>3</sup>/s), Úslavy (3,920 m<sup>3</sup>/s), Mže (7,894 m<sup>3</sup>/s) a Radbuzy (5,692 m<sup>3</sup>/s). [Povodí Vltavy, 2014] Na těchto tocích je možno využít až 19 lokalit. Navíc by bylo možné využít zádržnou mve na přehradě v Českém údolí na řece Radbuze. V současné době se na území města Plzně nachází třináct malých vodních elektráren. Další místa jsou sledována pro svůj potenciál, protože na některých místech již v dřívějšku byla nějaká vodní díla. [Vaňková, Kůrka, 2002]

Současně fungující elektrárny na řece Mži jsou: Malešice (300 000 kWh/rok), Soukupův mlýn Malešice (300 000 kWh/rok), Roudná (149 850 kWh/rok), Kalikovský mlýn (400 000 kWh/rok). [Vaňková, Kůrka, 2002]

Na řece Úhlavě: Radobyčice (195 000 kWh/rok), Černický mlýn (250 000 kWh/rok). [Vaňková, Kůrka, 2002]

Na řece Úslavě: Koterov. [Vaňková, Kůrka, 2002]

Na řece Radbuze: Lhota u Dobřan (150 000 kWh/rok), Doudlevec, PMDP (999 407 kWh/rok) + vodní přehrada České údolí. [Vaňková, Kůrka, 2002]

Na řece Berounce: Bukovec (2 400 000 kWh/rok), Bukovec-mlýn (2 GWh/rok) [Vaňková, Kůrka, 2002]

Ideální elektrárna je na přehradě v Českém údolí na řece Radbuze. Je nejbliž a bylo by nejsnazší ji spustit a zase zastavit.

### **Optimální typ vodní elektrárny pro náš účel**

Všechny vodní elektrárny by byly vhodné jako náhradní zdroj, protože se jejich provoz dá snadno zastavit a zase spustit. Náhradnímu zdroji se však nejvíce podobá přečerpávací elektrárna, kdy v případě, že by nešel proud, by se elektřina začala vyrábět přečerpáním objemu z horní nádrže do dolní nádrže. Ve chvíli, kdy by byla dodávka elektřiny obnovena, by voda se přečerpala zpět do vrchní nádrže.

Bohužel díky velikosti investic a velikosti plochy, která by byla zastavěna přečerpávací vodní elektrárnou, není její pořízení jako náhradního zdroje elektrické energie možné. S mnohem větší pravděpodobností by se daly pořídit druhé dva typy vodních elektráren. Pořizovací cena malé elektrárny s celkovým výkonem 5,8 MW může být např. 950 mil. korun. [Energieia, 2014] I tato částka je však neúměrně vysoká. Jedinou možností, jak by si mohlo zdravotnické operační středisko tak významnou investici dovolit, by bylo nevyužívat vodní elektrárnu

pouze jako náhradní zdroj, ale jako primární zdroj elektrické energie, a to nejen pro středisko, ale např. pro celou nemocnici.

#### 4.1.6 Pořizovací cena

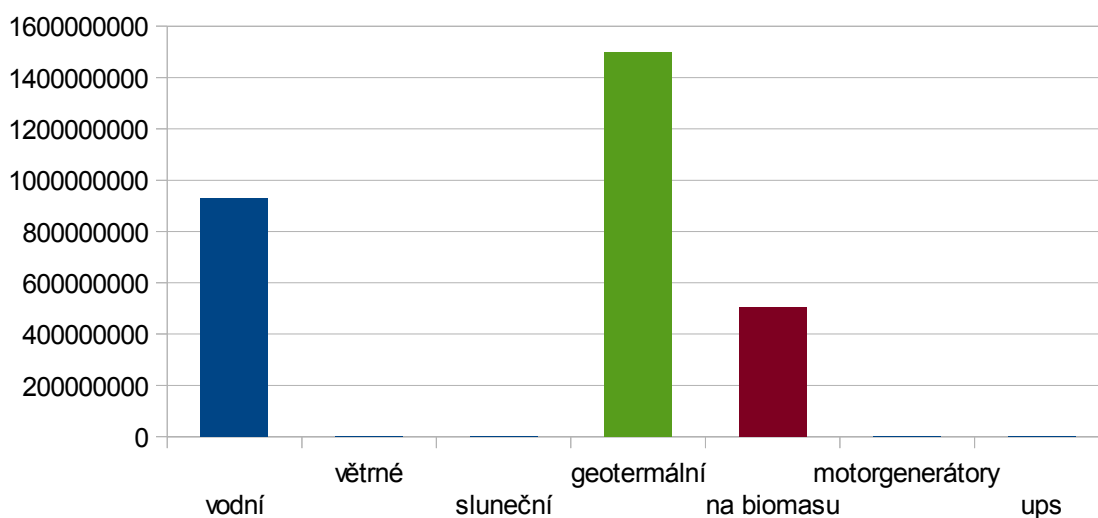
Pořizovací cena je u většiny věcí pro většinu lidí rozhodující. A ne jinak je tomu u pořizovací ceny náhradního zdroje elektrické energie. Není divu, že nejčastěji využívanými náhradními zdroji jsou UPS v kombinaci s motorgenerátory, což jsou dva nejlevnější zdroje. Pro případ dlouhodobého výpadku elektrického proudu by bylo dobré doplnit tyto dva zdroje o další zdroj. V tomto ohledu se jako nejlepší jeví sluneční energie. A proč taky ne! Přes den by šetřila palivo do motorgenerátoru a její pořizovací cena také nedosahuje nedosažitelných výšin. Z tohoto hlediska by bylo možné ještě využít větrnou elektrárnu. Ostatní (tj. elektrárny vodní, geotermální a na biomasu) by bez dotací nebylo možné pořídit. V dnešní moderní době, kdy je tato tzv. zelená energie podporována, by to bylo možné, avšak pod podmínkou, že bude využívána jako primární zdroj elektrické energie.

Tabulka 7- Pořizovací cena

|                 | Cena           |
|-----------------|----------------|
| Typ elektrárny  | pořizovací     |
| vodní           | 930 mil Kč     |
| větrné          | 330 000,00 Kč  |
| sluneční        | 100 000,00 Kč  |
| geotermální     | 1,5 miliard Kč |
| na biomasu      | 505 mil Kč     |
| motorgenerátory | 200 000,00 Kč  |
| ups             | 25 000,00 Kč   |



## Požizovací cena



Graf 5- Pořizovací cena

### Požizovací cena malé vodní elektrárny

Vycházím-li z projektu malé vodní elektrárny Štětí, docházím k závěru, že by bylo možné pořídit podobnou malou vodní elektrárnu. Cena této elektrárny bude přibližně 930 mil. korun a výše dotace pro tento projekt byla stanovena na 250 mil. Kč. Takováto elektrárna je schopna vyrobit průměrně 31,5 Gwh za rok [Energeia, 2014], což by stačilo na pokrytí 157 500 metrů čtverečních nemocnice (v případě, že by nemocnice byla v klasifikační třídě B podle energetické náročnosti budov vycházející z vyhlášky o energetické náročnosti budov, předpis č. 78/2013). [Viz. obr. 3]

Díky těmto informacím předpokládám, že v případě, kdy by elektrárna zásobovala celou nemocnici včetně zdravotnického operačního střediska jako primární zdroj, bylo by možné dosáhnout i jisté ziskovosti a zisk by šel na financování vodní elektrárny. Při přebytkové energii 24,78 GWh za rok a současné výkupní ceně elektrické energie ze stávajících malých vodních elektráren přibližně 3000 Kč/MWh a zeleném bonusu přibližně 2000 Kč/ MWh (podle energetického regulačního věštníku, 2013) by to snad nebylo pouhou utopií, ale i reálnou možností.

Tabulka 8- Tabulka pro výpočet přebytkové energie u malé vodní elektrárny

|                                                                                       |                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Třída energetické náročnosti budovy/<br>spotřeba el. energie za rok na m <sup>2</sup> | B<br>210 kWh/m <sup>2</sup> /rok |
| Podlahová plocha nemocnice                                                            | 32 000 m <sup>2</sup>            |
| Spotřeba elektrické energie nemocnicí                                                 | 6,72 GWh                         |
| Množství energie vyprodukované elektrárnou za rok                                     | 31,5 GWh/rok                     |
| Přebytková energie                                                                    | 24,78 GWh                        |

### Požizovací cena elektrárny na biomasu

Pro představu objemu financí potřebných k výstavbě elektrárny na biomasu si můžeme uvést projekt v Mostku na Trutnovsku. Tato elektrárna má instalovaný výkon 4,9 megawattu a její výstavba stála 505 miliónů korun. Měla by vyrobit asi 40 Gwh za rok.[E15.cz, 2013]

Tabulka 9- Tabulka pro výpočet přebytkové energie u elektrárny na biomasu

|                                                                                       |                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Třída energetické náročnosti budovy/<br>spotřeba el. energie za rok na m <sup>2</sup> | B<br>210 kWh/m <sup>2</sup> /rok |
| Podlahová plocha nemocnice                                                            | 32 000 m <sup>2</sup>            |
| Spotřeba elektrické energie nemocnicí                                                 | 6,72 GWh                         |
| Množství energie vyprodukované elektrárnou za rok                                     | 40 GWh/rok                       |
| Přebytková energie                                                                    | 33,28 GWh                        |

### Přebytková energie

Větší množství přebytkové energie by bylo možné využít pro splátky za výstavbu větších elektráren, a tak by se mohla vrátit investice do nich vložených a po splacení prvotních investic by pomocí přebytkové energie bylo možno platit údržbu těchto drahých elektráren, případně by se za nějaký čas mohlo dosáhnout ziskovosti.

#### 4.1.7 Provozní cena (cena za palivo)

Dalším ukazatelem z řad finanční nákladnosti jednotlivých zdrojů elektrické energie je provozní cena. V tomto případě se jedná jen o cenu za palivo, protože cena za údržbu a další náklady např. za obslužný personál, je pro lajky víceméně nezjistitelná. Z tohoto hlediska jsou nejméně výhodnější vodní, větrné, sluneční a geotermální elektrárny, které nepotřebují žádné palivo. Naopak nejhůře jsou na tom motorgenerátory, jejichž palivo (většinou nafta) je v současné době dosti drahé a jejich spotřeba je také poměrně vysoká. Tento motorgenerátor může spotřebovat až 25,4 litrů za hodinu a při současné ceně nafty 34 Kč za litr vyjde hodina provozu na 863,6 Kč. A tak při dlouhodobém výpadku elektrické energie by cena za palivo neúměrně vzrostla.

Tabulka 10- Tabulka pro výpočet ceny hodiny provozu dieselaagregátu

|                                                |             |
|------------------------------------------------|-------------|
| Aktuální cena pohonných hmot                   | 34 Kč/ litr |
| Spotřeba dieselaagregátu při maximálním výkonu | 25,4 litrů  |
| Cena hodiny provozu dieselaagregátu            | 863,60 Kč   |

Pozn.: Do ceny není zahrnuta amortizace dieselaagregátu.

Tabulka 11- Provozní cena

| Typ elektrárny  | provozní (jen palivo) |
|-----------------|-----------------------|
| vodní           | 0                     |
| větrné          | 0                     |
| sluneční        | 0                     |
| geotermální     | 0                     |
| na biomasu      | 14000 Kč/rok          |
| motorgenerátory | 863,6 Kč/h            |
| ups             | minimum               |

#### Výpočet objemu financí potřebných k provozu elektrárny na biomasu po dobu jednoho roku

Kolik by stála roční spotřeba dřevní štěpky? 1 kg dřeva má energetický obsah přibližně 4,5 kWh. [Alternativní zdroje energie, 2014b] Pro pokrytí spotřeby elektrické energie 300 m<sup>2</sup> administrativních prostor je zapotřebí 37 200 kWh/rok (podle tabulky tříd energetické náročnosti budov). Z toho vyplývá, že potřebujeme 8,267 tun za rok. Jedna tuna dřevní štěpky stojí 1670 korun za tunu. [TZBINFO,2013] Celková cena tak bude 13 805 Kč/rok.

Tabulka 12- Tabulka pro výpočet ceny dřeva za rok

|                                                                                       |                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Cena dřevní štěpky                                                                    | 1670 Kč/t                        |
| Velikost plochy                                                                       | 300 m <sup>2</sup>               |
| Třída energetické náročnosti budovy/<br>spotřeba el. energie za rok na m <sup>2</sup> | C<br>124 kWh/m <sup>2</sup> /rok |
| Energie v 1 kg dřeva                                                                  | 4,5 kWh                          |

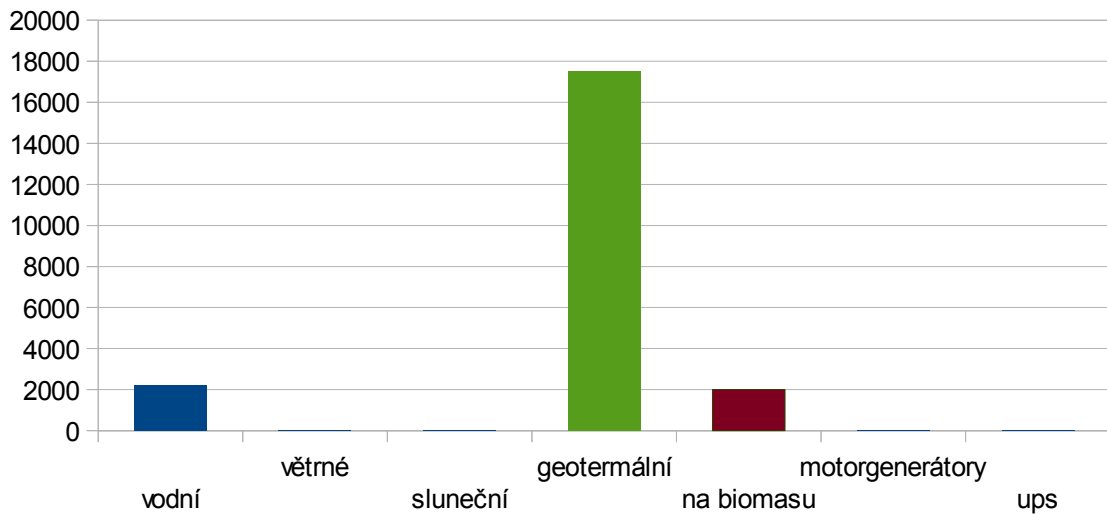
#### 4.1.8 Plošná náročnost

Plošná náročnost je poměrně důležitým ukazatelem, protože např. pro geotermální elektrárnu by bylo nutné nakoupit pozemky, což by pochopitelně celou finanční náročnost stavby elektrárny jen zvětšilo. Proti tomu např. sluneční elektrárna se prostě vejde na střechu, a tak by nebylo nutné pořizovat pozemky ani zabírat pozemky již používané. Větrná elektrárna zabere asi 15 m<sup>2</sup>, ale kdybychom uvažovali o elektrárně s větším výkonem, pak by byla plošná náročnost pochopitelně větší. Tak např. velká větrná elektrárna o výkonu 2 MW může zabírat 100 m<sup>2</sup>. Avšak i geotermální elektrárna by se dala provést v menší míře, v podobě tepelných čerpadel s geotermálním vrtem. Nejméně místa pochopitelně zabere UPS, následována motorgenerátory.

Tabulka 13- Plošná náročnost

| Typ elektrárny  | Plošná náročnost      |
|-----------------|-----------------------|
| vodní           | 2200 m <sup>2</sup>   |
| větrné          | 15 m <sup>2</sup>     |
| sluneční        | 44 m <sup>2</sup>     |
| geotermální     | 17 500 m <sup>2</sup> |
| na biomasu      | 2000 m <sup>2</sup>   |
| motorgenerátory | 5m <sup>2</sup>       |
| ups             | 2 m <sup>2</sup>      |

## Plošná náročnost



Graf 6- Plošná náročnost

### 4.1.9 Ohroženost přírodními vlivy

Dalším důležitým faktorem je ohroženost přírodními vlivy, protože špatné přírodní vlivy jsou jednou z příčin blackoutu. V tomto případě mají výhodu náhradní zdroje, které jsou umístěny přímo uvnitř budovy zdravotnického operačního střediska, protože tak odpadá přenos elektrické energie pomocí drátů vysokého napětí. Pochopitelně čím je úsek přenosu kratší, tím je menší nebezpečí přerušení vedení. I proto jsou z výše navrhovaných vodních elektráren upřednostňovány ty, které jsou co nejbližší našemu zdravotnickému operačnímu středisku.

Tabulka 14- Ohroženost přírodními vlivy

| Typ elektrárny  | Ohroženost přírodními vlivy |
|-----------------|-----------------------------|
| vodní           | ano                         |
| větrné          | ano                         |
| sluneční        | ano                         |
| geotermální     | ano                         |
| na biomasu      | ano                         |
| motorgenerátory | ne                          |
| ups             | ne                          |

V tabulce 14 je popsáno, které zdroje jsou ohroženy a které ne. Ale nesmíme opomenout, že některé jsou ohrožovány více a jiné méně. Např. geotermální elektrárna a elektrárna na biomasu je ohrožena pouze v období přenosu již vyrobené energie, ale vodní, větrné a

sluneční jsou ovlivňovány mnohem více. Ovlivňuje je sucho, bezvětrí nebo nedostatek slunečního svitu.

## 4.2 Součinnost náhradních zdrojů

Nejčastěji používanou kombinací náhradních zdrojů jsou UPS a motorgenerátory, které se spojují do tzv. **energocenter**. Jsou nejpoužívanější, protože UPS zajišťuje okamžitou dodávku náhradní elektrické energie při výpadku a motorgenerátor se zase postará o dlouhodobou dodávku za poměrně nízkou cenu, relativně bezúdržbově. [UPS-CZ, 2015]

V případě, že bychom se drželi zákona, tj. že záložní zdroj musí pokrýt 24 hodin provozu, stačila by nám jen kombinace několika zdrojů UPS.

Dále můžeme kombinovat různé druhy obnovitelných zdrojů energie. Geotermální elektrárny a elektrárny na biomasu jsou dlouhodobě časově udržitelné zdroje, takže stačí je nakombinovat a UPS, aby byla vykryta mezera mezi výpadkem a spuštěním elektrárny.

### Sluneční + větrné

Kombinace sluneční a větrné elektrárny se nejeví jako špatný nápad, protože je dost pravděpodobné, že při nedostatku slunečního záření bude foukat vítr (tím je myšleno, že v noci fouká více vítr a ve dnech nízkého slunečního záření taktéž fouká více vítr).

### Sluneční + vodní

Téměř geniální spojení. Vodní elektrárna má prakticky neomezený zdroj energie a v období, kdy je nižší hladina řek, zase naopak více svítí Slunce.

### Vodní + větrné

Nevidím žádnou výhodu v kombinaci těchto dvou elektráren. Vodní elektrárna funguje téměř pořád a nezdá se, že by doba, kdy je nižší hladina řek, nějak souvisela s nadprodukcí větru, takže je dost možné, že hladina řek bude nízká ve stejném období jako nízká produkce větru.

## 4.3 Jak řeší výpadky proudu další prvky kritické infrastruktury

Výše už bylo popsáno, jak to funguje v nemocnici. Když elektrický proud vypadne, hned je nahrazen elektrickou energií z náhradního zdroje, a to UPS v kombinaci s motorgenerátorem. Ne každá nemocnice je však prvkem kritické infrastruktury. Prvkem kritické infrastruktury je

takové zdravotnické zařízení, které má celkový počet akutních lůžek nejméně 2500.

Dalším příkladem prvku kritické infrastruktury, které jsem si vybrala, je živočišná výroba. Jedná se speciálně o chov drůbeže, kde počet chovaných kusů zvířat je nejméně 300 000 kusů. Zde je to řešeno pouze generátory, které při výpadku proudu pohánějí např. klimatizaci, topení, dávkování potravy.

Z těchto dvou příkladů tedy vyplývá, že v dnešní době jsou všechny potřebné prvky proti výpadku elektrické energie zajišťovány právě motorgenerátory a pokud je životně důležité, aby elektrická dodávka nebyla přerušena ani na vteřinku, jsou doplňovány o zařízení UPS.

#### **4.4 Závěrečné rozhodnutí o typu náhradního zdroje elektrické energie**

Dle mého názoru by pro zdravotnické operační středisko plzeňského kraje bylo nejvhodnější využít jako náhradní zdroj elektrické energie vodní elektrárnu v kombinaci se systémem UPS. Jak jsem k tomu dospěla? Systém UPS je zjevně jediný, který lze využít okamžitě, ale vydrží maximálně 24 h fungovat, a proto je zapotřebí ho doplnit o další náhradní zdroj. Nejvyšší prioritou pro náhradní zdroj by pro nás měla být možnost využít ho 24 h denně. Tímto se výběr zužuje na vodní elektrárnu, geotermální elektrárnu, elektrárnu na biomasu a na motorgenerátor. Dále náš výběr zúžím použitím kritéria náhradní zdroj bez nutnosti použít palivo. Ve výběru tedy zbývá vodní elektrárna a geotermální elektrárna. Ve chvíli, kdy porovnáváme výhody těchto dvou zbývajících elektráren, vyhrává vodní elektrárna, protože má menší plošnou náročnost, nižší pořizovací cenu, delší životnost a rychleji se spouští.

Nejjednodušší by bylo využít již stávající vodní elektrárnu Doudlevice nebo vodní přehradu České údolí. České údolí je blíže, což by bylo výhodnější, ale zase nebude jednoduché ji odkoupit za účelem náhradního zdroje pro zdravotnické operační středisko.

Dále se musíme rozhodnout pro koncept, jak vodní elektrárnu využívat. Vodní elektrárnu odkoupíme, uzavřeme dohodu o přednostním zásobování z důvodu výpadku, nebo ji budeme používat jako primární zdroj?

Nejlepší by bylo ji použít jako primární zdroj z důvodu návratnosti počáteční investice. Díky blízkosti objektů hasičského záchranného sboru ČR a policie ČR by bylo možné energii získanou z vodní elektrárny i pro tyto budovy, popřípadě i pro věznici, která je též v blízkosti.

Vodní elektrárna jako náhradní zdroj elektrické energie má ještě jednu nevýhodu (mimo

pořizovací ceny a prostoru pro výstavbu). Je totiž nutné vést od ní dráty vysokého napětí a v případě blackoutu způsobeného např. námrazou na těchto drátech, bychom byli zpětně odkázáni na UPS a motorgenerátor. Nakonec se tedy dostáváme k faktu, že aby byly naše náhradní zdroje naprosto dokonalé, bylo by nevhodnější náhradní energii čerpat z UPS, motorgenerátoru a malé vodní elektrárny. Tím bychom měli pokrytou rychlost dodávky, neohroženost venkovními vlivy (např. vlivy přírodního prostředí) a nezávislost na dodávce paliv.

Jediný způsob, jak vyřešit stoprocentně pokrytí všech druhů blackoutů po celou dobu jejich trvání, je zapojit co největší množství náhradních zdrojů (tj. těch v současnosti používaných i těch alternativních). I v tomto případě jsme však limitováni financemi.

..



## 5. Diskuze

Z grafů a dalších informací z předešlé části práce vyplývá, že nejvhodnějším náhradním zdrojem je vodní elektrárna. Naopak nejméně vhodným je pak systém UPS. Ale vždy je nutné nějaký prvek upřednostnit nad jiným. A tak se nám systém UPS přesune na první místo před všechny ostatní zdroje elektrické energie, protože jeho rychlost spuštění je pro nás nejdůležitějším údajem. Jak jsem již uvedla na několika místech, UPS se svojí rychlostí spuštění nelze nahradit žádným jiným náhradním zdrojem elektrické energie.

Čím si vodní elektrárna vysloužila svoje první místo? Jedná se zejména o nulové náklady na palivo, přiměřenou plošnou náročnost, průměrnou pořizovací cenu, nejdelší životnost ze všech navrhovaných zdrojů elektrické energie. Dále je vhodná do zmíněného prostředí, lze ji spustit během několika minut, nepotřebuje dodávat pohonnou hmotu a lze ji využít 24 h denně.

Pochopitelně nejlogičtější by bylo ji vzhledem k její pořizovací ceně využít jako primární zdroj, ale kdybychom opominuli její pořizovací cenu a fakt, že bychom rádi viděli návratnost investice, je dokonalá pro využití jako náhradní zdroj elektrické energie.

Větrná a sluneční elektrárna patří mezi nejméně výhodné elektrárny, což odpovídá mému předpokladu nevhodnosti těchto elektráren pro náš záměr. I tak hojně využívaný motorgenerátor skončil v mém průzkumu vhodnosti jednotlivých náhradních zdrojů elektrické energie za vodní elektrárnou. Nabízí se proto otázka, zda by nebylo vhodnější využívat vodní elektrárnu jako náhradní zdroj místo motorgenerátorů?

Odpověď na tuto otázku není zase tak jednoduchá, jak by se mohlo na první pohled zdát. Vodní elektrárna se v mém průzkumu umístila na prvním místě přede všemi ostatními náhradními zdroji elektrické energie, ale na druhou stranu si musíme uvědomit, že některé prvky jsou upřednostňovány před jinými, tím myslím např. pořizovací cenu. Tudíž pokud se pořizovatel bude rozhodovat podle pořizovací ceny, bude vítězit motorgenerátor a vodní elektrárna se propadne na předposlední místo.

Pochopitelně nelze dělat průzkum na všechny možné prvky, které by pořizovatel upřednostňoval a tak musím jen předpokládat, že nejvíce žádaným prvkem je právě pořizovací cena. Proto se na ni dále zaměřím.

Podle tabulky 7 můžeme rozdělit jednotlivé náhradní zdroje do čtyř cenových kategorií. Do první kategorie zařadíme UPS a motorgenerátory. Do druhé kategorie sluneční a větrné

elektrárny. Do třetí kategorie elektrárny na biomasu a vodní elektrárny. Do čtvrté kategorie elektrárny geotermální. Geotermální elektrárnu z hlediska její ceny můžeme vyřadit z našeho výběru, protože v současné době nejsou na tento typ poskytovány téměř žádné dotace. Z hlediska dotací však máme šanci u vodních elektráren. Ale zároveň by v Plzni bylo možné využít již stávající vodní elektrárny, a tak by snad bylo možné tuto elektrárnu odkoupit za nižší cenu nebo ujednat podmínky užívání. Tím myslím např. že by bylo možné v období výpadku přednostně zásobovat elektrickou energií zdravotnické operační středisko. Výše dotace na elektrárnu na biomasu se v současné době pohybuje mezi 20-40 %, což je pořád poměrně vysoká investice. Co se týče větrných a slunečních elektráren, jsou tak nespolehlivé, že i když jsou vzhledem k ostatním elektrárnám levné, nevyplácí se do nich investovat. Motorgenerátory a systémy UPS jsou prostě výrazně nejlevnější a zároveň nejspolehlivější.

Aby nebylo vše tak jednoduché, i nad velikostí pořizovací ceny můžeme polemizovat. Proč? Protože např. větrnou elektrárnu lze pořídit s větším výkonem a pak je tedy i velikost investice větší. Lze se tak dostat z ceny 330 000 Kč až na 190 milionů korun. Taková totiž byla velikost investice do větrné elektrárny Pchery.

Jak nejlépe zkombinovat jednotlivé náhradní zdroje? Jako nejlepší kombinace se jeví kombinace UPS, motorgenerátoru a sluneční elektrárny => UPS a motorgenerátor by fungoval jako doposud, ale navíc díky sluneční elektrárně by se mohly šetřit pohonné hmoty pro případ, že by obnovení dodávky elektrické energie trvalo více dní a zásoby např. nafty by docházely a jejich další distribuce by nebyla možná.

Další kombinací náhradních zdrojů by bylo UPS, motorgenerátor a větrná elektrárna. Podobně jako v předchozí variantě by větrná elektrárna fungovala jako šetřič pohonných hmot pro náhradní zdroje elektrické energie.

Možností je také kombinace UPS, elektrárny na biomasu a větrné nebo sluneční elektrárny. Podobně jako v předchozích případech je přítomen prvek rychlosti, prvek dvacet čtyři hodin fungující a prvek šetřící energii, kterou je třeba dodávat elektrárně na biomasu.

Stejně tak je možné spojit účinky UPS, geotermální elektrárny a větrné nebo sluneční elektrárny. Ideální by bylo spojení co nejvíce náhradních zdrojů, aby bylo pokryto co nejvíce rizik výpadku elektrické energie.

Závěr: Prvek rychlosti, čímž je v tomto případě myšleno zařízení UPS, je jediným nenahraditelným prvkem, který je v současnosti užíván zdravotnickým operačním střediskem. Zbývající prvek, tj. motorgenerátor, lze nahradit jinými zdroji.

Smejkal (2012) ve své práci uvádí, že blackout trvající do 24 hodin lze vyhodnotit jako citelný zásah do všech oblastí našich životů, ale vzhledem k délce trvání by nepředstavoval hrozbu, která by se dala charakterizovat jako naprostý kolaps celého systému s dlouhodobými následky. S tímto názorem se neztotožňuji, protože si myslím, že záleží na dalších okolnostech situace, kdy blackout nastane. Bude rozdíl, pokud blackout nastane v momentě, kdy nebudou žádné další komplikace, nebo pokud to bude např. uprostřed zimy. V takovém případě by i během těchto 24 hodin mohlo dojít k větším ztrátám na životě, většímu poškození majetku atd., což považuji za dlouhodobý následek. A navíc by se pak dalo předpokládat, že blackout (sice jen 24hodinový) by se mohl vícekrát opakovat, pokud by byl způsoben nepříznivým počasím. Jediné, s čím v tomto případě mohu souhlasit, je názor, že dlouhodobější výpadek elektrické energie má za následek dlouhodobější dopady. Nikoliv však, že by naprostý kolaps nemohl být následkem krátkodobějšího blackoutu.

Ztotožňuji se s výrokem Böhma (2011), že v rámci fungování zdravotnické záchranné služby je nutné zajistit nepřerušovaný provoz nejen v krajském operačním středisku, ale i na výjezdových stanovištích proto, aby byla plně schopna své funkce. Ve chvíli ztráty elektrické energie na zdravotnickém operačním středisku je ohrožena komunikace mezi pacienty a samotným střediskem, ale i komunikace mezi střediskem a posádkami. Jestliže však zajistíme nepřetržitou dodávku elektrické energie pro operační středisko, nebude nám to nic platné ve chvíli, kdy spojení s posádkou bude komplikováno z druhé strany, tedy směrem od výjezdové posádky, která třeba nebude ani schopna zajistit výjezd k pacientovi z důvodu nedostatku elektrické energie pro výjezdový vůz, ve kterém je mnoho zařízení závislých na této energii.

Dále souhlasím s Kadlecovou (2011), která došla k závěru, že k zabezpečení základních funkcí státu a ochraně obyvatelstva při dlouhodobém, rozsáhlém výpadku elektrické energie je nezbytné mít připraveno několik vzájemně provázaných bezpečnostních prvků a strategií od zodolnění celé elektroenergetické soustavy, přes zajištění nouzových ostrovních provozů pro veřejné zásobování elektřinou větších měst a vybavení subjektů KI nezávislým zdrojem elektřiny schopným zajistit vlastní nouzovou potřebu po nezbytně nutnou dobu, až po náležité vybavení složek IZS. O důležitosti vybavení zdravotnického operačního střediska náhradním zdrojem elektrické energie vzhledem k mým předchozím závěrům již nemůže být pochyb. Zvláště pak souhlasím s využitím ostrovních provozů pro větší města, protože v momentě, kdy je chráněné celé město, je chráněné i zdravotnické operační středisko, které se snad vždy nachází ve zmíněných větších městech. K ochraně zdravotnického operačního střediska by se přidal další prvek, který by jen upevňoval energetickou bezpečnost tohoto místa. Dopad využití ostrovních provozů na okolní elektrizační soustavu nás v této práci nemusí zajímat, protože je pro nás důležité zajistit co nejmenší počet

výpadků elektrické energie na zdravotnickém operačním středisku. Určitě by bylo výhodou mít středisko umístěné v takovémto městě s tímto typem ochrany, protože ochrany před dlouhodobým výpadkem elektrické energie není nikdy dost. První zmiňovaný bezpečnostní prvek Kadlecovou (2011), tj. z odolnění celé elektroenergetické soustavy, je neméně důležitý, protože nejlepší ochranou je prevence. A tak ve chvíli, kdy nedojde k výpadku elektrické energie, nemusíme řešit náhradní zdroje.

V dnešní době všudypřítomných hrozeb není lehké předcházet výpadkům elektrické energie. A tak když přestane fungovat prevence (stále více možností), je na řadě ochrana. Největším problémem při zvažování možností ochrany zdravotnického operačního střediska před dlouhodobým výpadkem elektrické energie je velikost financí, které jsme ochotni investovat. Jako ve všem bychom si přáli co nejvíce za co nejmenší cenu. Bohužel co se týče této oblasti ochrany, bylo by lepší investovat větší množství peněz, protože nikdy nevíme, kdy budeme potřebovat dlouhodobější ochranu kritických prvků. Jak je již psáno výše pro zmenšení finančních nákladů by bylo možné využít jeden zdroj elektrické energie pro více prvků kritické infrastruktury.

Dalším problémem, na který jsem při psaní této bakalářské práce narazila je, že většina prvků kritické infrastruktury splní zákonem dané minimum a neuvažuje nad dlouhodobějším výpadkem čítajícím několik dní, popřípadě týdnů a jaké následky výpadek tohoto rozsahu přinese. Přitom neuvažují nad velikostí zásob pohonných hmot a často neudržují náhradní zdroje v provozuschopném stavu.

Můj názor k této problematice je tento: Měli bychom se lépe připravit na dlouhodobější výpadky, které nám určitě hrozí mimo jiné vzhledem k množícím se počtu teroristických útoků a vzhledem k většímu zatížení elektrické sítě.

Na několika místech své práce sice propaguji využití obnovitelných zdrojů energie, ale na druhou stranu musím přiznat, že i ony způsobují nepřiměřenou zátěž elektrické sítě. Zejména pak větrné elektrárny, které jsou nevyzpytatelné svojí funkcí. Velké množství energie náhle vyrobené přetíží elektrizační soustavu a ta se kvůli své vlastní ochraně vypne. Tento problém řeší častěji v Německu než u nás v České republice, ale nezapomínejme, že jelikož je Německo naším sousedem, je velmi snadné, aby se problémy od nich přesunuly k nám do České republiky. Německo se tento problém snaží vyřešit regulací za pomoci jaderných elektráren. Avšak i v České republice je využívání obnovitelných zdrojů elektrické energie na rozmachu (i díky zeleným bonusům), a tak můžeme jen očekávat, že podobný problém může vzniknout i u nás. Preventivním řešením by v tomto případě bylo zdravotnické operační

středisko co nejvíce izolovat od okolní elektrické energie, což je i v mém předchozím návrhu využití elektráren, které čerpají obnovitelnou energii, jako primární zdroj elektrické energie. Sice se pak vracíme k problematice náhradního zdroje, ale rizika výpadku by se tak výrazně snížila.

Pokud mám zhodnotit výhled do budoucna, co se náhradních zdrojů týče, domnívám se, že prvky kritické infrastruktury budou i nadále raději volit energocentra sestávající z kombinace UPS a motorgenerátorů, protože nikdo nebude ochoten vynaložit větší finanční úsilí spojené s využíváním mnou navržených alternativních zdrojů. Doufám tedy, že se objeví nějaký nový náhradní zdroj, který by byl schopen lépe pokrýt dlouhodobý výpadek elektrické energie. V tomto ohledu vkládám velké naděje do výše uvedené elektrické energie z třepetání větru, která by se lépe hodila jako doplňkový zdroj k motorgenerátoru a UPS.

## Závěr

V práci jsem se snažila obsáhnout široké téma blackoutu. Probrala jsem hrozící příčiny blackoutu a jeho důsledky na zdravotnické operační středisko, které by nebylo schopno plnit své úkoly, protože by nefungovalo potřebné vybavení. Mezi náhradní zdroje elektrické energie jsem mimo ty tradiční (UPS, motorgenerátor) zařadila i alternativní v podobě elektráren fungujících na pohon z obnovitelných zdrojů energie. V tomto ohledu je to naprosto nový pohled na věc, protože všechny prvky kritické infrastruktury využívají jako náhradní zdroj motorgenerátor v první řadě, který je případně doplněn o systém UPS.

V práci pak bylo odpovězeno na otázky pomocí zkoumání různých možností. Asi nejdůležitější částí je zhodnocení efektivnosti různých náhradních zdrojů elektrické energie. Zde porovnávám náhradní zdroje ve věcech jako je životnost, pořizovací cena, provozní cena, doba udržitelnosti, ohroženost přírodními vlivy, plošnou náročnost nebo vhodnost umístění do vybraného prostředí. Tyto informace jsou důležité pro rozhodování při volbě náhradního zdroje.

Také byla zkoumána kooperace jednotlivých náhradních zdrojů. Díky tomu jsem zjistila, že nejlepší je spojení několika náhradních zdrojů dohromady. Výsledkem mé práce bylo mimojiné zjištění, že nejvhodnějším náhradním zdrojem by byla malá vodní elektrárna.

Prozatím jsem nenašla žádnou práci, která by směřovala svůj výzkum tímto směrem (myšleno směrem různých náhradních zdrojů), doufejme, že se někdo v budoucnu zhodnotí podrobnějšího bádání v této oblasti. Tato práce bude námětem pro další témata, která budou dále jednotlivě rozebírána.

Proto, aby mohla být tato práce využita, by bylo zapotřebí data rozšířit o přesnější informace vztahující se k místu, kde by byl náhradní zdroj elektrické energie nainstalován. Jinak lze využít závěry nejen pro zdravotnické operační středisko, ale i pro jiné prvky kritické infrastruktury.

## Seznam použité literatury:

- ALTERNATIVNÍ ZDROJE ENERGIE, *Vodní elektrárny, geotermální energie*, [online], 2014a, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.alternativni-zdroje.cz/vodni-geotermalni-energie.htm>>.
- ALTERNATIVNÍ ZDROJE ENERGIE, *Výroba energie z biomasy*, [online], 2014b, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW:<<http://www.alternativni-zdroje.cz/vyroba-energie-biomasa.htm>>.
- BÖHM, Pavel, *Blackout a jeho dopad na zdravotnickou záchrannou službu*, České Budějovice, Diplomová práce, 2011. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- CRITICAL POWER SUPPLIES, *How ups systems work*, [online], 2009, [cit. 18.3.2015]. Dostupné z WWW: <<http://www.criticalpowersupplies.co.uk/How-ups-systems-work>>.
- ČVUT FBMI, *Elektrické rozvody v místnostech pro lékařské účely*, [online], Kladno, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.fbmi.cvut.cz/e/zis/1840.pdf>>.
- DASTY.EU, *ANW 10 kW větrná elektrárna*, [online], 2011, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <[http://www.dasty.eu/katalog-produktu?page=shop.product\\_details&flypage=flypage\\_default.tpl&product\\_id=135&category\\_id=28](http://www.dasty.eu/katalog-produktu?page=shop.product_details&flypage=flypage_default.tpl&product_id=135&category_id=28)>.
- DOHNAL, Radomír, *Solární elektrárna v Arizoně funguje i v noci*, [online], 31.10.2013, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW:<<http://www.ekobydleni.eu/solarni-energie/solarni-elektrarna-v-arizone-funguje-i-v-noci>>.
- DŘÍMAL, Petr, *Tepelná čerpadla, geotermální energie*, [online], [cit. 17.3.2015], ISBN 978-80-88058-05-2. Dostupné z WWW: <<https://publi.cz/books/93/03.html>>.
- E15.CZ, *Janečkův fond postavil za půl miliardy elektrárnu na biomasu*, [online], 13.11.2013, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW:<<http://zpravy.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/janeckuv-fond-postavil-za-pul-miliardy-elektrarnu-na-biomasu-1037673>>.
- EKOBLOG.CZ, *Elektrina z třepetání ve větru*, [online], [2014], [cit. 3.12.2014], ISSN 1803-6252. Dostupné z WWW: <<http://www.ekoblog.cz/?q=node/128>>.

- EKOWATT, *Energie biomasy*, [online], 2007, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-biomasy>>.
- ELEKTROTRH.CZ, *Záložní zdroje UPS*, [online], 4.11.2011, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.elektroprumysl.cz/elektricke-a-zalozni-zdroje-energie/zalozni-zdroje-ups>>.
- ENERGEIA O.P.S, *Malá vodní elektrárna Štětí*, [online], 2014, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.energeia.cz/page/cz/20/energie-udelujici-hybnost/>>.
- FOJTÍKOVÁ, Jana, *Větrné elektrárny*, [online], 2008, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <[http://is.muni.cz/th/128508/pdf\\_m/Prezentace\\_k\\_vyuuce\\_vetrnych\\_elektraren.ppt](http://is.muni.cz/th/128508/pdf_m/Prezentace_k_vyuuce_vetrnych_elektraren.ppt)>.
- GÁFRIK, Jozef, *Solární elektrárna se zaplatí do deseti let*, [online], 4.8.2009, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <[http://www.denik.cz/moje\\_penize/moje\\_penize\\_solarni\\_elektrarna20090803.html](http://www.denik.cz/moje_penize/moje_penize_solarni_elektrarna20090803.html)>.
- HLOUŠEK, Michal, *Uplatnění vodíkového palivového článku*, [online], Nová Paka, 2012, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www1.fs.cvut.cz/stretech/2012/sbornik/73.pdf>>.
- HOGAN, David E. a Jonathan L. Burstein, *Disaster Medicine*, Philadelphia, Lippincott Williams and Wilkins, 2007, ISBN-13: 978-0-7817-6262-5.
- HYDROGEN ENERGY, *Tepelně hladinové generátory – základní informace*, [online], Hulín, [2014], [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.hydrogenenergy.cz/tepelne-hladinovy-generator/>>.
- CHYTRÉ BYDLENÍ.CZ, *Solární panely – základní výhody a nevýhody*, [online], 22.7.2011, [cit. 2.3. 2015]. Dostupné z WWW: <<http://www.chytre-bydleni.cz/solarni-panely—zakladni-vyhody-a-nevyhody>>.
- KADLECOVÁ, Zdeňka, *Dlouhodobý výpadek elektrické energie v České republice*, České Budějovice, Diplomová práce, 2011. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- MLČOCH, Zbyněk, *Blackout - totální výpadek elektrické energie, následky a znovuzprovoznění sítě*, [online], 2.12.2008, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW:



<<http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/texty/technika/blackout-totalni-vypadek-elektricke-energie-nasledky-a-znovuzprovozneni-site>>.

- PETERMANN, Thomas et al., *What Happens During a Blackout*, Berlín, Books on Demand, 2011, ISBN 978-3-8360-8133-7.
- PETRUŽELA, Ivan, *Elektrizační soustava*, [online], 2006, [cit. 15.5. 2015]. Dostupné z WWW: <[https://home.pilsfree.net/fantom/FEL/MR/FEL\\_CVUT/lekce02\\_06.pdf](https://home.pilsfree.net/fantom/FEL/MR/FEL_CVUT/lekce02_06.pdf)>.
- POVODÍ VLTAVY, *Stavy a průtoky na vodních tocích*, [online], 2014, [cit. 17.10.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.pvl.cz/portal/SaP/PC/>>.
- QUASCHNING, Volker, *Obnovitelné zdroje energií*, Praha, Grada Publishing, a.s., 2010, ISBN 978-80-247-3250-3.
- REMEŠ, Roman a Silvia TRNOVSKÁ a kolektiv, *Praktická příručka přednemocniční urgentní medicíny*, Praha, Grada Publishing, a.s., 2013, ISBN 978-80-247-4530-5.
- SCHRACK TECHNIK SPOL. S.R.O, *UPS- Záložní zdroje energie*, [online], 12.4.2012, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.elektroprumysl.cz/elektricke-a-zalozni-zdroje-energie/ups-zalozni-zdroje-energie>>.
- SKUPINA ČEZ, *Jak funguje výroba energie z biomasy*, [online], 2014, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/obnovitelne-zdroje/biomasa/flash-model-jak-funguje-vyroba-energie-z-biomasy.html>>.
- SKUPINA ČEZ, *Fungování slunečních elektráren*, [online], 2014, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/obnovitelne-zdroje/slunce/flash-model-jak-funguje-slunecni-elektrarna.html>>.
- SKUPINA ČEZ, *Obnovitelné zdroje energie a skupina ČEZ*, Praha, ČEZ, a.s., [online], 3.3.2012, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.cez.cz/edee/content/file/pro-media-2012/03-brezen/obnovitelne-zdroje-energie-a-skupina-cez.pdf>>.
- SKUPINA ČEZ, *Geotermální energie*, [online], 2014, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/obnovitelne-zdroje/geotermalni-energie.html>>.
- SMEJKAL, Pavel, *Výpadek elektrického proudu a jeho následek v Jihočeském kraji*,

České Budějovice, Diplomová práce, 2012. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

- SMÉKAL, Roman, *Elektroinstalace ve zdravotnictví: Vybraná ochranná opatření v elektrických rozvodech pro zdravotnické prostory*, [online], Praha, 11.4.2013, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.cszt.cz/images/stories/akce134/6.pdf>>.
- ŠLÉGR, Zdeněk, *Oblíbené omyly ve zdravotnických elektrorozvodech*, [online], Praha, 11.4.2013, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.cszt.cz/images/stories/akce134/1.pdf>>.
- TZBINFO, *Přehled cen dřevní štěpky*, [online], 2013, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/37-prehled-cen-drevni-stepky>>.
- UPS-CZ, *Energo centra*, [online], 2015, [cit. 5.5.2015]. Dostupné z WWW: <<http://www.ups-cz.cz/energo-centra>>.
- UPS TECHNOLOGY, *Produkty motorgenerátory*, [online], 2010a, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.ups.cz/produkty/mtg>>.
- UPS TECHNOLOGY, *Výběr MTG*, [online], 2010b, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.ups.cz/podpora/vyber-mtg>>.
- VAŇKOVÁ, Ladislava a František KŮRKA, *Územní energetická koncepce města Plzně*, [online], 2002, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <[http://energetika.plzen.eu/Files/energetika/koncepcni\\_dokumenty/uzemni\\_koncepce/uekmP\\_text.pdf](http://energetika.plzen.eu/Files/energetika/koncepcni_dokumenty/uzemni_koncepce/uekmP_text.pdf)>.
- VOLF, Tomáš, *Geotermální elektrárnu může mít v budoucnosti každé městečko, říká šéf Entergeo*, [online], 26.9.2012, [cit. 3.12.2014], ISSN 1213-7693. Dostupné z WWW: <<http://byznys.ihned.cz/c1-57637020-geotermalni-elektrarnu-muze-mit-v-budoucnosti-kazde-mestecko-rika-sef-entergeo>>.
- VRÁNA, Václav a Stanislav KOČMAN, *Náhradní zdroje elektrické energie*, [online], 2006, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <[http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/BC\\_FBI/Prednasky/nahradni%20zdroje.pdf](http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/BC_FBI/Prednasky/nahradni%20zdroje.pdf)>.
- Vyhláška č. 92/2012 Sb., o požadavcích na minimální technické a věcné vybavení zdravotnických zařízení a kontaktních pracovišť domácí péče, 15.3.2012. Dostupné z WWW: <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-92>>.

- WIKIPEDIE, *Rybí přechod*, [online], 25.2.2015, [cit. 10.3.2015]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Ryb%C3%AD\\_p%C5%99echod](http://cs.wikipedia.org/wiki/Ryb%C3%AD_p%C5%99echod)>.
- WIKIPEDIE, *Zdroj nepřerušovaného napájení*, [online], 2010, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Zdroj\\_nep%C5%99eru%C5%A1ovan%C3%A9ho\\_nap%C3%A1jen%C3%AD](http://cs.wikipedia.org/wiki/Zdroj_nep%C5%99eru%C5%A1ovan%C3%A9ho_nap%C3%A1jen%C3%AD)>.
- WIKIPEDIA.ORG, *Geotermální energie*, [online], 23. 9. 2014, [cit. 3.12.2014]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Geoterm%C3%A1ln%C3%AD\\_energie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Geoterm%C3%A1ln%C3%AD_energie)>.
- ŽÁK, Jiří, *Studie Blackoutu s ohledem na jadernou elektrárnu Dukovany*, Brno, Diplomová práce, 2013. Vysoké učení technické v Brně.

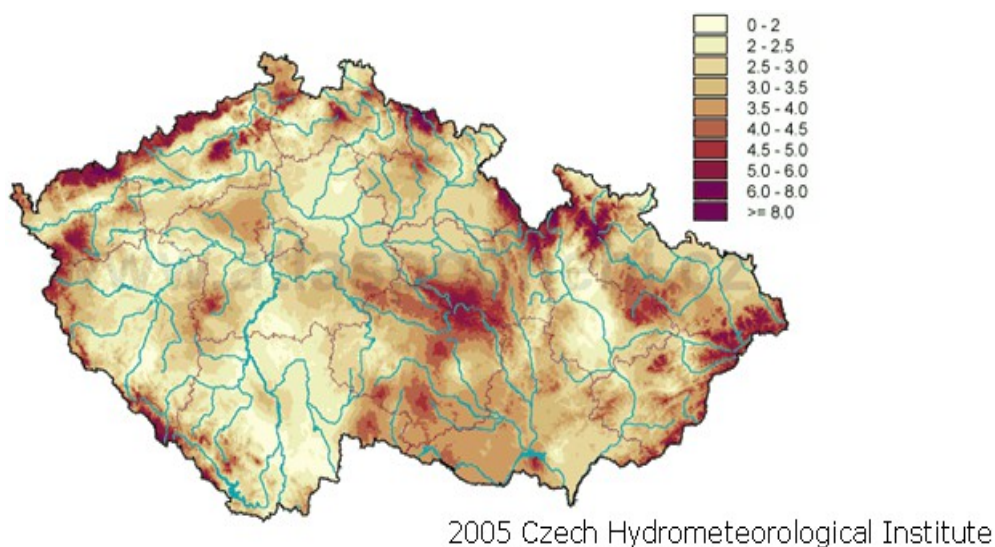
# Přílohy

Obrázek 1- Tabulka účinnosti různých materiálů fotovoltaických článků

| materiál článku        | maximální laboratorní účinnost | maximální provozní účinnost sériového článku | typická modulární účinnost článku | plocha potřebná na 1 kW |
|------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| monokrystalický křemík | 24,7 %                         | 21,5 %                                       | 15%                               | 6,7 m <sup>2</sup>      |
| polykrystalický křemík | 18,5 %                         | 15 %                                         | 14 %                              | 7,2 m <sup>2</sup>      |
| amorfní křemík         | 12,7 %                         | 8 %                                          | 6 %                               | 16,7 m <sup>2</sup>     |
| CIS /n CIGS            | 19,5 %                         | 11 %                                         | 10 %                              | 10,0 m <sup>2</sup>     |
| CdTe                   | 16,5 %                         | 10 %                                         | 7 %                               | 14,3 m <sup>2</sup>     |
| koncentrátorové články | 40,7 %                         | 35 %                                         | 28 %                              | 3,6 m <sup>2</sup>      |

Dostupné z WWW: [https://books.google.cz/books?id=6VhFZHuW4kgC&printsec=frontcover&dq=obnoviteln%C3%A9+zdroje+energie&hl=cs&sa=X&ei=7\\_xZVY3mF4mksAGE0YGwDw&ved=0CC4Q6AEwAA#v=onepage&q=obnoviteln%C3%A9%20zdroje%20energie&f=false](https://books.google.cz/books?id=6VhFZHuW4kgC&printsec=frontcover&dq=obnoviteln%C3%A9+zdroje+energie&hl=cs&sa=X&ei=7_xZVY3mF4mksAGE0YGwDw&ved=0CC4Q6AEwAA#v=onepage&q=obnoviteln%C3%A9%20zdroje%20energie&f=false).

Obrázek 2- Větrná mapa ČR



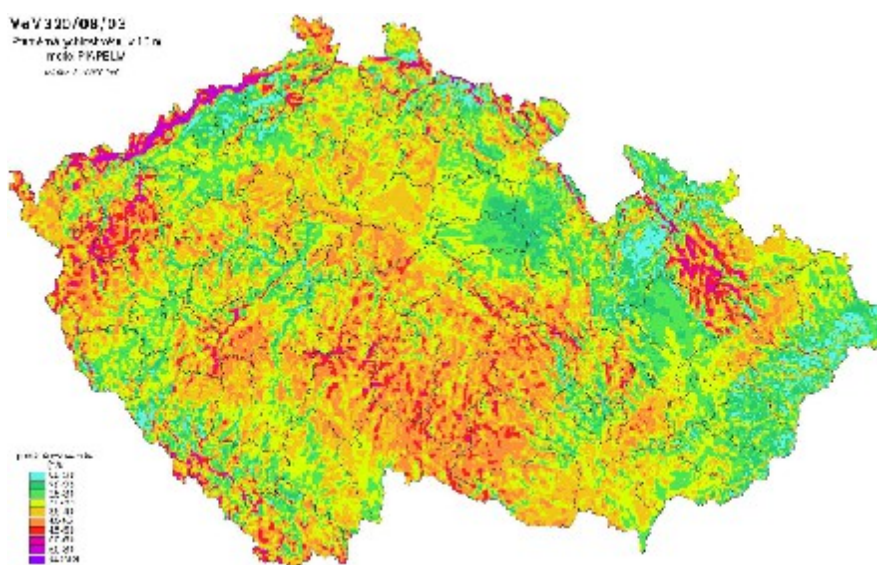
Dostupné z WWW: <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/vetrna-energie>.

Obrázek 3- Třídy energetické náročnosti budov

| Druh budovy         | Třída energetické náročnosti budovy        |         |            |              |              |                    |                        |
|---------------------|--------------------------------------------|---------|------------|--------------|--------------|--------------------|------------------------|
|                     | spotřeba energie v kWh/m <sup>2</sup> /rok |         |            |              |              |                    |                        |
|                     | A                                          | B       | C          | D            | E            | F                  | G                      |
|                     | Mimořádně úsporná                          | Úsporná | Vyhovující | Nevyhovující | Nehospodárná | Velmi nehospodárná | Mimořádně nehospodárná |
| Rodinný dům         | < 51                                       | 51–97   | 98–142     | 143–191      | 192–240      | 241–286            | > 286                  |
| Bytový dům          | < 43                                       | 43–82   | 83–120     | 121–162      | 163–205      | 206–245            | > 245                  |
| Hotel a restaurace  | < 102                                      | 102–200 | 201–294    | 295–389      | 390–488      | 489–590            | > 590                  |
| Administrativní     | < 62                                       | 62–123  | 124–179    | 180–236      | 237–293      | 294–345            | > 345                  |
| Nemocnice           | < 109                                      | 109–210 | 211–310    | 311–415      | 416–520      | 521–625            | > 625                  |
| Vzdělávací zařízení | < 47                                       | 47–89   | 90–130     | 131–174      | 175–220      | 221–265            | > 265                  |
| Sportovní zařízení  | < 53                                       | 53–102  | 103–145    | 146–194      | 195–245      | 246–297            | > 297                  |
| Obchodní            | < 67                                       | 61–121  | 122–183    | 184–241      | 242–300      | 301–362            | > 362                  |

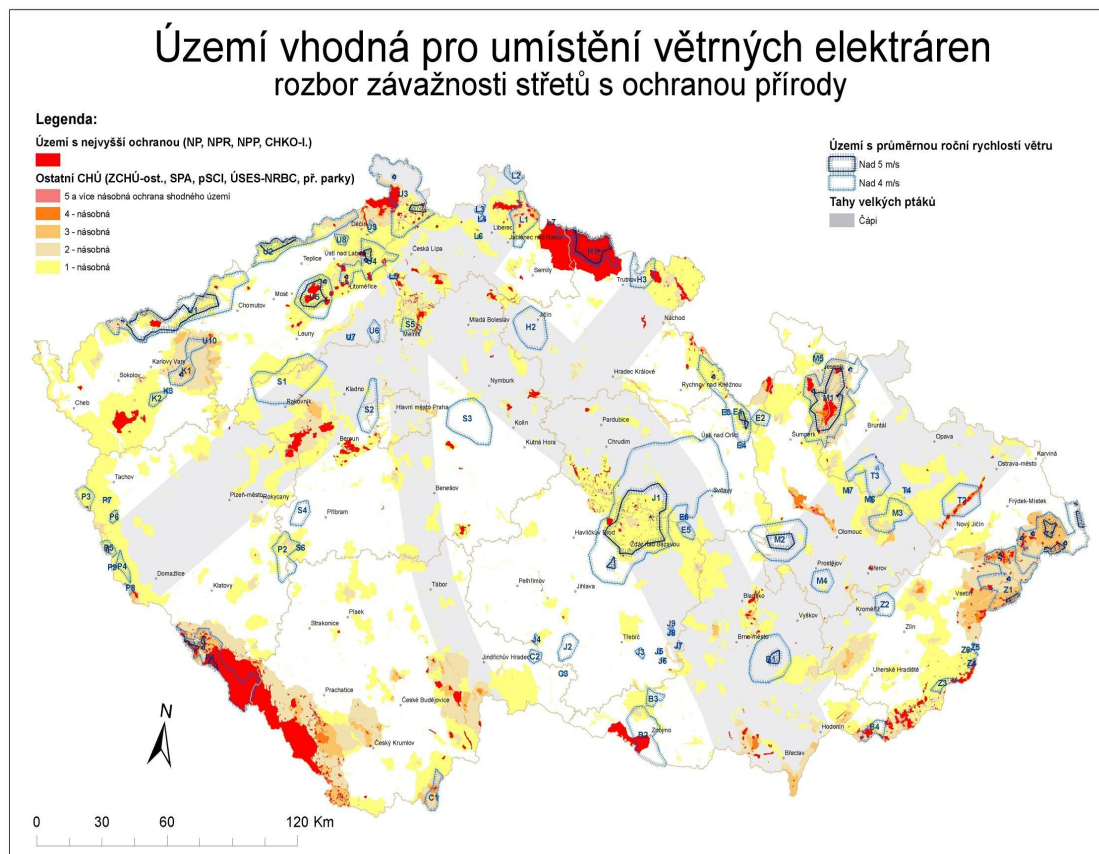
Dostupné z WWW:<[http://blog.coldwellbanker.cz/wp-content/uploads/2014/02/trida\\_energeticke\\_narocnosti.png](http://blog.coldwellbanker.cz/wp-content/uploads/2014/02/trida_energeticke_narocnosti.png)>.

Obrázek 4- Průměrná rychlost větru



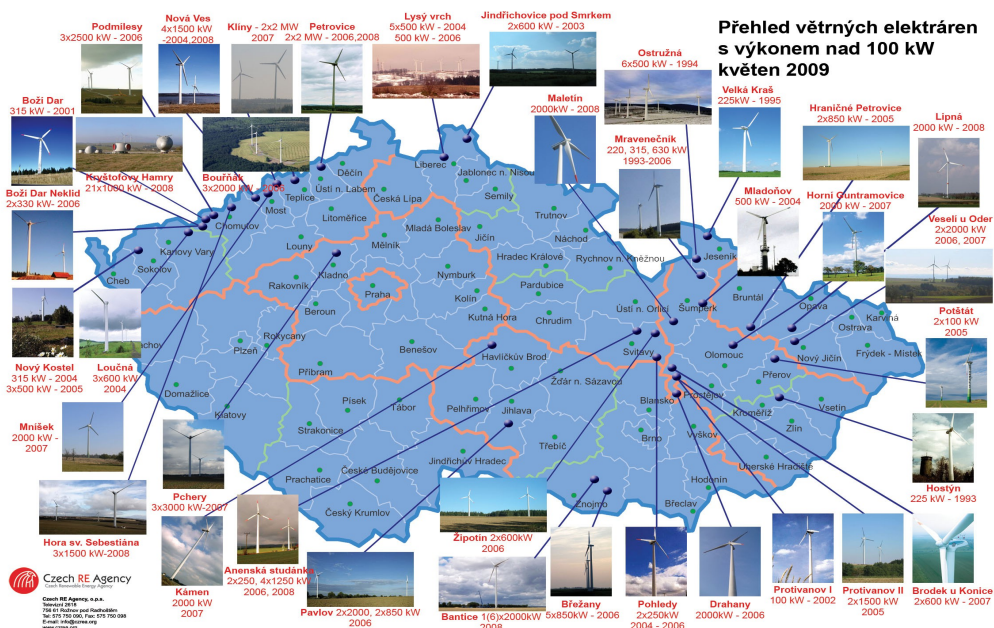
Dostupné z WWW:<<http://www.transformacni-technologie.cz/obrazky/17.jpg>>.

Obrázek 5- Území vhodná pro umístění větrných elektráren



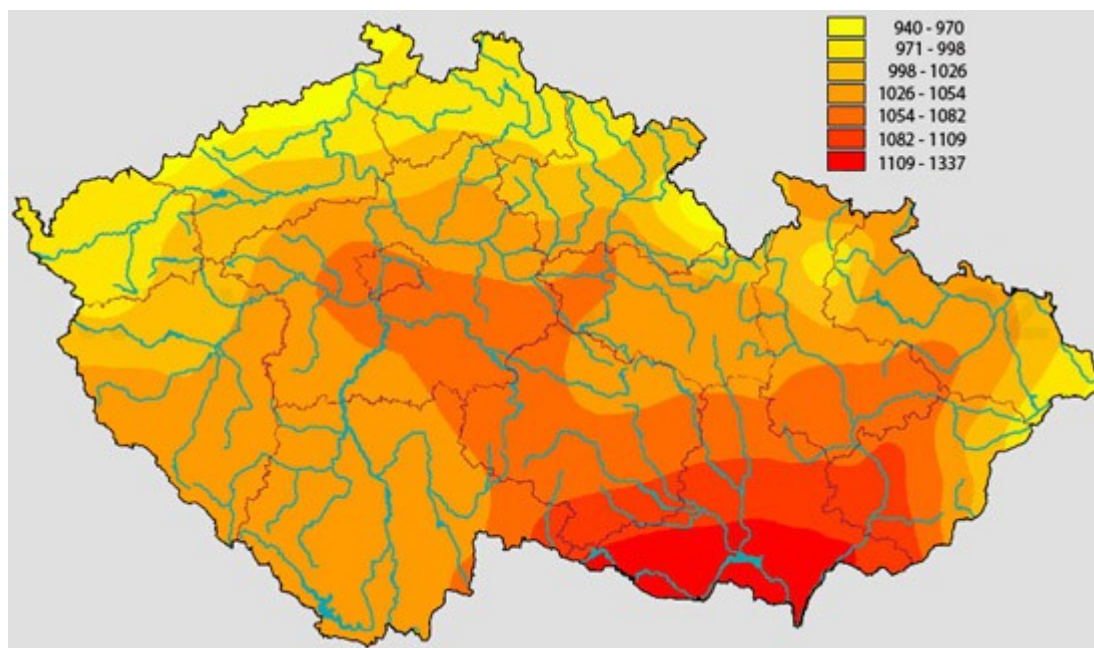
Dostupné z WWW: <<http://www.transformacni-technologie.cz/obrazky/218.jpg>>.

Obrázek 6- Přehled větrných elektráren v ČR



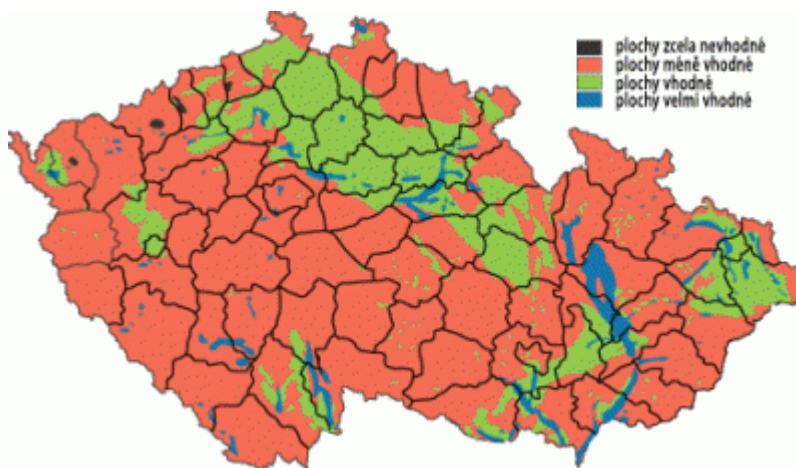
Dostupné z WWW: <[http://www.czrea.org/files/images/mapa\\_VTE.jpg](http://www.czrea.org/files/images/mapa_VTE.jpg)>.

Obrázek 7- Mapa slunečního záření



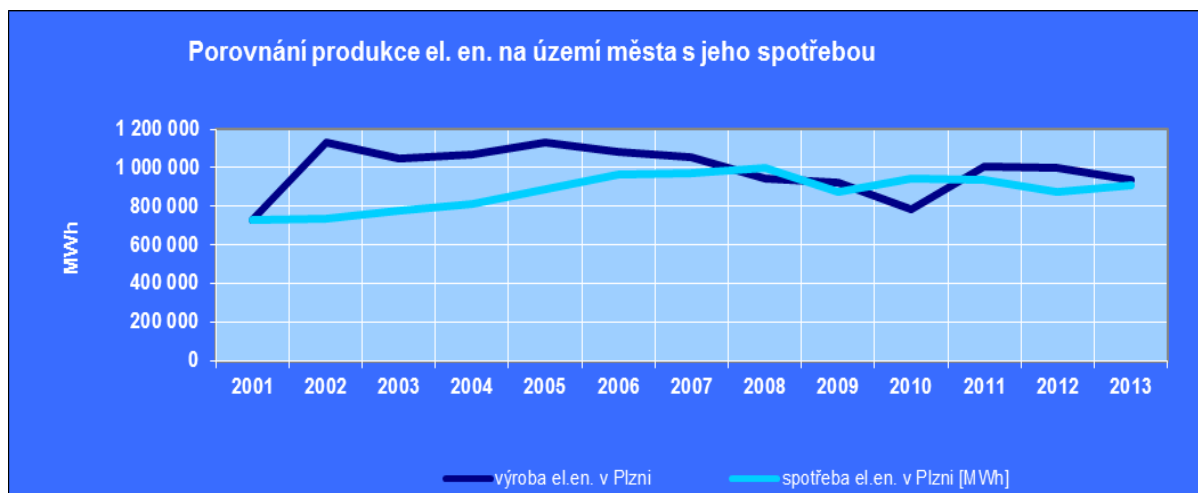
Dostupné z WWW: <<http://www.trubicove-kolektory.cz/mapa.html>>.

Obrázek 8- Potenciální místa pro využití geotermální energie v ČR



Dostupné z WWW: <<http://extremelab.webnode.cz/news/geotermalni-energie-energeticka-spasa-budoucnosti-/>>.

Obrázek 9- Porovnání produkce elektrické energie na území města Plzně s jeho spotřebou



Dostupné z WWW: <<http://energetika.plzen.eu/energetika-ve-meste/vyvoj-energetiky-ve-meste/vyvoj-energetiky-ve-meste.aspx>>.