

## VÝCHODISKA NA ANALÝZU RIZÍK VÝPADKU ELEKTRICKEJ ENERGIE

### ASSUMPTIONS FOR RISK ANALYSIS OF BLACKOUT

Jana ADAMÍKOVÁ<sup>1</sup>

#### SUMMARY:

*Nowdays, residents of developed countries not imagine my life without electricity. The constant increase in the volume of using electrical energy brings with it a number of risks. These risks can have a negative impact on the environment of community, residents and their property. The aim of the paper is the formulation of assumptions for risk analysis of blackout in the Slovak Republic.*

**KEYWORDS:** risks, risk analysis, electrical energy, blackout

#### ÚVOD

V súčasnosti je elektrická energia neoddeliteľnou súčasťou ľudskej existencie. Služi na zabezpečenie základných životných potrieb obyvateľstva, zdravia obyvateľstva a má významný vplyv aj na ekonomiku a bezpečnosť štátu. Z tohto dôvodu je právom zaradená do kritickej infraštruktúry aj do európskej kritickej infraštruktúry.

Elektrická energia je získavaná premenou inej energie na energiu elektrickú. Elektrická energia je väčšinou vyrábaná v elektrárňach, v požadovanej akosti. Pomocou prenosových a distribučných sústav je následne dodávaná ku konečnému zákazníkovi. Na území Slovenskej republiky je elektrická energia vyrábaná hlavne pomocou jadrových, tepelných a vodných elektrární. Vyrábajú ju predovšetkým atómové elektrárne, ktoré sú dve (Jaslovské Bohunice, Mochovce), a majú dostatočný výkon, aby zásobovali energiou veľkú časť našej krajiny. Okrem nich sa v SR nachádzajú tepelné elektrárne v Novákoch, Handlovej, Košiciach a vo Vojanoch. Najviac vodných elektrární sa prevažne nachádza na vodnom toku rieky Váh. Dnes je u nás približne 180 malých vodných elektrární. Ich výstavba je dosť dôležitá, na jednej strane preto, lebo voda, ktorá preteká cez turbíny sa okysličuje a zlepšuje sa tak jej kvalita. Na strane druhej je vodná energia

lacný zdroj elektriny. Na Slovensku sa začína používať na výrobu elektrickej energie aj slnečná energia, uvažuje sa aj o využití vetra, biomasy. V oblasti Košickej kotliny sa uvažuje aj o geotermálnych vrtoch na výrobu tepla a samozrejme elektrickej energie [7].

#### 1. FAKTORY VPLÝVAJÚCE NA RIZIKO VÝPADKU ELEKTRICKEJ ENERGIE

Elektrizačná sústava zahŕňa výrobu, rozvody a využitie elektrickej energie vrátane elektrických strojov a prístrojov na reguláciu, riadenie, meranie a ochranu. Rozvod elektrickej energie je zabezpečovaný pomocou rozvodnej sústavy Táto sústava je veľmi zraniteľná, vzhľadom na počet prvkov. Rozvodná sústava je zložená z viacerých prvkov - káblov, transformátorov, kompenzačných prvkov, systémov riadenia, regulačných prvkov a z iných prvkov. Počas cesty ku konečnému odberateľovi (spotrebiteľovi) pôsobí na elektrickú energiu mnoho vonkajších vplyvov, ktoré môžu ovplyvniť kvalitu dodávky elektrickej energie. Z uvedených dôvodov môžeme konštatovať, že v sústave vzniká riziko výpadku elektrickej energie.

Riziko výpadku elektrickej energie súvisí s negatívnymi dopadmi na obyvateľov, infraštruktúru, majetok a na životné prostredie.

<sup>1</sup>Jana Adamíková, Ing., Katedra krízového manažmentu, Fakulta bezpečnostného inžinierstva ŽU, Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, 041/ 513 6715, jana.adamikova@fbi.uniza.sk.

Riziko výpadku elektrickej energie môže mať na obyvateľov negatívny dopad, ktorý môže na obyvateľov priamy alebo nepriamy vplyv.

Priamy vplyv obyvateľa pri výpadku elektrickej energie zaznamenajú okamžite, pretože im prestanú fungovať svetlá, spotrebiče a iné elektrické zariadenia v domácnosti. Pri dlhšom výpadku obyvateľia ostanú bez zdrojov pitnej vody, plynu, ropy a pohonných hmôt, prestane fungovať kanalizácia, rovnako prestanú fungovať bezpečnostné zariadenia, komunikačné a informačné zariadenia, chladničky a mrazničky, ktoré sú závislé na elektrickej energii, a neposlednom rade sa obyvateľom obmedzí aj príjem potravín. Z uvedeného vyplýva, že výpadok bude mať priamy dopad na obyvateľov.

Výpadok elektrickej energie môže mať rovnako nepriamy vplyv na obyvateľov napr. kolaps dopravy, čo spôsobí zvýšenú nehodovosť, rovnako ľudia môžu uviaznuť v dopravných prostriedkoch, na letiskách, zlyhanie bankového systému, zdravotníctva, hasičskej záchrannej služby, verejnej správy, a určite sa dá v danom území predpokladať zvýšená kriminalita a mnoho ďalších negatívnych dopadov.

Počas cesty ku konečnému odberateľovi (spotrebiteľovi) pôsobí na elektrickú energiu mnoho vonkajších vplyvov, ktoré môžu ovplyvniť kvalitu dodávky elektrickej energie. Ak sa ohrozi koncová akosť alebo dôjde k prerušeniu dodávky elektrickej energie môže dôjsť alebo až k výpadku elektrickej energie tzv. blackout. Riziko výpadku elektrickej energie (blackout) je považovaná za jednu z najničivejších hrozieb 21. storočia, a to hlavne pre vyspelé štáty, medzi ktoré zaradujeme aj Slovensku republiku. Výpadok elektrickej energie je teda mimoriadna udalosť pre jednotlivcov, podniky, obce, mesta, regióny, štáty a kontinenty.

Na riziko výpadku elektrickej energie vplývajú nasledujúce faktory:

- Ľudský faktor – chyby dispečerov pri prevádzke, ktoré môžu spôsobiť rozsiahly výpadok, chyby obsluhujúceho personálu, ktorí nedodržia bezpečnostné postupy a pravidlá, výpadok spôsobený prostredníctvom informačných sietí tzv. kybernetický útok, alebo fyzický spôsobený útok tzv. teroristický útok, výpadok rovnako môže zapríčiniť vysoká spotreba elektrickej

energie u odberateľov (letné mesiace, kde sa zvyšuje počet klimatizácií, v zime pri nedodaní dodávky zemného plynu sa môže zvýšiť počet ohrevných zariadení na elektrickú energiu), migrácia obyvateľov (zvýšené riziko kriminality).

- Technický stav – poruchy v miestach produkcie energie, v prenosovej sústave, náhly nárast produkcie elektrickej energie a nevyrovnanie spotreby na druhej strane a iné poruchy.
- Meteorologické podmienky – náhle zmeny teplôt vzduchu alebo vody, veterné smršte a víchrice, krupobitia, blesky, rozsiahle námrazy, povodne.
- Ostatné faktory – požiare, zosuvy pôdy, zemetrasenia, slnečná aktivita, teleso z vesmíru a dopravné nehody (železničné, letecké).

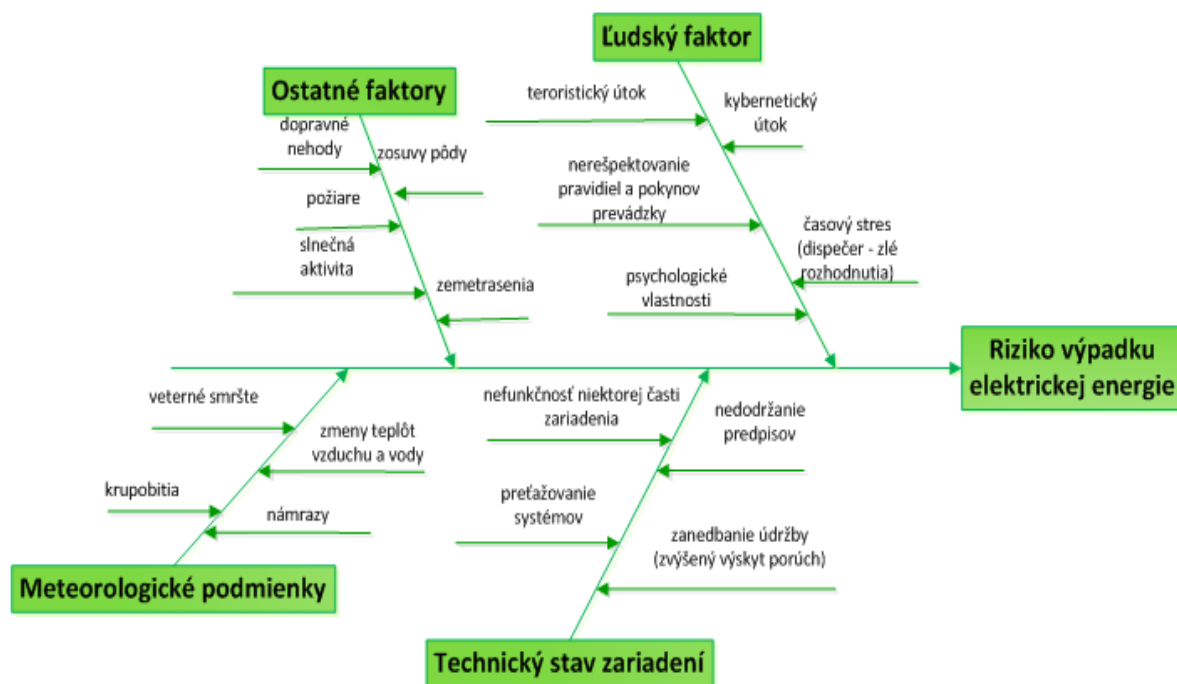
Domnievam sa, že najvýraznejší vplyv na riziko výpadku elektrickej energie má ľudský faktor a podľa historických udalostí majú výrazný vplyv aj ostatné faktory medzi, ktoré som zaradila slnečnú aktivitu alebo zemetrasenia, čo môžeme vidieť na obrázku 1.

## 2. VÝCHODISKÁ NA ANALÝZU RIZÍK VÝPADKU ELEKTRICKEJ ENERGIE

Na úspešnú aplikáciu kvantitatívnych metód analýzy rizika výpadku elektrickej energie je potrebné formulovať rad východísk.

Medzi základné východiská patria:

- vytypovanie rizikových činiteľov výpadku elektrickej energie,
- zaznamenávanie relevantných historických údajov výpadku elektrickej energie,
- získanie dostatočného počtu historických údajov o priamych a nepriamych dôsledkoch výpadku elektrickej energie,
- udržanie stability právneho prostredia podľa, ktorého sa vykazujú jednotlivé výpadky a ich dôsledky,
- zaznamenávanie relevantných údajov vo vzťahu k štátu, kraju, ku konkrétnej obci, mestu, ulici, mestskej časti a pod.,
- vybratie vhodnej kvantitatívnej metódy analýzy rizika výpadku elektrickej energie,
- sformulovanie správnych a výstižných interpretácií výsledkov analýzy rizík vo väzbe na použitú metódu a prijímateľa výsledkov (obyvateľ, firma, obecný úrad, škola, a iné).



Zdroj: (autor)

Obrázok 1. Faktory vplývajúce na riziko výpadku elektrickej energie

Medzi rizikové činitele, ktoré majú vplyv na riziko výpadku elektrickej energie môžeme zaradiť:

- typ elektrárne (jadrová, tepelná, vodná, slnečná, veterná, geotermálna, alebo iné typy),
- dĺžku rozvodných sietí, bezpečnostné opatrenia vplývajúce na prevádzku elektrickej energie, použité materiály (kvalita),
- čas prerušenia dodávky elektrickej energie,
- miesto,
- počet zasiahnutých obyvateľov,
- zasiahnutá plocha,
- odbornosť,
- schopnosti pracovníkov, údržbárov a dispečerov,
- zabezpečenie náhradných zdrojov elektrickej energie,
- použité stavebné riešenia, dodržiavanie bezpečnostných pokynov,
- nadimenzovanie rozvodnej siete koncovými spotrebiteľmi,
- ďalšie činitele.

Pri analýze rizika výpadku elektrickej energie je dôležité zohľadnenie vplyvu uvedených rizikových činiteľov ( $R_c$ ) a ich váhy. Ak chceme riziko výpadku elektrickej energie ( $R_{el}$ ) kvantifikovať je potrebné zohľadniť vplyv väčšiny rizikových činiteľov a stanoviť poradie ich dôležitosti. Nevyhnutné je stanovenie pravdepodobnosti hodnôt jednotlivých

rizikových činiteľov ( $p_{Rc}$ ), priamych a nepriamych dôsledkoch príslušných výpadkov elektrickej energie ( $D_{Rc}$ ). Kvantitatívne hodnotenie rizika výpadku elektrickej energie pomocou týchto činiteľov by bolo možné, avšak časovo veľmi náročné. Tento prístup, vykazujúci aspekty základného výskumu, by zrejme viedol k odvodeniu nových empirických matematických vzťahov na analýzu rizika so všeobecným zápisom  $R_{el} = f(R_c, p_{Rc}, D_{Rc}, \dots)$ .

Veľmi problematická je dostupnosť relevantných historických údajov o vzniknutých výpadkoch a presná identifikácia jednotlivých údajov. V tabuľke 1 sú uvedené výpadky elektrickej energie s najväčšími počtami zasiahnutých obyvateľov vo svete. Tieto výpadky som uviedla z toho dôvodu, že pri hľadaní štatistických (historických) údajov bol problém, pretože k udalostiam nie sú dostupné štatistiky potrebné ku kvantifikácii rizika.

Jedinými dostupnými zdrojmi sú informácie, ktoré poskytli účastníci výpadku, alebo reportéri, pričom tieto informácie nemusia byť relevantné (úplne, správne). Z tohto dôvodu som sa rozhodla charakterizovať vybrané udalosti vzhľadom na čas trvania výpadku, pričom dopady výpadkov (dôsledky) sú popísané len vo všeobecnej rovine (podľa dostupných informácií).

**Výpadok elektrickej energie vo vybratých oblastiach s počtom postihnutých obyvateľov  
a s dátumami zasiahnutia**

*Zdroj: (spracované podľa: Brehovská, Smejkal)*

Zasiahnutá oblasť	Postihnutý počet obyvateľov (mil.)	Dátum zasiahnutia
Indonézia	100	18. októbra 2005
Južná a juhovýchodná časť Brazílie	97	11. marec 1999
Centrálna, južná a juhovýchodná časť Brazílie a celá Paraguaj	87	10. - 11. novembra 2009
Severovýchodná časť Severnej Ameriky	30	9. novembra 1965
Severovýchodná časť Severnej Ameriky	55	14. - 15. augusta 2003
Celé Taliansko a časť Švajčiarsku (okrem Sardínie a Elby)	55	28. septembra 2003
Západná a južná Európa	15	4. - 5. novembra 2006
Nový Zéland, Auckland	1	20. februára 1998
Kanada, Québec	7-8	13. marca 1989

Z vyššie uvedených východísk vyplýva, že veľmi dôležitý je počet zasiahnutých obyvateľov, zasiahnutá oblasť a čas trvania výpadku elektrickej energie. Pri výpadku elektrickej energie s dobou trvania 1 hodinu, ľudia v menších oblastiach zvyčajne ani nereagujú na tento výpadok, avšak výpadok s dobou trvania 1 hodinu vo veľkom meste môže spôsobiť chaos nielen v doprave, vo firmách (v obchodoch, v bankách), ale aj v domácnostiach [5].

Výpadok s dobou trvania 2 hodiny môže mestám spôsobiť väčšie problémy, čoho príkladom môže byť výpadok v západnej a južnej Európe, pričom výpadkom bolo zasiahnutých 15 miliónov obyvateľov. Tento výpadok síce trval 2 hodiny, a to konkrétne v nočných hodinách od 22.15 – 00.15, ale takmer okamžite sa prejavila zvýšená kriminalita a rabovanie.

Ak sa pozrieme na výpadky elektrickej energie, ktoré trvali dlhšie ako 4 hodiny a menej ako 24 hodín môžeme povedať, že skolabovali domácnosti (občania sa ocitli v tme), uviaznutí vo výťahoch, v dopravných prostriedkoch, nastal kolaps dopravy, trhu, zdravotníctva, zvýšila sa kriminalita, ľudia stratili teplo v bytoch, prerušili sa dodávky pitnej vody, nefungovala kanalizácia, a zlyhávali aj iné oblasti.

Jeden takýto výpadok nastal v Taliansku pri preťažení siete okolo 3. hodiny ráno, po výpadku ostalo viac ako 30 000 osôb uväznených v 110 zastavených vlakoch. V priebehu výpadku sa objavovali aj problémy ako sú dopravné nehody, drobné zranenia

občanov a evidovaná bola aj 1 usmrtená osoba, ktorej príčinou smrteľného pádu bolo neosvetlené schodisko. Výpadok bol postupne odstránený a posledný odberatelia boli pripojení po 18 hodinách [3].

Výpadky elektrickej energie s dobou trvania dlhšou ako 24 hodín predstavujú obrovské finančné straty pre zasiahnutú oblasť, majú výrazný negatívny vplyv na celkové fungovanie obyvateľov, infraštruktúru, majetok a životné prostredie.

Príkladom môže byť najdlhšie zaznamenaný výpadok na celom svete, ktorý sa stal na Novom Zélande v Aucklande, tento výpadok mal trvať 3 týždne, avšak trval neskutočných 5 týždňov. Tento výpadok by sme mali považovať za výstrahu pre všetky krajiny a predchádzať im v maximálnej miere. Tento výpadok bol jedinečný, pretože mestu a aj podnikateľom (niektorí museli vyhlásiť bankrot) spôsobil obrovské finančné straty.

Do krajiny boli dovezené generátory z viacerých krajín dokonca aj z Austrálie, no ich spotreba sa vyšplhala na 1 milión litrov paliva/deň. Generátory zabezpečili časť elektrickej energie, avšak spôsobovali nadmerný hluk a nadmerné emisie. Rovnako problém bol so spotrebou paliva, ktorú mesto nemohlo samozrejme vydržať dlho a bolo otázne ako dlho by ju zvládli. V tomto meste bol vyhlásený stav núdze, niektorí obyvatelia opustili svoje domácnosti, avšak tí čo ostali sa potýkali s nevyhovujúcimi hygienickými podmienkami, s nedostatkom pitnej vody a potravy. Pre mesto tento výpadok spôsobil straty na daniach, s ktorými sa vyrovnávajú

dodnes. V tomto prípade bola na chybe údajne porucha vysokonapäťových káblov, avšak túto poruchu nedokázali odstrániť zamestnanci danej firmy, ale museli povolať kvalifikovaný personál z Austrálie [3].

Z uvedených príkladov vyplýva, že každá situácia, týkajúca sa výpadku elektrickej energie je špecifická.

Podstatné sú spomínané predpoklady vo vyššie uvedenom texte, a to konkrétne v akej časti sveta výpadok nastal (vyspelá krajina alebo krajina tretieho sveta), v akom rozsahu nastal (počet postihnutých obyvateľov je rozdiel, či je ich zasiahnutých 100 alebo 1000 v obci alebo mesto s viac ako miliónom obyvateľov), čas trvania výpadku elektrickej energie (následky sa priamoúmerne zväčšujú s časom trvania výpadku), ročné obdobie, v ktorom výpadok nastal (meteorologické podmienky).

### 3. NÁVRHY A ODPORÚČANIA

Ak chceme vykonať dôslednú analýzu rizík výpadku elektrickej energie a následne hodnotiť tieto rizika pomocou kvantitatívnych metód je nevyhnutné prijať tieto návrhy:

- identifikovať rizikové činitele,
- prijať kvalifikovaných pracovníkov (zamestnancov elektrární, služby odstraňujúcej poruchy, na spracovávanie štatistických údajov),
- zabezpečiť správnosť, presnosť získaných historických údajov o výpadkoch elektrickej energie,
- zabezpečiť úrovňovú kontrolu údajov (obecný úrad, podnik má rovnaké údaje ako okresný úrad, a iné inštitúcie),
- určiť zraniteľné miesta, ktorých narušenie môže spôsobiť výpadok elektrickej energie,
- zabezpečiť pravidelne školenia pracovníkov (súčasný stav, zapracovanie nariadení), ktorý sa budú zaoberať analýzou rizika územia, a teda budú analyzovať a hodnotiť aj riziko výpadku elektrickej energie,
- zabezpečiť prehľadnosť a zrozumiteľnosť výsledkov a následne oboznámenie s výsledkami analýzy rizika obyvateľov (odberateľov), dodávateľov a iných dotknutých subjektov.

Z tohto dôvodu v článku uvádzam návrhy a odporúčania pre dodávateľov aj odberateľov.

Dodávatelia by mali mať zabezpečený minimálne 1 náhradný zdroj, ktorý dokáže plnohodnotne nahradiť požadované množstvo energie pre danú oblasť. Tento poskytovateľ

by mal mať zabezpečených schopných pracovníkov, ktorý, v čo najkratšom čase dokáže poruchu identifikovať a následne ju odstrániť.

Každá krajina mala mať upravené zákonom riešenie rôznych hrozieb, príkladom môže byť Česká republika, ktorá má uvedené riešenia hrozieb v zákone č. 458/2000. Kľúčové pre výpadky elektrického prúdu sú predovšetkým vyhlášky ministerstva priemyslu a obchodu 80/2010 Sb.

Konkrétne opatrenia na prevenciu a riešenie výpadkov elektrickej energie sú uvedené v týchto dokumentoch:

- frekvenčný plán – definuje nástroje pre udržanie kmitočtu elektrizačnej sústavy v štandardných hodnotách t. j. 49,8-50,2 Hz,
- vypínací plán – definujeme ho pomocou jednotlivých stupňov, pričom odpojenie v prípade núdze by nemalo presahovať dve hodiny,
- regulačný plán – rozdeľuje odberateľov do rôznych stupňov (normálny, výstražný, a iné).

Ďalším návrhom na riešenie výpadkov elektrickej energie je zmena súčasnej centralizovanej siete na jednotne riadené prenosové sústavy, ktoré by boli adaptabilné, decentralizované a odolné.

V súčasnosti sú napríklad vyvíjané technológie, ktoré sú založené na koncepte smart grids (chytré siete), ktoré by zabezpečili dodávku pitnej alebo čistenie odpadových vôd v danej oblasti. Smart grids využíva dva komponenty, smartmeter a decentralizovaný zdroj energie so schopnosťou štartu zo tmy. Smartmeter plní dve funkcie:

- umožňuje kontrolovať sieť a zapojí sa ak je to nevyhnutné pre udržanie stability siete,
- má informácie o spotrebe energie elektrických zariadení a v prípade núdze odpojí všetky nepotrebné spotrebiče.

Odberatelia by sa mali zamerať na nezávislé riešenia zabezpečenia domácnosti elektrickou energiou, napríklad solárnymi panelmi.

Odberatelia (obyvatelia) by mali byť pripravený na takúto situáciu a mali by mať na pracoviskách (v domácnostiach) [4] podľa vlastného uváženia aspoň niektoré z nasledujúcich komodít:

- dostatočné zásoby pitnej vody (balenej) minimálne na tri dni,

- dostatočné množstvo potravín - konzervy, zaváraniny, paštéty, sušené mäso, trvanlivé mlieko, sušenky, čokoládu, cukor, med, oriešky, zemiaky a iné potraviny,
- dostatočné množstvo paliva a zápaliek,
- domáci gril,
- náhradný zdroj vykurovania,
- jednorazové nádoby – papierové alebo plastové tácky, misky, lyžičky,
- vlhčené utierky,
- dezinfekčný gél na ruky,
- vrecia na odpadky,
- tabletky a roztoky na dezinfekciu vody,
- dostatočnú zásobu liekov,
- zásobu batérií,

- deky, spacie vaky a teplé zimné oblečenie,
- finančnú hotovosť.

## ZÁVER

Článok je zameraný na východiská analýzy rizík súvisiacich s výpadkom elektrickej energie.

Obyvatelia by mali byť pripravení na výpadok elektrickej energie. Z tohto dôvodu by autori článku odporúčali hlavne na území obcí a miest prednášky zamerané na pripravenosť obyvateľstva na mimoriadne udalosti, pričom jedna z nich by bola zameraná na analýzu rizík výpadku elektrickej energie.

## LITERATÚRA

- [1] Mareš M., Rektořík J., Šelešovský J. a kolektív autorov, Krizový management: Případové bezpečnostní studie, 2013. Ekopress, s.r.o. Praha4, str.65-75, ISBN 978-80-86929-92-7.
- [2] Štorek J., Brehovská L., Smejkal P., Výpadky dodávek elektrické energie a funkčnost zdravotnických zařízení – šetření v JČ kraji. [online]. [cit. 26. 10. 2015]. Dostupné na: <http://www.unbr.cz/Data/files/Konf%20MEKA%202014/2MEKA2014%20%C5%A0torek.pdf>.
- [3] Smejkal P., Výpadek elektrického proudu a jeho následky v Jihočeském kraji. [online]. [cit. 26. 10. 2015]. Dostupné na: [http://theses.cz/id/oaagfy/Diplomov\\_prce\\_-\\_Smejkal\\_Pavel.pdf](http://theses.cz/id/oaagfy/Diplomov_prce_-_Smejkal_Pavel.pdf).
- [4] Hasičský záchranný sbor JMK, Rady pro občany – BLACKOUT. [online]. [cit. 26. 10. 2015]. Dostupné na: <http://krizport.firebrno.cz/navody/rady-pro-obcany-blackout>.
- [5] Beneš I., Odolnost proti blackoutu – základní pilíř lidské bezpečnosti. [online]. [cit. 26. 10. 2015]. Dostupné na: <http://www.casopisczechindustry.cz/products/odolnost-proti-blackoutu-zakladni-pilir-lidske-bezpecnosti/>.
- [6] Brehovská, L., Blackout. [online]. [cit. 28. 10. 2015]. Dostupné na: <http://casopis-zsfju.zsf.jcu.cz/kontakt/administrace/clankyfile/20120224122957973611.pdf>.
- [7] Jurečk V., Raučina M., Elektrická energia. 2005. [online]. [cit. 29. 10. 2015]. Dostupné na: [http://www.gjgt.sk/digitalna\\_studovna/fyzika/2005/4%20Elektricka%20energia,2005.doc](http://www.gjgt.sk/digitalna_studovna/fyzika/2005/4%20Elektricka%20energia,2005.doc).