



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ v PRAZE**  

---

**FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ**  
**Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**

# **Následky výpadku elektrické energie v pražském metru**

## **The consequences of power outage in Prague Metro**

**Bakalářská práce**

Studijní program: Ochrana obyvatelstva  
Studijní obor: Plánování a řízení krizových situací

Autor bakalářské práce: Marie Medová  
Vedoucí bakalářské práce: plk. RNDr. Tomáš Holec

---

**Kladno 2020**



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Medová** Jméno: **Marie** Osobní číslo: **473887**  
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**  
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**  
Studijní program: **Ochrana obyvatelstva**  
Studijní obor: **Plánování a řízení krizových situací**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Následky výpadku elektrické energie v pražském metru**

Název bakalářské práce anglicky:

**The Consequences of a Power Outage in the Prague Metro**

Pokyny pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude analýza následků výpadku elektrického proudu v pražském metru. V teoretické části budou vymezeny základní pojmy vztahující se k tématu, jako je kritická infrastruktura, blackout, elektrizační soustava. Práce bude pojednávat o principech fungování pražského metra jako systému, o možnostech napájení elektrickou energií, o systémech závislých na elektrické energii a o záložních zdrojích napájení, kterými systém metra disponuje. Praktická část se bude zabývat analýzou následků výpadku elektrické energie v pražském metru. Součástí praktické části bude řízený rozhovor s povolnou osobou ohledně dané problematiky.

Seznam doporučené literatury:

- [1] ŘEHÁK, David, Kritická infrastruktura elektroenergetiky: určování, posuzování a ochrana, Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013, ISBN 978-80-7385-126-2
- [2] PROCHÁZKOVÁ, Dana, Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení, Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2017, ISBN 978-80-01-06182-4
- [3] BREHOVSKÁ, Lenka, Blackout, Kontakt: Journal of nursing and social sciences related to health and illness, ročník 13, číslo 1, 2011, 107-111 s., ISSN 1212-4117

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

**RNDr. Tomáš Holec**

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **17.02.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **19.09.2021**

  
prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc., MBA, dr.h.c.  
podpis vedoucí(ho) katedry

  
prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.  
podpis děkana(ky)

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student(ka) bere na vědomí, že je povinnen(a) vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

20.2.2020

Datum převzetí zadání



Podpis studenta(ky)

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Následky výpadku elektrické energie v pražském metru“ vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

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

V Kladně dne 21.05.2020

.....

podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

V první řadě bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce panu plk. RNDr. Tomáši Holcovi za odborné vedení mé práce, cenné rady, trpělivost a čas strávený nad mou prací. Dále bych ráda poděkovala panu Ing. Petru Kysilko z Dopravního podniku hlavního města Prahy za poskytnutí rozhovoru a informací stěžejních pro mou práci. Mé poděkování patří také zaměstnancům Pražské energetiky, a. s. panu Ing. Jiřímu Hradeckému a panu Ing. Martinovi Schneiderovi za poskytnutí potřebných informací a za přínosné konzultace.

## **ABSTRAKT**

Obsahem této bakalářské práce je popis situace, odehrávající se v pražském metru při výpadku elektrické energie, na jaká zařízení závislá na elektrické energii má tento výpadek přímý vliv a jaké jsou následky výpadku.

V teoretické části jsou zakomponovány základní pojmy, je zde popsán systém fungování elektrizační soustavy v České republice. Dále je popsáno pražské metro jako systém a zařízení v metru, která jsou závislá na elektrické energii.

V praktické části jsou analyzovány následky výpadku elektrické energie. Jsou zde zobrazena slabá místa a nedostatky, které byly při zpracování práce objeveny a na které je třeba se zaměřit. Dále jsou popsána doporučení, jak tyto nedostatky eliminovat.

### **Klíčová slova**

Blackout; pražské metro; elektrická energie; kritická infrastruktura; elektrizační soustava; výpadek elektrické energie; následky výpadku elektrické energie.

## **ABSTRACT**

The content of this bachelor thesis is a description of the situation in which there is an outage in the Prague Metro's power supply. It examines which devices would be directly affected, and other potential consequences of this outage.

In the theoretical part, the basic concepts are defined, followed by a description of the electrical system in the Czech Republic, the Prague Metro system and the devices that are dependent on electrical power.

In the practical part, the consequences of an electrical power outage are analyzed. There is a description of weak points and shortcomings which have been found and need to be addressed. Furthermore, recommendations are offered on how to prevent any such problems.

## **Keywords**

Blackout; Prague Metro; electric power; critical infrastructure; power outage; consequences of power outage.

## Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíle práce.....	11
3	Přehled současného stavu.....	12
3.1	Kritická infrastruktura.....	12
3.1.1	Ochrana kritické infrastruktury.....	15
3.2	Legislativa související s oblastmi energetiky a dopravy.....	16
3.3	Hrozba.....	16
3.4	Energetika.....	18
3.4.1	Elektrická energie.....	18
3.4.2	Technická infrastruktura – Elektrizační soustava.....	18
3.4.2.1	Přenosová soustava.....	18
3.4.2.2	Distribuční soustava.....	20
3.4.2.3	Elektrická síť.....	20
3.4.3	Pražská energetika, a. s.....	21
3.4.4	Energetická bezpečnost.....	22
3.5	Blackout.....	22
3.5.1	Dělení blackoutu.....	24
3.5.2	Příčiny vzniku blackoutu.....	25
3.5.3	Dopady blackoutu.....	26
3.5.4	Obnova po blackoutu.....	27
3.5.5	Blackout a složky integrovaného záchranného systému.....	27
3.5.6	Varování obyvatelstva při blackoutu.....	30



3.6	Pražské metro.....	30
3.6.1	Historie Pražského metra.....	31
3.6.2	Vozidla.....	32
3.6.3	Ochranný systém metra .....	33
3.6.4	Metro a elektrotechnika.....	34
3.6.5	Systemy závislé na elektrické energii.....	35
4	Metodika.....	38
4.1	Řízený rozhovor.....	38
4.2	What-if Analysis .....	39
4.3	SWOT Analysis .....	40
5	Výsledky.....	41
5.1	Analýza následků výpadku elektrické energie.....	42
5.2	What-if Analysis .....	46
5.3	SWOT Analysis .....	47
6	Diskuze.....	48
7	Závěr.....	55
8	Seznam použitých zkratk.....	56
9	Seznam použité literatury.....	57
10	Seznam použitých obrázků .....	65
11	Seznam použitých tabulek.....	66
12	Seznam příloh.....	67

# 1 ÚVOD

V dnešní době, kdy na elektrickou energii, která je součástí každodenního života, funguje téměř, je nutné zabezpečit spolehlivost její dodávky. Jelikož bez ní by pražské metro nemohlo fungovat, je nezbytné se zaměřit na spojitost těchto dvou prvků.

Pražské metro je stěžejním prvkem pro fungování městské hromadné dopravy v Praze. Denně přepraví přes milión cestujících. Jeho využití však není jen přeprava osob, je také součástí systémů stálých úkrytů.

Vzhledem k tomu je důležité věnovat se možným krizovým scénářům spojených s elektrickou energií ve vztahu k fungování systému metra. Proto se tato práce zabývá následky výpadku elektrické energie v pražském metru.

## 2 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem této práce je analyzovat následky výpadku elektrického proudu v pražském metru. Tohoto cíle se dosáhne použitím analytických metod a řízeného rozhovoru s pracovníkem Dopravního podniku hlavního města Prahy.

Pro případné identifikované nedostatky či slabá místa v připravenosti pražského metra na výpadek elektrické energie, se sestaví doporučení vedoucí k odstranění těchto nedostatků.

## 3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

V následující kapitole jsou uvedeny pojmy, klíčové pro tuto práci. S těmito pojmy je následně pracováno i v dalších kapitolách.

Nejprve je důležité určit obecné informace týkající se kritické infrastruktury a její ochrany. Dále je osvětleno fungování elektrizační soustavy v České republice a fungování pražského metra jako systému. V neposlední řadě je klíčové vymezení pojmu blackout.

### 3.1 Kritická infrastruktura

Pojem kritická infrastruktura lze definovat jako systém prvků, jejichž narušení způsobuje zranitelnost celého systému. Aby bylo možné tyto prvky ochránit, musí být jejich odolnost proti dopadům mimořádných událostí a krizových situací navýšena, což znamená, že zranitelnost těchto prvků se sníží [1].

Podle zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon) se kritickou infrastrukturou rozumí: *„prvek kritické infrastruktury nebo systém prvků kritické infrastruktury, narušení, jehož funkce by mělo závažný dopad na bezpečnost státu, zabezpečení základních životních potřeb obyvatelstva, zdraví osob nebo ekonomiku státu“* [37, s. 5].

Ke zjištění, co vlastně kritická infrastruktura je, nám napomáhá definice jejích prvků. Podle výše zmíněného zákona se prvkem kritické infrastruktury rozumí: *„zejména stavba, zařízení, prostředek nebo veřejná infrastruktura, určené podle průřezových a odvětvových kritérií; je-li prvek kritické infrastruktury součástí evropské kritické infrastruktury, považuje se za prvek evropské kritické infrastruktury“* [37, s. 6].

Aby tedy bylo možné určit prvky kritické infrastruktury, musíme znát kritéria, podle kterých se prvky určují. Vymezení těchto kritérií najdeme v nařízení vlády č. 432/2010 Sb., o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury.

Průřezová kritéria:

*„Průřezovým kritériem pro určení prvku kritické infrastruktury je hledisko*

*a) obětí s mezní hodnotou více než 250 mrtvých nebo více než 2 500 osob s následnou hospitalizací po dobu delší než 24 hodin,*

*b) ekonomického dopadu s mezní hodnotou hospodářské ztráty státu vyšší než 0,5 % hrubého domácího produktu, nebo*

*c) dopadu na veřejnost s mezní hodnotou rozsáhlého omezení poskytování nezbytných služeb nebo jiného závažného zásahu do každodenního života postihujícího více než 125 000 osob“ [2, s. 41].*

Odvětvová kritéria:

*„Odvětvová kritéria pro určení prvku kritické infrastruktury jsou uvedena v příloze k tomuto nařízení“ [2, s. 41].*

V příloze pak nalezneme oblasti odvětvových kritérií, kterými jsou:

- energetika,
- vodní hospodářství,
- potravinářství a zemědělství,
- zdravotnictví,
- doprava,
- komunikační a informační systémy,

- finanční trh a měna,
- nouzové služby,
- veřejná správa [2].

Jelikož pro tuto práci jsou klíčová odvětví energetiky a dopravy, jsou zde vypsána odvětvová kritéria pro určení prvků kritické infrastruktury v oblasti energetiky a železniční dopravy, kam metro jako speciální dráha spadá [53, 54].

## *„I. ENERGETIKA*

### *A. Elektřina*

#### *A. 1 Výrobní elektrárny*

- a) výrobní s celkovým instalovaným elektrickým výkonem nejméně 500 MW,*
- b) výrobní poskytující podpůrné služby s celkovým instalovaným elektrickým výkonem nejméně 100 MW,*
- c) vedení pro vyvedení výkonu a zabezpečení vlastní spotřeby výrobní elektrárny,*
- d) dispečink výrobce elektrárny.*

#### *A. 2 Přenosová soustava*

- a) vedení přenosové soustavy o napětí nejméně 110 kV,*
- b) elektrická stanice přenosové soustavy o napětí nejméně 110 kV,*
- c) technický dispečink provozovatele přenosové soustavy.*

### A. 3 Distribuční soustava

a) *elektrická stanice distribuční soustavy a vedení o napětí 110 kV (stanice typu 110/10 kV, 110/22 kV a 110/35 kV a k nim patřící vedení se posuzují podle jejich strategického významu v distribuční soustavě),*

b) *technický dispečink provozovatele distribuční soustavy“ [2, s. 42].*

### „V. DOPRAVA

### B. Železniční doprava

a) *dráha celostátní, včetně jejích strukturálních součástí, pokud pro ni neexistují odklonové trasy s odpovídající traťovou třídou zatížení a prostorovou průchodností pro ložnou míru,*

b) *system správy a organizace řízení železničního provozu na železniční síti České republiky ve vztahu k evropské železniční síti, s ohledem na nově vzniklé podmínky zajištění součinnosti v rámci Evropského železničního řídicího systému (centrální, regionální a lokální dispečerská pracoviště)“ [2, s. 44].*

Z výše uvedených kritérií je vidět, že pražské metro prvkem kritické infrastruktury není [2].

#### 3.1.1 Ochrana kritické infrastruktury

Ochranou kritické infrastruktury se podle Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2013 s výhledem do roku 2020 rozumí „proces, který je zaměřen na takové zajištění fungování subjektů kritické infrastruktury a objektů, které vlastní nebo provozují, tak aby nedocházelo k jejich selhání při zohlednění všech možných rizik a hrozeb. Smyslem ochrany kritické infrastruktury musí být proto minimalizace dopadů

*výpadku činnosti těchto infrastruktur tak, aby narušení funkcí, činností nebo služeb bylo krátkodobé, málo četné, zvladatelné přinejmenším provizorním nebo alternativním způsobem a územně omezené tak, aby postihlo co nejmenší počet obyvatelstva“ [14, s. 9].*

### **3.2 Legislativa související s oblastmi energetiky a dopravy**

Klíčovým zákonem pro oblast energetiky je zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon). Tento zákon upravuje podmínky podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích. Mimo jiné jsou zde také definovány základní pojmy jako elektrizační soustava, distribuční soustava, přenosová soustava a další [30].

Stěžejním zákonem pro pražské metro je zákon č. 266/1994 Sb., o drahách. V tomto zákoně je metro označováno za speciální dráhu. Termínem speciální dráha je označováno i v dalších zákonech zabývajících se drážní tematikou [53].

Mezi další legislativu zabývajících se speciálními dráhami patří:

- vyhláška ministerstva dopravy č. 100/1995 Sb., kterou se stanoví podmínky pro provoz, konstrukci a výrobu určených technických zařízení a jejich konkretizace (Řád určených technických zařízení);
- vyhláška č. 173/1995 Sb., kterou se vydává dopravní řád drah;
- vyhláška č. 177/1995 Sb., kterou se vydává stavební a technický řád drah.

### **3.3 Hrozba**

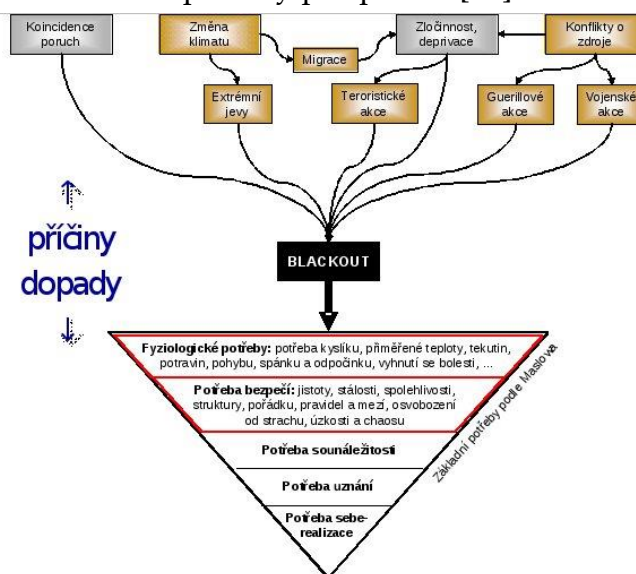
Pojem hrozba představuje nějaké nežádoucí působení, které má negativní vliv na bezpečnost. Hrozba existuje nezávisle na lidech, jejím dopadem je poškození



hodnoty. Hrozby lze dělit na živelné pohromy, havárie, chování jednotlivců a společenské a ekonomické jevy[15].

Definice podle bezpečnostní strategie z roku 2003 definuje hrozbu jako „jakýkoli fenomén, který má potenciální schopnost poškodit zájmy ČR. Hrozba může být přírodním, tedy na lidské činnosti přímo nezávislým jevem, nebo může být způsobena aktérem nadaným vůlí a úmyslem jedincem, skupinou, organizací, státem. Bezpečnostní strategie zohledňuje hrozby plynoucí z úmyslného jednání, které může poškodit zájmy a hodnoty ČR“ [27, s. 9].

S 21. stoletím přicházejí nové hrozby, především díky vyspělosti lidstva. Jedna z velkých hrozeb se bude týkat změn klimatu, které mohou zapříčinit omezení primárních zdrojů. V oblasti energetiky je důležité, aby byl stát schopen zajistit bezpečné dodávky elektřiny za přijatelné ceny. Změna klimatu však není jedinou hrozbou, bok po boku jí bude migrace, a to především environmentální migranti, kteří jsou nuceni opouštět svá obydlí z ekologických důvodů. Tyto hrozby mohou vyvolat další nežádoucí jevy, jako ozbrojené konflikty o zdroje, vojenské akce nebo teroristické akce, což může mít negativní vliv na energetiku a zapříčinit i blackout. Na obrázku níže je možné vidět, jaké jevy mohou ohrozit stát, občany a jejich základní potřeby pro přežití [16].



Obrázek 1 — Možné příčiny a dopady blackoutu [31]

## 3.4 Energetika

### 3.4.1 Elektrická energie

Česká republika získává elektrickou energii z několika zdrojů, kterými jsou:

- tepelné elektrárny,
- vodní elektrárny,
- jaderné elektrárny,
- fotovoltaické elektrárny,
- větrné elektrárny.

Díky těmto zdrojům elektrické energie je Česká republika nezávislá na ostatních státech, co se kapacity týče, a vzhledem ke geografické poloze je součástí obchodů s elektrickou energií v Evropě. Česká republika je propojena s Německem, Rakouskem, Slovenskem a Polskem. Export elektrické energie z České republiky se rok od roku zvyšuje. Aby to tak mohlo být i nadále, je nutná výstavba nových sítí [9].

### 3.4.2 Technická infrastruktura – Elektrizační soustava

Energetický zákon definuje elektrizační soustavu České republiky (dále jen „ČR“) jako *„vzájemně propojený soubor zařízení pro výrobu, přenos, transformaci a distribuci elektřiny, včetně elektrických přípojek, přímých vedení, a systémy měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky“* [30].

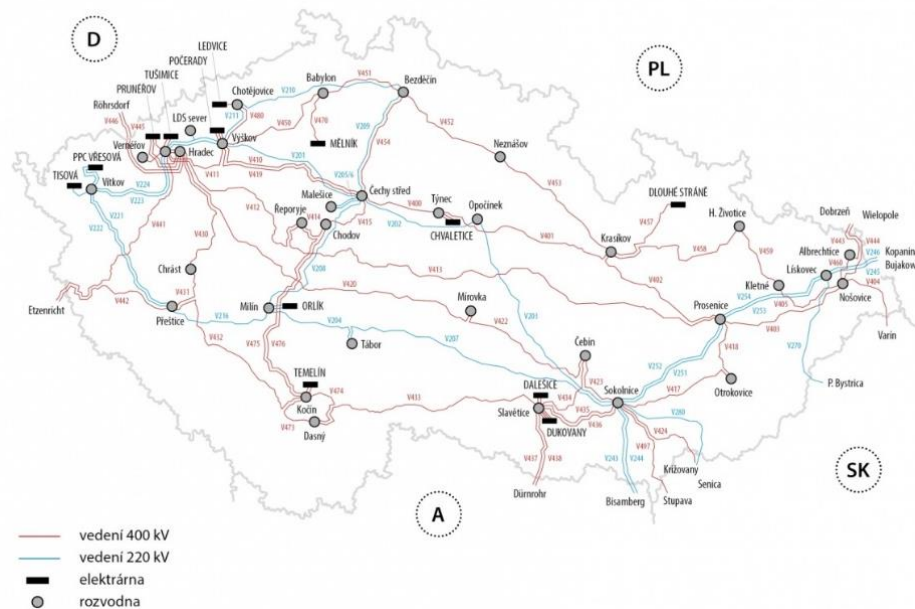
#### 3.4.2.1 Přenosová soustava

Před rokem 1919 nebyly žádné přenosové ani rozvodové soustavy, elektřina se vyráběla pouze tam, kde byla potřeba, a nebyla nikam rozváděna. Páteřní

soustava neboli přenosová soustava 400 kV a 200 kV rozvádí elektrickou energii po celém území ČR a je také napojena na evropskou mezinárodní přenosovou soustavu. Přenosová soustava tedy slouží k přenosu velkého množství elektrické energie na velkou vzdálenost [10].

Podle energetického zákona se přenosovou soustavou rozumí „vzájemně propojený soubor vedení a zařízení 400 kV, 220 kV a vybraných vedení a zařízení 110 kV, uvedených v příloze Pravidel provozování přenosové soustavy, sloužící pro zajištění přenosu elektřiny pro celé území České republiky a propojení s elektrizačními soustavami sousedních států, včetně systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky; přenosová soustava je zřizována a provozována ve veřejném zájmu“ [30].

Provozovatelem přenosové soustavy v České republice je společnost ČEPS a. s.



Obrázek 2 — Schéma přenosové soustav — síť 400 kV a 220 kV [32]

### 3.4.2.2 Distribuční soustava

Distribuční soustava slouží k rozvodu elektrické energie v krátkých vzdálenostech, což znamená z přenosové soustavy ke spotřebitelům. Soustava má několik částí jako jsou informační, měřicí, ochranné, řídicí a zabezpečovací sektory. Napětí je o poznání menší než u přenosové soustavy a to mezi 0,23 a 110 kV [11].

*Podle energetického zákona je distribuční soustava definována jako „vzájemně propojený soubor vedení a zařízení o napětí 110 kV, s výjimkou vybraných vedení a zařízení o napětí 110 kV, která jsou součástí přenosové soustavy, a vedení a zařízení o napětí 0,4/0,23 kV, 1,5 kV, 3 kV, 6 kV, 10 kV, 22 kV, 25 kV nebo 35 kV sloužící k zajištění distribuce elektřiny na vymezeném území České republiky, včetně systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky včetně elektrických přípojek ve vlastnictví provozovatele distribuční soustavy; distribuční soustava je zřizována a provozována ve veřejném zájmu“ [30].*

V současné době jsou na území ČR tři provozovatelé distribuční soustavy, E.ON Distribuce a. s., ČEZdistribuce, a. s., PREdistribuce, a. s. [11].

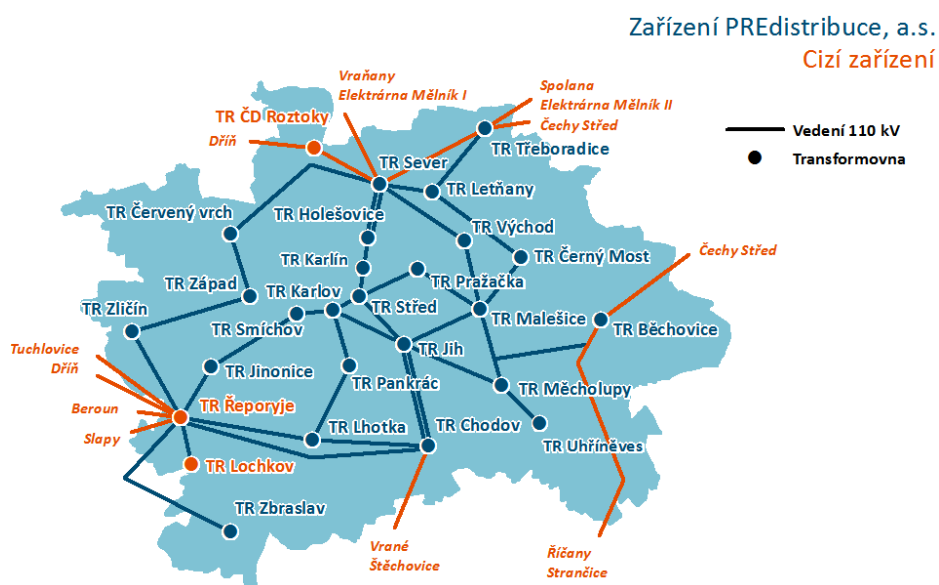
### 3.4.2.3 Elektrická síť

V řetězci přenosu elektrické energie z elektrárny až do našich zásuvek je koncovou fází právě distribuční elektrická síť. Její součástí jsou transformátory a trafostanice, které přenáší elektrický proud o napětí 230 V. Elektrický proud je zde střídavý [11].

### 3.4.3 Pražská energetika, a. s.

Pražská energetika, a. s. neboli PRE, je v současné době třetím největším dodavatelem elektrické energie v České republice a stoprocentním vlastníkem distributora PREdistribuce a. s. Mezi hlavní činnosti PRE patří prodej a obchodování s elektřinou a plynem, výroba elektrické energie, distribuce elektřiny a poskytování energetických služeb. Kořeny PRE můžeme najít již v roce 1897. V tomto roce byly založeny Elektrické podniky královského hlavního města Prahy. Dnes PREdistribuce, a. s. obsluhuje více než 800 000 odběrných míst v Praze a v Roztokách u Prahy. Pražská energetika, a. s. obchoduje s elektřinou a plynem jak na distribučním území PREdistribuce, a. s., tak i po celém území ČR [21].

Distribuční soustava PREdistribuce, a. s. je tvořena kabelovým vedením, jehož délka je 12 276 km, 25 trafostanicemi, ve kterých je transformace 110/22 kV, a dále 4876 transformačními stanicemi. To vše na území velkém 505 km<sup>2</sup> v Praze, ve městě Roztoky a v obci Žalov. Veškeré sítě, které PREdistribuce, a. s. provozuje, jsou součástí kritické infrastruktury ČR [22].



Obrázek 3 — Polohopisné schéma vedení 110 kV [33]

#### **3.4.4 Energetická bezpečnost**

Energetická bezpečnost je stav, kdy je zajištěna plynulost nezbytných dodávek elektrické energie a energetických služeb, které chrání zájmy státu. Bezpečnostní hrozby elektroenergetiky nějakým způsobem ohrožují výrobu, přenos či distribuci elektrické energie [1].

Nejvíce zranitelná je pak elektrizační soustava a to stožáry vedení 400 kV a transformátory 400/110 kV, které jsou součástí přenosové soustavy. Pokud nastane situace, kdy bude fungování přenosové soustavy přerušeno na delší dobu, následky budou katastrofální. Možným východiskem je vybudování ostrovních systémů distribučních soustav tak, aby nebyly závislé na přenosové soustavě. Tím by byl dopad blackoutu zhruba stokrát menší [16].

### **3.5 Blackout**

Blackout neboli rozsáhlý výpadek elektrické energie na velkém území trvajícím desítky hodin nebo dnů, ohrožuje životy lidí, fungování státu, ale hlavně ovlivňuje ekonomiku zasaženého území. Je typický tím, že jeho sekundární důsledky převyšují ty primární. Výpadek elektrické energie tudíž vyvolá takzvaný domino efekt, a rázem jsou ohrožovány i prvky kritické infrastruktury. K tomu, aby bylo možné eliminovat následky výpadku elektrické energie, je zapotřebí čerpat z předchozích zkušeností [7].

Příčina blackoutu nikdy není jen jedna, vždy mu předchází několik na sobě závislých událostí. Ty mohou eskalovat nebo způsobit domino efekt a vyvolat další nepříznivé události, jejichž důsledkem je právě blackout [16].

Elektrická energie je specifická tím, že ji nelze skladovat, je tedy nutné, aby poměr vyrobené a spotřebované energie byl v rovnováze. Pokud dojde k narušení rovnováhy, jsou spuštěna ochranná opatření zabraňující zhroucení systému [7].

Výpadky elektrické energie mohou být krátkodobé či dlouhodobé. Krátkodobé výpadky však nelze nazývat blackoutem. Ty dlouhodobé mají nepříznivý vliv na obyvatelstvo, personál a pracovníky podílející se na záchranných a likvidačních pracích, a provoz zdravotnických zařízení je omezen. Mohou však také zapříčinit vznik epidemie či jiné krizové situace [7].

V případě, že by blackout zasáhl Prahu, nastane velký zmatek především v dopravě, budou přerušeny dodávky vody, tepla, pohonných hmot, nastanou problémy s odpady a kanalizací, vznikne panika a další. Ihned po vypuknutí blackoutu jsou zahájeny záchranné a likvidační práce pomocí všech složek IZS. Pokud blackout přetrvává po dobu delší než 6 hodin, svolávají se krizové štáby, ty rozhodují o dalších postupech, zaměřují se především na zabezpečení fungování zdravotnických zařízení, škol, domovů pro seniory a záchranných sborů [23].

Dle odhadu jsou lidé ve městech při rozsáhlém výpadku elektrické energie v kombinaci s jinými negativními jevy schopni přežít 2 až 4 dny. Pokud se jedná o nemocné, staré, zdravotně postižené či bezdomovce, odhaduje se o dost méně než zmíněné 2 až 4 dny. Tito lidé by byli s největší pravděpodobností přednostně evakuováni, právě z důvodu, že jejich šance na přežití jsou znatelně menší, než je tomu u soběstačných obyvatel [23].

Státy, které už blackout v minulosti postihl, se začaly zabývat prevencí a možnými zabezpečeními pro případ blackoutu. Z ekonomického hlediska je důležité zabezpečit zásobování elektrickou energií. Například ve smlouvě od dodavatele by měla být přesně stanovena odpovědnost za přerušení dodávky a výše a způsob kompenzace pro odběratele [16].

### 3.5.1 Dělení blackoutu

Z časového hlediska a podle příčiny vzniku blackoutu ho lze rozdělit do tří stupňů.

Blackout prvního stupně je situace, při které dojde k přerušení provozu přenosové soustavy, přičemž poškození této soustavy je ale nulové anebo opravdu malé a rychle opravitelné. Příkladem je výpadek elektrické energie zapříčiněný nerovnováhou výroby a spotřeby. Obnova tohoto výpadku je v řádu několika hodin [28].

Blackout druhého stupně je jev, kdy v případě poškození více než jednoho vedení přenosové soustavy může dosáhnout jeho trvání několika dnů či týdnů. K blackoutu druhého stupně dochází často při různých bouřích či orkánech, které zapříčiňují pády stromů na elektrické vedení nebo stožáry přenosové soustavy [28].

Blackout třetího stupně může trvat déle než blackout druhého stupně. Je možné ho vyvolat úmyslným činem a to například cíleným útokem na transformátory propojující přenosovou a distribuční soustavu, které je možné poškodit třeba ručními střelnými zbraněmi. Oprava těchto transformátorů je finančně i časově náročná a může trvat až měsíce [28].



Vzhledem k délce a závažnosti výpadku elektrické energie můžeme tyto výpadky rozdělit do tří kategorií.

Dropout neboli milisekundový výpadek zapříčiněný dočasnou poruchou na elektrickém vedení [26, 29].

Brownout je úmyslný či neúmyslný pokles napětí. Úmyslné snížení se používá ke snížení zátěže. Neúmyslně k němu může dojít, pokud je narušena elektrická síť [26, 29].

Blackout neboli úplné přerušení napájení v dané oblasti. Může trvat minuty až týdny. Vše záleží na důvodu vzniku blackoutu a velikosti poškození systému. Přichází bez varování a obvykle je způsoben katastrofickou poruchou zařízení [26, 29].

### **3.5.2 Příčiny vzniku blackoutu**

Podmětů, které zapříčiní vznik blackout, může být mnoho. Pro tento účel je možné tyto podmínky rozdělit do několika skupin podle příčiny vzniku. Nejpravděpodobnější příčinou je, že dojde k několika pohromám najednou [8].

- Přírodní živly (větrná smršť, dlouhotrvající sněžení, silná námraza...).
- Velký přetok energie ze zahraničních rozvodných soustav (produkce elektřiny ze zahraničí náhle stoupne a nepodaří se vyrovnat spotřeba).
- Velkým odběrem energie ze zahraničí (startování větrných elektráren v Německu).
- Technické porucha (požár transformátoru, opotřebenosti materiálů, nedostatečná údržba...).
- Lidský faktor, lidské chyby.

- Teroristický útok, kriminální čin, válka (destrukce trafostanic, kybernetický útok...) [8, 34].

### 3.5.3 Dopady blackoutu

Dopady můžeme dělit podle doby trvání výpadku elektrické energie do tří fází. V té první si nejvíce budeme všimnout nefunkčnosti osvětlení, výtahů, otevírání vrat a garáží, nebudou fungovat semaforey, závory a signalizace na vlakových přejezdech, platební terminály a bankomaty, uzavřou se čerpací stanice pohonných hmot, dojde ke kolapsu v dopravě [26].

V druhé fázi, která nastává po několika hodinách, si uvědomíme, že jsme bez dodávek vody, plynu, tepla, nechytáme signál na mobilních telefonech ani u pevných linek [26].

Ve třetí, poslední fázi, po desítkách hodin, nastane problém v zásobování potravin, léčiv, pohonných hmot, k lidem se nedostávají informace o dané situaci a přístup k nim je omezený, může však být i zvýšena kriminalita a s tím spojené narušení veřejného pořádku [26].

Narušeny jsou každodenní činnosti obyvatel. V dnešní době, kdy je k fungování spotřebičů zapotřebí elektrická energie, není díky výpadku možné vařit, prát, koupat se v teplé vodě, topit, žehlit, svítit, sledovat televizi, poslouchat rádio (pokud není na baterie), nabíjet mobilní telefony a další elektrická zařízení. Dopad bude mít vliv i na čerpací stanice, tudíž pohonné hmoty určené občanům budou silně omezeny. Přestože městská hromadná doprava má své čerpací stanice, blackout bude mít dopad i na ně, provoz tramvají, autobusů i metra bude redukován či přerušen. Vše ale záleží na rozsahu a délce výpadku elektrické energie. Obchody, banky i telekomunikační sítě potřebují k fungování elektrickou energii, jejich fungování tím pádem bude také

ohroženo. V případě bank může dojít ke škodám vzniklých ztrátou datových údajů. Dopady blackoutu zasáhnou i životní prostředí, především z důvodu používání většího množství diesellových generátorů, než je běžné [7].

#### **3.5.4 Obnova po blackoutu**

Nejprve musí být obnovena dodávka do jaderných elektráren Temelín a Dukovany, jelikož reaktory je potřeba chladit. Postupně se pak obnovují elektrárny přenosové soustavy. Co se týče měst, jako první je na řadě Praha, poté ostatní velká města. Provozovatelé distribučních soustav mají zpracovány plány prioritního obnovení, podle kterých v přesném pořadí postupují. Nejdůležitější je dodání elektřiny do nemocnic a institucí důležitých pro fungování státu. Velmi důležitá je zde komunikace mezi jednotlivými prvky elektrizační soustavy [17].

V Praze je hned několik rozvodů, ty hlavní jsou v Řeporyjích, na Chodově a v Malešicích. Po tom, co je napětí dodáno do těchto rozvodů, musí být postupováno systematicky a zvažít, co se „rozsvítí“ jako první. Délka intervalu, za jak dlouho bude vše obnoveno, záleží na příčině blackoutu, na jeho rozsahu a v neposlední řadě na velikosti poruch. Nelze připojit celou Prahu najednou, jelikož by celý systém mohl zkolabovat [17].

#### **3.5.5 Blackout a složky integrovaného záchranného systému**

Složky integrovaného záchranného systému (dále jen „IZS“) jsou potřebné za každého krizového stavu. Jinak tomu není ani v případě blackoutu. Zde jsou rozepsány úkoly a činnosti jednotlivých složek při blackoutu.

## **Hasičský záchranný sbor České republiky a jednotky sborů dobrovolných hasičů**

Pokud je vyhlášen krizový stav, Hasičský záchranný sbor České republiky (dále jen „HZS ČR“) zastává výkonné a řídicí funkce. V případě, že blackout zasáhne hlavní město Prahu, je možné okamžitě nasadit 200 až 400 hasičů, kteří se podílí na záchraně životů, zdraví a majetku. Nápomocné jim budou jednotky sborů dobrovolných hasičů, ty spadají do plošného pokrytí poplachových plánů IZS. Jejich nevýhodou však je, že příslušníci těchto jednotek nejsou v přímém služebním postavení [23].

## **Policie České republiky**

Hlavním úkolem Policie České republiky (dále jen „PČR“) při blackoutu je zajištění bezpečnosti, pořádku, případně pomoci s evakuací, ať už by se jednalo o doprovod evakuovaných, zabezpečení evakuačních zón či ochranu objektů. Je také možné, že dojde k nárůstu kriminální činnosti, jejíž řešení taktéž spadá do kompetencí PČR. V tomto případě by policistům mohli být nápomocni i příslušníci Armády České republiky [23].

## **Zdravotnická záchranná služba**

Při blackoutu, jako při každé další mimořádné situaci by zdravotnická záchranná služba (dále jen „ZZS“) řešila prioritně akutní pacienty za spolupráce s nemocničními a zdravotnickými zařízeními. Dále by se zapojila do převozu pacientů z nemocnic zasažených blackoutem do jiných zařízení. Pokud by si to situace vyžadovala, doplní členy ZZS odborný personál z jiných nemocnic či resortů [23].

## Armáda České republiky

Úkoly Armády České republiky v oblasti ochrany obyvatelstva jsou přesně vymezeny v zákoně č. 219/1999 Sb., o ozbrojených silách České republiky. Podle tohoto zákona lze armádu použít:

*„a) ke střežení objektů důležitých pro obranu státu,*

*b) k plnění úkolů Policie České republiky, pokud síly a prostředky Policie České republiky nebudou dostatečné k zajištění vnitřního pořádku a bezpečnosti, a to na dobu nezbytně nutnou,*

*c) k záchranným pracím při pohromách nebo při jiných závažných situacích ohrožujících životy, zdraví, značné majetkové hodnoty nebo životní prostředí nebo k likvidaci následků pohromy,*

*d) k odstranění jiného hrozícího nebezpečí za použití vojenské techniky,*

*e) k letecké dopravě ústavních činitelů,*

*f) k zabezpečení letecké zdravotnické dopravy,*

*g) k zabezpečení dopravy pro vlastní potřeby,*

*h) k poskytování leteckých služeb,*

*i) k zabezpečování dopravy na základě rozhodnutí vlády,*

*j) k zabezpečení kulturních, vzdělávacích, sportovních a společenských akcí,*

*k) k plnění humanitárních úkolů civilní obrany“ [24].*

Při blackoutu armáda poskytne prostory pro nouzové ubytování, zařízení sloužící k zásobování vodou, záložní zdroje elektrické energie, síly nápomocné k zajištění bezpečnosti. Armáda je dále schopna povolát odřady pro evakuaci a humanitární pomoc, odřady pro nouzové ubytování, odřady pro vývoz a výdej náhradního ošacení a další [23].

### **Správa státních hmotných rezerv**

Hlavní činností Správy státních hmotných rezerv (dále jen „SSHR“) je plnění požadavků chybějící techniky, materiálů, léků a dalšího. Za předpokladu blackoutu je zapotřebí, aby SSHR poskytla nádrže na vodu, elektrocentrály, humanitární materiál, soupravy potřebné k zajištění osvětlení, přenosné radiové vysílače či televize a další materiál [23].

### **3.5.6 Varování obyvatelstva při blackoutu**

V případě blackoutu není možné informovat obyvatelstvo prostřednictvím televize či rozhlasu, jak tomu je při jiných krizových situacích. Jednou z možností je vytvoření skupiny pracovníků, kteří by informovali obyvatele například obcházením obydlení, dále je nutné vytvořit humanitní a informační centra, ve kterých se lidem dostane potřebných informací, potravin, vody a dalšího [23].

## **3.6 Pražské metro**

Metro je kostrou celé hromadné dopravy v Praze. Poskytuje rychlou přepravu cestujících, převážně podpovrchovou. První soupravy vyráží z dep každé ráno před pátou hodinou a vrací se zpět po půlnoci, během celého dne přepraví více než milion cestujících. Díky tomu, že je metro vedeno hlavně podzemními tunely, není ohrožováno provozem a případnými kolizemi v nadpovrchovém provozu [5].

Celková délka tunelů je 108 kilometrů, ze kterých je 88 km jednokolejných a 20 km dvojkolejných. Délka všech kolejí v metru je 169 km. V prostorách všech těchto tunelů je rozprostřeno 61 stanic, z toho tři přestupní (Můstek, Florenc, Muzeum). Nejdelší trasou je trasa B s 26 kilometry a 24 stanicemi, 23 kilometrů a 20 stanic má trasa C a nejkratší trasou je trasa A s jejími 17 kilometry a 17 stanicemi [12].

### 3.6.1 Historie Pražského metra

Pražské metro je v provozu již od roku 1974. První vlak vyjel ze stanice Kačerov 9. května 1974. Tento vlak dále pokračoval přes stanice Budějovická, Mládežnická (Pankrác), Pražského povstání, Gottwaldova (Vyšehrad), I. P. Pavlova, Muzeum, Hlavní nádraží, které bylo první postavenou stanicí v Praze, do stanice Sokolovská (Florenc). V roce 1978 pak byl zahájen provoz na lince a mezi stanicemi Leninova (Dejvická) – Náměstí Míru. Ten samý rok byla zahájena výstavba trasy B. První vlaky byly na trase B vidět až v roce 1985 v úseku Smíchovské nádraží – Sokolovská. Mezitím však byly otevřeny nové stanice na lince C (Kačerov – Kosmonautů (Háje), Sokolovská – Fučíkova (Nádraží Holešovice)) a na lince A (Náměstí mírů – Želivského). V dalších letech pak byl otevřen úsek na lince B (Nové Butovice – Smíchovské nádraží) a na lince A stanice Strašnická. V roce 1990 bylo přejmenováno třináct stanic tak, jak je známe dnes, a zároveň byl spuštěn provoz mezi stanicemi Florenc a Českomoravská. Dalšími otevřenými úseky pak byly postupně Nové Butovice – Zličín (1994), Českomoravská – Černý most (1998), Nádraží Holešovice – Ládví (2004), vznik a otevření stanice Depo Hostivař (2006), Ládví – Letňany (2008) [3].

Nejnovější úsek je na lince A, a to mezi stanicemi Dejvická – Nemocnice Motol, který byl otevřen v dubnu 2015 [4].

Nyní je v plánu výstavba linky D, o které se hovořilo už před rokem 1989. Projekt výstavby byl však schválen až roku 2013. Do provozu ale linka D nebude spuštěna dříve než za dva roky. Tato linka by měla vést z Náměstí Míru do Depa Písnice přes zastávky Náměstí bratří Synků, Pankrác, Olbrachtova, Nádraží Krč, Nemocnice Krč, Nové Dvory, Libuš a Písnice [12].



Obrázek 4 – Historická souprava Ečs, první typ vlaku metra [35]

### 3.6.2 Vozidla

V současné době se v pražském metru můžeme setkat se dvěma druhy vozidel. Soupravou M1 a modernizovanou soupravou 81-71M.

Souprava M1, vyrobená ČKD dopravními systémy Adtranz a Siemens, byla dodávána do pražského dopravního podniku v letech 2000–2005. Kapacita míst k sezení je 224 a ke stání 1 240 při obsazenosti 8 osob na metr čtvereční. Řízení je v této soupravě automatizováno, a tak je úkolem strojvedoucího především kontrolování, zda je všechno tak, jak má být, a následně obsluha (pokyn pro otevírání, zavírání dveří...). Pokud ale hrozí nebezpečí, musí být schopen soupravu zastavit. Ve vozidlech jsou dva různé typy elektrických sítí, 110 V a 3x400 V střídavých. Baterie jsou také dvě, hlavní je olovněná s kapacitou



110 Ah a napětím 100 V stejnosměrné. Tuto hlavní baterii najdeme v předních vozech. Dále se ve vozech nachází malá baterie, ta zajišťuje provoz v případě výpadku energie a to po dobu až tří hodin. Vozy soupravy M1 potkáme na lince C [19].

Soupravu 81-71M vyráběla společnost Škoda a. s. Plzeň modernizací vozů 81-71. Modernizace probíhala v letech 1996–2011 a byla provedena za účelem prodloužení životnosti vozů, snížení spotřeby energie, zvýšení spolehlivosti a úrovně cestování. Maximální kapacita soupravy je 1 526 osob. Motorové vozy jsou vybaveny akumulátorovými bateriemi. Soupravou 81-71M se můžeme svézt na trasách A a B [20].

### 3.6.3 Ochranný systém metra

Přestože primárním úkolem pražského metra je přeprava cestujících, zabezpečuje také ukrytí obyvatelstva, což je nazýváno jako ochranný systém metra (OSM). Tento systém je využíván za předpokladu mimořádné události, při které je nutné využití úkrytů, anebo když dojde k vyhlášení stavu ohrožení státu, případně válečného stavu. Existují tři možné formy, kterými systém metra může plnit úkoly ochrany obyvatelstva. Zaprvé je to předem zmíněný ochranný systém metra, zadruhé mohou být tunely využívány k odvedení osob z centra do okrajových stanic/částí, a zatřetí systém metra poslouží k poskytnutí elektřiny či vody [6].

Tunely jsou účinnou ochranou i proti zbraním hromadného ničení, díky konstrukci, výšce tunelů, tlakové a plynové odolnosti, členitosti tratí a dalšího technického vybavení metra [6].

Každá z tratí je rozdělena na několik menších úseků, kde je možné ukrytí deseti až patnácti tisíc osob. Všechny úseky mají vlastní zásobování vzduchem,

vodou a provozními hmotami. Trasa A je schopna pojmout 116 000 osob, vstupy do úkrytů jsou ze stanic Dejvická, Můstek, Muzeum, Náměstí Míru, Jiřího z Poděbrad, Želivského a Skalka. Do úkrytů na trase B je možné vstoupit stanicemi Zličín, Stodůlky, Lužiny, Nové Butovice, Radlická, Smíchovské nádraží, Karlovo náměstí, Náměstí Republiky a Křižíkova. Celková kapacita činí 130 500 osob. Na Trase C se ukryje nejmenší množství osob, a to 85 500, vstupy jsou možné ze stanic Opatov, Roztyly, Vltavská, Kobylisy, Ládví [6].

O ochranný systém metra se stará odbor Provozně-technický, ten obstarává provoz, dbá na údržbu a zajišťuje potřebné opravy. Také zpracovává Plán krizové připravenosti a Povodňový plán. To pořád není vše. Jak už bylo řečeno, OSM má vlastní systém zásobování vody. Aby bylo možné tuto vodu využít, musí docházet k pravidelným kontrolám a rozborům pitné vody a provozních hmot. Voda je do sítě metra vedena z městských vodáren, vodovody jsou vedeny tunely a propojují jednotlivé stanice mezi sebou [25].

Pražské metro disponuje čtyřmi technickými centry, odkud jsou spravovány a sledovány technologické celky, jako je vzduchotechnika, vodní hospodářství nebo vytápění. Dále disponují energocentry a zásobníky pohonných hmot, speciální filtroventilační vzduchotechnikou, vodojemy a řídicím úsekem OSM. Technická centra jsou utajována a střežena [25].

#### **3.6.4 Metro a elektrotechnika**

Metro je největším odběratelem elektrické energie v Praze a okolí. Za rok 2018 byla pražským metrem a tramvajemi spotřeba elektrické energie 243 000 000 kWh, za kterou bylo zapláceno 522 000 000 Kč. Oddělení zabývající se odvětvím elektrotechniky funguje již od roku 1971, toto oddělení je děleno na dva útvary, štábní a provozní. Náplní práce štábního útvaru je zajistit, aby práce provozního útvaru probíhala plynule, čímž můžeme rozumět

technickohospodářskou a administrativní činnost. Provozní oddělení má na starosti mimo jiné měření elektrických veličin, monitorování rozvaděčů, rozvody pro chod motorů u eskalátorů, vzduchotechniky, čerpací stanice a dalších. Elektrodispečer je nedílnou součástí Elektrotechnické služby pražského metra, ten neustále monitoruje stav všech zařízení a může ovládat, na jaký výkon budou fungovat [12,13].

Elektrickou energii metro čerpá od společnosti PREDistribuce, a. s., z jejichž rozvodu je vedena v kabelech. Tyto kabely jsou umístěny v tunelech v zemi. Jejich celková délka je 493 kilometrů s napětím 22 kV. Na každé zastávce metra najdeme elektrickou stanici, která je důležitá pro zásobování metra elektrickou energií. Existují dva druhy elektrických stanic, prvním druhem jsou distribuční transformovny přeměňující napětí z 22 kV na 400/230 V, ty slouží pouze k potřebě dané stanice. Těchto transformoven je celkem 25. Druhým typem jsou měnící a distribuční transformovny, plní stejnou funkci jako první druh, s tím rozdílem, že navíc usměrňují napětí 22 kV na trakční napětí 825 V. Těch je v pražském metru celkem 45. Velmi důležitými zařízeními, která jsou umístěna v každé elektrostanici, jsou transformátory v celkovém počtu 342. Pokud dojde k náhlému výpadku napájení, jsou v rozvodnách umístěny akumulátorové baterie [12, 13].

### **3.6.5 Systémy závislé na elektrické energii**

#### **Osvětlení**

Jelikož velká část pražského metra vede pod povrchem, je zapotřebí umělého osvětlení. Systém osvětlení je dělen na normální, náhradní, nouzové a únikové. Normální se pak ještě dělí na hlavní a pomocné. Za normálního stavu je všude rozsvíceno hlavní, pomocné a nouzové osvětlení. V noci, kdy metro nejedí, funguje jen pomocné a nouzové osvětlení. Pokud normální osvětlení přestane

fungovat, automaticky se zapne únikové osvětlení, do deseti vteřin následuje i nouzové, jehož fungování by měla být nejméně jedna hodina [18].

Dříve se nouzové osvětlení napájelo ze stejných baterií, které jsou umístěny ve vozech. V dnešní době je nouzové, únikové i náhradní osvětlení napájeno ze staničních baterií [18].

## **Vzduchotechnika**

Zařízení vzduchotechniky zajišťuje vhodné tepelně vlhkostní podmínky prostředí pro cestující a zaměstnance. V metru se můžeme setkat se dvěma systémy vzduchotechnického zařízení a to s hlavním větráním a staniční vzduchotechnikou.

Zařízení hlavního větrání zajišťuje dané prostředí v traťových tunelech, veřejných částech stanic. Tento systém pracuje na dva režimy, zimní a letní. V zimním režimu je vzduch ohříván, aby měl teplotu nejméně +5°C. V letním režimu se směr proudění vzduchu obrátí a zajišťuje, aby teplota ve stanicích byla maximálně o 3 stupně vyšší, než venkovní teplota.

Staniční vzduchotechnika zajišťuje větrání služebních a technologických místností. K větrání dochází nasáváním vzduchu z tunelů či vestibulů, ten se dále filtruje a případně ochlazuje či otepluje, aby byla dosažena ideální teplota [38].

## **Sdělovací zařízení**

Systém sdělovacího zařízení zabezpečuje především rychlý přenos informací, ať už mezi pracovníky dopravního podniku, či k podání informací cestujícím. V každé stanici metra je umístěna sdělovací místnost o velikosti nejméně 25 m<sup>2</sup>.

Komunikaci v metru zajišťuje několik zařízení, jako je telefonní zařízení, zařízení pro rádiové spojení, hodinové zařízení, automatický systém, elektrická zabezpečovací signalizace, elektrická požární signalizace, staniční rozhlas, průmyslová televize, zařízení pro navádění zrakově postižených a sdělovací kabely. Součástí telefonních zařízení je i nouzový spoj. Ten zajišťuje spojení mezi zaměstnanci v tunelech s vlakovými dispečery [39].

### **Zabezpečovací zařízení**

Slouží k zabezpečení plynulosti a bezpečnosti ve vlakové dopravě. Zabývá se především intervaly mezi jednotlivými vlaky. Zabezpečovacích zařízení v metru jsou tři druhy. Staniční zabezpečovací zařízení, které zajišťuje jízdní cesty ve stanicích, traťové bezpečnostní zařízení, zabezpečující jízdy vlaků mezi stanicemi, vlakové zabezpečovací zařízení sloužící ke kontrole rychlosti vlaků [40].

## 4 METODIKA

V této práci jsem použila dvě různé analytické metody, a to What-if Analysis a SWOT Analysis. Ke sběru dat jsem využila rozhovoru, sestavila jsem seznam otázek, na které mi odpověděl kompetentní pracovník pražského metra.

### 4.1 Řízený rozhovor

Rozhovor neboli interview patří mezi základní sociologicky výzkumné techniky, které slouží ke sběru dat. Rozhovor je metoda sběru dat formou dotazování. Je přesně dáno, kdo je tazatel a kdo odpovídá. Tazatel pokládá otázku za otázkou. Pořadí otázek je jasně dané a je těžké některou z otázek vynechat. Technika tohoto výzkumu přináší kvalitní výsledky [41].

Řízený rozhovor je metoda řídicí se metodologickými principy. Pokládané otázky jsou věcné, jasné a směřující k cíli výzkumu. Neměly by být zavádějící, nejasné či mnohoznačné. Je dobré, když se otázky vzájemně doplňují či ověřují. Důležitou součástí je vytvoření dobré atmosféry mezi tazatelem a odpovídajícím, měla by mezi nimi být důvěra zajišťující pravdivé a objektivní odpovědi [42].

Při tvorbě rozhovoru jsem si nejprve stanovila, čeho chci rozhovorem docílit. Hlavním cílem bylo zjištění, zda a jak jsou v metru připraveni na blackout a jeho následky. Otázky jsem rozdělila na několik okruhů týkajících se záložních zdrojů napájení, osvětlení, komunikace, cvičenosti personálu a dalších.

Odpovídajícím v mém rozhovoru byl pan inženýr Petr Kysilko, vedoucí jednotky Technologická zařízení a OSM z Dopravního podniku hlavního města Prahy. S rozhovorem jsem pana inženýra Kysilko seznámila již na první schůzce, během které jsem obdržela obecné informace týkající se případného blackoutu v metru. Z těchto informací jsem vycházela při vytváření otázek do rozhovoru.

Další informace jsem získala od pana inženýra Jiřího Hradeckého ze společnosti PREdistribuce, a. s., který mi poskytl informace, jak případný blackout v návaznosti na pražské metro vidí PREdistribuce, a. s.

Původně měl být rozhovor proveden osobně. Vzhledem ke vzniklé situaci (vyhlášení nouzového stavu) to nebylo možné, a tak rozhovor proběhl elektronickou formou pomocí e-mailu. Pan inženýr Kysilko byl seznámen se situací a s cílem rozhovoru. E-mailem jsem mu poslala seznam vytvořených otázek a on mi posléze poslal odpovědi na tyto otázky.

## 4.2 What-if Analysis

What-if Analysis neboli „Co když analýza“ je analytická metoda sloužící k rozhodování a řízení rizik. Tato analytická metoda je systematickou analytickou technikou. Jejím principem je vyhledávání následků určitých situací, potencionálních rizik a identifikaci problému. Tato metoda je založena na brainstormingu. Zde se klade otázka „co se stane, když...“. Pomocí této otázky a dalších dotazů a odpovědí jsou formovány výsledky. Většinou je tato metoda používána skupinami odborníků, kteří prověřují možné neočekávané události [43, 44].

### Postup

Nejprve dojde k seznámení se s tematikou, nastudují se všechny potřebné dokumenty, právní předpisy a další důležité podklady. Je dobré si předpřipravit nějaké otázky už během studia materiálů. Postupně se začínají formulovat otázky, jejichž základ by měl být „co se stane, když“. Všechny otázky a odpovědi se zapisují. Je dobré si otázky rozdělit do skupin podle odborných oblastí. Cílem je identifikace možných rizik. V návaznosti pak mohou být navrhována opatření sloužící ke snížení těchto rizik [43, 44].

Mou hlavní otázkou bylo: „Co se stane, když dojde k výpadku elektrické energie v pražském metru?“. Pro vytvoření analýzy jsem použila tabulku. V té jsem se zaměřila na dopady blackoutu v pražském metru na cestující. Položila jsem další tři doplňující otázky. Jedna otázka na jeden sloupec. Dále jsem rozdělila tabulku na tři okruhy, podle místa či typu zařízení, které bude blackoutedem zasaženo. Do jednotlivých okruhů jsem zapsala zařízení, která jsou závislá na elektrické energii. Posledním krokem bylo vyplnění zbytku tabulky za pomoci odpovědí na otázky ve sloupcích.

Zaměřila jsem se na následky pro cestující z toho důvodu, že právě oni jsou důvodem, proč metro funguje. Dalším aspektem je to, že život a zdraví lidí je tím nejdůležitějším, co by se mělo chránit.

### 4.3 SWOT Analysis

SWOT je anglická zkratka. S = strenghts (silné stránky), W = weaknesses (slabé stránky), o = opportunities (příležitosti), T = threats (hrozby). Tato analytická metoda tedy slouží k identifikaci silných a slabých stránek a odhalení příležitostí a hrozeb. Z těchto písmen sestavíme matici, v levé polovině jsou pozitivní faktory a v pravé negativní. V horní části jsou interní vlivy a v dolní externí [45].

Nejprve jsem si vytvořila tabulku, kterou jsem rozdělila do čtyř částí. Silné stránky, slabé stránky, příležitosti, hrozby. Tabulku jsem vyplnila za pomoci odpovědí, které jsem získala při řízeném rozhovoru.



## 5 VÝSLEDKY

Z rozhovoru (viz příloha č. 1) vyplývá, že pražské metro má důkladně zpracovaný plán pro případ blackoutu. Tento plán zahrnuje proškolení personálu dopravního podniku na situaci výpadku elektrické energie, blackoutu. Zaměstnanci jsou na tuto situaci připravováni, tudíž by měli vědět, jak se v dané situaci zachovat a jak reagovat.

Dále je zde popsáno rozdělení a fungování záložních zdrojů. První kategorie záložních zdrojů UPS napájí zařízení, která musí fungovat ihned po nastání výpadku elektrické energie, jejich výdrž by měla být 60 minut. Druhou kategorií jsou diesel agregátové zdroje. Tyto zdroje musí být zprovozněny do 60 minut od výpadku, aby bylo možné na ně přepojit zařízení, která byla napájena z UPS baterií. Samotné diesel agregátové zdroje jsou pravidelně testovány. Zásoba nafty na jejich provoz je na dobu 48 hodin. Diesel agregátové zdroje nejsou automatizovány, vždy je musí obsluha nastartovat.

Soupravy metra fungují po výpadku elektrické energie na akumulátorové baterie, které jsou umístěny ve vozech, jejich výdrž je 60 minut. Tyto baterie jsou pravidelně udržovány. Jednodušší zkoušky jsou prováděny každý půl rok, měření hustoty elektrolytu je prováděno jednou za rok a kapacitní zkouška každé dva roky. Pokud jsou nevyhovující nebo jejich životnost je u konce, jsou vyměněny.

I po výpadku elektrické energie funguje staniční rozhlas, který lze použít ke komunikaci personálu s cestujícími, popřípadě ho může využít personál ke vzájemné komunikaci. Personál může také použít telefony či radiostanice. Ve vlacích funguje vlakový rozhlas, ten může být využit strojvedoucím pro komunikaci s cestujícími. Tento rozhlas je napájen z baterie ve voze a vydrží 60 minut.

V případě blackoutu je zajištěno odčerpávání vody z tunelů. Z tunelů vedou nouzové výstupy, avšak při blackoutu by se nepoužily. Je možné, že dojde k uvíznutí soustavy v nejhlubším místě trati. Evakuace cestujících bude vedena tunelem do nejbližší stanice za pomoci HZS DP.

Ventilace ve vozech je napájena z vozové baterie, je možné, že její fungování bude přerušeno a z baterie budou napájeny důležitější zařízení, jako například osvětlení. Ani ve větracích šachtách nebudou v provozu všechny ventilátory. Jejich provoz bude redukován.

Není řešeno, že během blackoutu dojde k požáru, terorismu, či nějakému úmyslnému činu. Pro tyto případy neexistuje žádný plán. Stejně tak, jako nebyla řešena otázka evakuace během blackoutu ze souprav uvízlých v tunelech.

Z odpovědí ohledně personálu vyplývá, že jejich školení pro případ blackoutu není zanedbáváno. Strojvedoucí i ostatní zaměstnanci se připravují na to, co dělat a jak postupovat. Elektrodispečeri a další povolání zaměstnanci mají jasně stanovený úkol, který musí při blackoutu splnit.

## **5.1 Analýza následků výpadku elektrické energie**

Osvětlení uvnitř vagónu je jedním ze zařízení závislých na elektrické energii. Ve chvíli, kdy dojde k výpadku, nastane tma, která vyvolá paniku. Cestující budou dezorientovaní a v panice, což může vést k jejich zranění. Systém nouzového osvětlení ve vagonech je napájen z vozové baterie. Nouzovým osvětlením jsou zde myšleny zářivky v mezidveřním otvoru. Toto osvětlení bude fungovat 60 minut po výpadku.

Nefunkční osvětlení ve stanicích a ve vestibulech metra má stejný následek jako ve vozech. Všude bude tma, lidé začnou panikařit, v následku toho mohou být zraněni. Nouzové osvětlení ve stanicích je napájeno ze staniční baterie a to po dobu 60 minut.

Během výpadku elektrické energie nebude fungovat automatické otevírání dveří ve vozech. Fakt, že se cestující nemohou jednoduše dostat ven z vozů, vyvolá paniku. Lidé budou zmatení a nebudou vědět, co dělat. To vše může zapříčinit zranění cestujících. Při výpadku by mělo dojít k automatickému odblokování dveří. V případě, že vlak stojí ve stanici, dveře se otevřou, nebo je cestující otevřou manuálně. Pokud dojde k zaseknutí vlaku v tunelu, cestující postupují podle pokynu strojvedoucího, který s nimi komunikuje vlakovým rozhlasem.

Pokud dojde k přerušení odvětrávání vzduchu ve vagónech, dojde ke snížení kvality vzduchu. Pro některé cestující, zejména pro ty, kteří mají dýchací potíže, je tato skutečnost problémem a jejich stav může být ohrožen. Problém to však znamená i pro cestující bez dýchacích potíží v případě, že cestující stráví ve vagónech příliš dlouhou dobu. Systém odvětrávání za pomoci vozových baterií je zabudován ve vozech pouze na lince C. Avšak ani to nemusí fungovat, pokud dojde k rozhodnutí o šetření těchto baterií. Velký problém nastane, jestliže ve stejnou chvíli dojde i k požáru. Zde by následky byly fatální. Zejména na linkách A a B, kde ventilace ve vozech během výpadku elektrické energie nefunguje. Cestující se mohou otrávit případnými zplodinami.

Následky nedostatečného odvětrávání vzduchu ve stanicích a vestibulech metra jsou stejné jako ve vozech. Mohou zapříčinit dýchací problémy, čímž může dojít ke zranění cestujících. Při výpadku budou ventilátory ve větracích šachtách napájeny ze staniční baterie, pokud v metru nebudou už žádní cestující, lze

provoz těchto ventilátorů zredukovat. Pokud však cestující v prostorách stanic a vestibulů stále jsou a dojde k požáru, ventilace nestihne vše odvětrávat a cestující se mohou začít dusit.

Eskalátory, které slouží k přesunu cestujících do stanice metra a do vestibulů, jsou dalším zařízením, které ke svému fungování potřebují elektrickou energii. Náhlé zastavení eskalátorů může zavinit pád, či jiné zranění cestujících, kteří v danou chvíli eskalátory využívají. Přerušování jejich provozu znamená zhoršení podmínek přesunu pro méně pohyblivé cestující.

Zastavení výtahu mezi podlažími způsobí jisté komplikace. Cestující uvěznění ve výtahu začnou panikařit, případnými pokusy o únik může dojít k jejich zranění. Nefunkčnost výtahu znamená problémy pro přesun zejména méně pohyblivých osob, vozíčkářů a kočárků. Ve spojení s nefunkčností eskalátorů je zapotřebí využití jiných alternativních řešení. Jednou z priorit zaměstnanců dopravního podniku je dostat uvězněné osoby z prostoru kabiny. Funkčnost výtahu však obnovena nebude.

Důležitým bezpečnostním prvkem jsou bezpečnostní kamery. Když přestanou fungovat, obsluha nevidí, co se děje, zpomalí to její reakci a případný zásah. Díky nevhodnosti zásahu obsluhy lze předpokládat zranění cestujících, či pád do kolejiště.

Další bezpečnostním prvkem jsou požární hlásiče. Pokud nefungují, nedojde ke včasné detekci kouře, tím pádem obsluha nemá možnost včas zasáhnout. Následkem je rychlejší šíření požáru, zranění cestujících, v nejhorším případě jejich smrt. Jelikož není uvažováno, že během výpadku elektrické energie dojde k požáru, tato čidla nefungují a ani případné odvětrávání spalin není zajištěno.

V dnešní době, kdy každý používá mobilní telefon, a to i v metru, ve chvíli, kdy se mobilní spojení a fungování mobilní sítě přeruší, nastane panika. Cestující nebudou moci komunikovat s ostatními. Ve vzniklé panice není možné vyloučit případné zranění cestujících.

## 5.2 What-if Analysis

Tabulka 1 – What-if Analysis [vlastní zpracování]

Dopady na cestující	Co se stane, když dojde k blackoutu v pražském metru			
	Zařízení závislé na elektrické energii	Co se stane, když vypadne napájení	Co způsobí nefunkčnost daného zařízení	Jaké následky může mít nefunkčnost daného zařízení
Uvnitř vagónů	osvětlení	tma	panika, dezorientace	zranění cestujících
	dveřní systém	znemožnění opuštění vagónu	panika	zranění cestujících
	vzducho-technika	přerušeni ventilace vzduchu	nedostatečné odvětrávání	problémy s dýcháním
Nástupiště, vestibul metra	osvětlení	tma	panika, dezorientace	zranění cestujících
	eskalátory	zastavení eskalátorů	znemožnění přesunu, pád	zranění cestujících, potíže méně pohyblivých
	výtah	zastavení výtahu	uvíznutí osob, znemožnění přesunu, panika	zranění cestujících, potíže méně pohyblivých
	vzducho-technika	přerušeni ventilace	nedostatečné odvětrávání	problémy s dýcháním, zranění
Technická zařízení	bezpečnostní kamery	nezaznamenání událostí ohrožujících bezpečnost	nemožnost včasného zásahu obsluhy	zranění cestujících
	bezpečnostní čidla (požární hlásiče)	nedetekování kouře	nemožnost včasného zásahu obsluhy	vznik požáru, zranění, smrt cestujících
	mobilní síť	výpadek mobilní sítě	nemožnost komunikace, panika	zranění cestujících

## 5.3 SWOT Analysis

Tabulka 2 – SWOT Analysis [vlastní zpracování]

	Pozitivní faktory	Negativní faktory
Vnitřní prostředí	<b>SILNÉ STRÁNKY (STRENGTHS)</b>	<b>SLABÉ STRÁNKY (WEAKNESSES)</b>
	pravidelné školení personálu	neuvažuje se s jinou příčinou požáru než ze zařízení fungujících na elektrickou energii
	podrobný plán pro případ blackoutu	dlouhé termíny údržby akumulátorových baterií
	možnost odčerpávání vody z tunelů při blackoutu	nahození diesel agregátů není automatické
Vnější prostředí	<b>PŘÍLEŽITOSTI (OPPORTUNITIES)</b>	<b>HROZBY (THREATS)</b>
	zajištění alespoň minimální ventilace fungující na zdroj náhradního napájení	požár v době blackoutu
	častější zkoušky akumulátorů	neobnovení provozu metra pomocí náhradních zdrojů
	automatizace nahození diesel agregátů	uvíznutí soupravy v nejhlubším místě trati

## 6 DISKUZE

V případě, že všechny záložní zdroje, diesel agregáty, staniční a vozové baterie budou fungovat tak, jak mají, a nenastane žádný problém či nedojde k prodlení při nastartování diesel agregátových zdrojů, nebudou následky výpadku elektrického proudu tak velké. Důležité je, aby personál metra s cestujícími komunikoval, podával přesně instrukce a udržoval klid. Pokud nedojde během výpadku k žádné jiné situaci, jako je požár, teroristický čin a dalším, situaci by měl mít dopravní podnik pod kontrolou a situaci by měli podle předem zpracovaných plánů zvládnout.

Ovšem je zde uvažováno, pouze se situacemi, které jsou pravděpodobné. Ve chvíli, kdy se stane něco méně pravděpodobného, dopravní podnik už s tím nepočítá a není na to připraven. Personál není proškolen na další situace, nejsou zpracovány žádné další plány. Tento fakt by mohl být z hlediska následků výpadku elektrického proudu fatální.

Z mého pohledu není správné upínat se na to, zda vše půjde podle plánu. Vzhledem k tomu, že výpadky elektrické energie neboli blackoutu bývají pokaždé jiného charakteru a nelze předpovídat, co všechno zasáhnou a co všechno nebude fungovat, mělo by pražské metro s tímto faktem pracovat.

Z Tabulky 1 – What-if Analysis vyplývá, že nejčastějším následkem pro cestující může být jejich zranění, v nejhorším případě smrt. Dopravní podnik by se tedy měl zaměřit na redukci těchto následků, jelikož život a zdraví cestujících je při řešení blackoutu to nejdůležitější. K tomu vede podrobné zpracování plánů pro případ blackoutu, který by měl obsahovat různé situace a scénáře i pro případ nefunkčnosti zařízení, u kterých se předpokládá, že fungovat budou. Zpracováním těchto plánů by mohlo dojít k eliminaci alespoň některých následků.



Z rozhovoru (viz příloha č. 1) vyplývá, že dopravní podnik neuvažuje nad vznikem požáru během blackoutu a odkazuje se na použití nehořlavých materiálů a že jediným zdrojem požáru jsou elektronická zařízení. Na základě provedené analýzy je zde patrná možnost vzniku požáru při blackoutu, například požár diesel agregátových zdrojů, které jsou používány jako záložní zdroje při výpadku elektrické energie. K požáru zařízení pracujícího s hořlavou kapalinou v praxi dochází, tím pádem není možné vyloučit, že k tomu nedojde i u diesel agregátů v pražském metru.

Požár může vzniknout od neukázněných cestujících buď úmyslně, či pokud by si svítili například zapalovačem. Zapálen může být odpadkový koš, sedačky ve vagoněch či další zařízení. V této situaci by nejspíše nedošlo k rozsáhlému požáru, ale je možný únik nebezpečných spalin, které by díky omezenému výkonu vzduchotechniky bylo těžké odvětrat.

Nelze tedy vyloučit vznik požáru i z jiných než elektrických příčin. Z tohoto důvodu je na místě mít zpracovaný alespoň nějaký plán pro případ vzniku požáru při blackoutu.

Tvrzení, že je zapotřebí mít zpracovaný plán pro případ požáru během výpadku elektrické energie, se potvrdilo i v diplomové práci [47], kde autor zmiňuje absenci požadavků přístupu All Hazard Approach v závislosti na neuvažování o možném vzniku požáru během výpadku elektrické energie.

Dalším z problémů může být zpoždění obsluhy, která má zajistit včasné nastartování diesel agregátových zdrojů. V rozhovoru (viz příloha č. 1) je sice uvedeno, že by se obsluha měla dostavit v rozmezí 30 až 40 minut, ale v případě, že výpadek elektrické energie je velkého rozsahu, tedy dojde k blackoutu, přinese to obsluze komplikace při přesunu na místo. Nadpovrchová doprava bude kolabovat a podzemní dopravu nebude možné využít. Jestliže se obsluha

nedostaví do 60 minut a nenastartuje diesel agregátové zdroje, nastane problém. Staniční a vozové baterie mají výdrž zhruba jedné hodiny. Ve chvíli, kdy tyto baterie nezvládnou nadále napájet zařízení na nich fungující, může dojít k následkům popsaným v Tabulce 1 – What-if Analysis. Z tohoto důvodu je myslím na místě začít s realizací zařízení, které při výpadku elektrické energie automaticky přepne na záložní zdroj napájení.

K automatickému přepnutí na záložní zdroje slouží takzvaný automatický přepínač zdrojů. Jeho použití zkracuje dobu přepnutí až o 80 %, což v danou chvíli může být klíčové. K jeho ovládání není zapotřebí žádná obsluha. Je to plně automatický systém, který sám rozezná, že došlo k problému či výpadku sítě, a v tu chvíli přepne na napájení ze záložního zdroje. Tohoto systému využívají i některé nemocnice či datová centra [50].

V rozhovoru (viz příloha č. 1) je uveden způsob kontroly baterií. Je zde řečeno, že kontrola baterií se provádí pravidelně, což je pozitivní, ale četnost těchto kontrol už tak pozitivní není. Kapacitní zkouška je prováděna jednou za dva roky. Avšak frekvence této kontroly nemusí být dostatečná. Dva roky jsou celkem dlouhá doba na kapacitu baterie a v případě, že dojde k výpadku elektrické energie těsně před touto kontrolou, je možné, že baterie nevydrží ani uvedených 60 minut, což znamená značný problém, zejména pokud by nevydržela ani 30–40 minut, než obsluha zapojí diesel agregátové zdroje. V tomto případě je pravděpodobné, že dojde k následkům (viz Tabulka 1 – What-if Analysis). Na základě výsledků této analýzy by bylo dobré zvážit častější kontroly kapacity baterií než jednou za dva roky.

Tato zkouška není časově ani finančně náročná. Co je ale náročné, je výměna této baterie. To je možná důvod, proč se tato zkouška odkládá a provádí jen jednou za dva roky. Zkouška kapacity baterie by měla být prováděna

souběžně s dalšími zkouškami, které jsou prováděny ve větší frekvenci. Přeci jen je lepší se snažit problému předcházet než ho řešit, když už je pozdě.

Otázka evakuace během blackoutu není speciálně řešena. V tomto případě je na ni nahlíženo podobně jako během teroristického činu či požáru. Z poslední otázky rozhovoru (viz příloha č. 1) vyplývá, že evakuace cestujících ze soupravy zaseklé v tunelu by byla komplikovaná a zdlouhavá. Je také možné, že ještě než se HZS DP dostanou k cestujícím, vlaková baterie může být již vybitá. Přesný časový údaj o délce evakuace se mi nepodařilo zjistit, ale pravděpodobně by to nebylo v řádech minut a to především z důvodu, že zabezpečení tratě před úrazy vzniklými elektrickým proudem jsou časově náročnější. Což opět poukazuje na důležitost důslednějších kontrol vlakových baterií. Udržení světla v soupravě a komunikace personálu s cestujícími je klíčovým prvkem k zabránění šíření paniky.

Jednou z částí rozhovoru (viz příloha č. 1) byly otázky ohledně školení personálu. Z rozhovoru vyplývá, že na školení personálu je kladen velký důraz a v případě blackoutu bude personál vědět, co dělat. Největší důraz by měl být kladen na proškolení elektrodispečerů. Systém proškolení personálu je důležitý především pro zajištění rychlé reakce personálu a zvýšení bezpečnosti cestujících. Zaměstnanci, kteří nebudou vědět, co během blackoutu dělat, mohou situaci i zhoršit. Tvrzení o důležitosti cvičení personálu se potvrdilo v diplomové práci [47], autor zde podotýká důležitost proškolení personálu a především elektrodispečerů pro případ blackoutu.

Je opravdu dobře, že dopravní podnik věnuje takovou pozornost školení personálu. Jak už bylo řečeno, je důležité klást důraz na proškolení personálu z hlediska krizových situací.

Dle provedených analýz by se dopravní podnik měl zaměřit na řešení situace blackoutu i v případě selhání záložních zdrojů. Podle rozhovoru (viz příloha č. 1) žádný takový plán neexistuje. Přestože je to nepravděpodobné, měl by tento plán existovat. Pokud by k tomu totiž došlo a nikdo nebude vědět, jak postupovat, následky budou o dost větší.

Příkladem tomu může být událost z července minulého roku, kdy došlo k blackoutu v New Yorku. Přestože v metru mají systém záložních zdrojů napájení, nepodařilo se záložní zdroje nastartovat, a tak v několika stanicích nefungovalo opravdu nic. Ze zaseknutých souprav byli cestující evakuováni po více než půl hodině a jejich evakuace proběhla tunely. Ve vagónech nefungovalo ani nouzové osvětlení, a tak si cestující svítili mobilními telefony. Cestující, kteří byli v danou dobu v uvíznutých soupravách, popisují, že velmi důležité bylo, jakým způsobem s nimi komunikoval personál metra.

Díky personálu, který se snažil cestující uklidňovat a veškeré postupy cestujícím podrobně a s klidem vysvětlil, byla prý situace o dost lehčí. Nevznikla ani velká panika a cestující byli rádi, že s nimi někdo komunikuje a informuje je o situaci. Ve chvíli, kdy se evakovali do stanice, svítila už nouzová osvětlení, ale to bylo jediné, co fungovalo. Kdyby v danou chvíli zaměstnanci New Yorkského metra nevěděli, jak se zachovat, mohla by vzniknout opravdu velká panika, cestující by mohli utrpět zranění a celá situace by byla o to horší. Naštěstí v daném případě byl personál opravdu dobře proškolen, i přes selhání záložních zdrojů situaci zvládl a všechny cestující se bezpečně podařilo evakuovat [48, 49].

Zde se opět potvrzuje tvrzení o důležitosti proškolení personálu. Personál by však měl být připraven i na situaci jako je požár při blackoutu, nebo kdyby došlo k tomu, že záložní zdroje nebudou fungovat, a tak bude vše jen v rukách zaměstnanců. Tato školení by mohla probíhat v rámci již stávajících školení,

nepřinášelo by to tedy téměř žádnou finanční ani časovou zátěž. Naopak během krizové situace by se mohlo předejít zraněním či dokonce zachránit životy cestujících.

K proškolení personálu je mimo jiné dobré využívat i prověřovacích cvičení. Jedno takové bylo uskutečněno v roce 2015. Toto cvičení reagovalo na cvičení Blackout 2014. V roce 2014 bylo cvičení provedeno v rámci připravenosti Prahy na rozsáhlý výpadek elektrické energie. Přičemž se objevil i výrok: „Příprava a samotný průběh cvičení ukázaly, že vedení DP hlavního města Prahy a podnik samotný je na možnou krizovou situaci výpadku elektrické energie dobře připraven“ [51].

Bývalý předseda představenstva a generální ředitel Dopravního podniku hlavního města Prahy Ing. Jaroslav Ďuriš řekl, že toto tvrzení „je trochu nadnesené“ a že během cvičení byly zjištěny i jisté nedostatky. A právě tyto nedostatky byly procvičovány během cvičení Blackout 2015, které se uskutečnilo v noci z 22. srpna na 23. srpna 2015 na lince C mezi stanicemi Kačerov a Nádraží Holešovice. Cvičení se zaměřilo na prověření postupů při výpadku elektrické energie, zkoušela se například časová prodleva v přepnutí na záložní zdroje nebo změření odběrů elektrické energie jednotlivými stanicemi. Do cvičení byl zapojen HZS DP. Jednotky HZS DP mají své stanice v depu Hostivař, Zličín a Kačerov. Při výpadku elektrické energie by se tyto jednotky zaměřovaly především na evakuaci cestujících [51, 52].

Tato cvičení jsou opravdu důležitá především k odhalení nedostatků a následné reakci na ně. Jedním ze zjištěných nedostatků v roce 2014 byl nedostatečný počet diesel agregátových zdrojů na lince A. Vzhledem k tomu, že veškeré plány pro případ blackoutu se upínají na bezproblémové fungování záložních zdrojů, by mělo být prioritou problém s nedostatkem diesel agregátů

vyřešit. Popřípadě se zaměřit na to, co dělat, když se při výpadku nebudou moci spolehnout na záložní zdroje. Není dobré se spoléhat na plnou funkčnost technologických zařízení [51].

Jak již bylo uvedeno v teoretické části, pražské metro není prvkem kritické infrastruktury, avšak je důležitým prvkem dopravního systému v Praze. Přerušení jeho funkčnosti, ať už díky blackoutu, povodním či jinému zásahu, znamená kolaps hromadné dopravy a celkového dopravního systému, což může způsobit i další problémy. Pražské metro využije každý den velké množství lidí. V ranních a odpoledních špičkách je koncentrace největší, a pokud by došlo ke kolapsu v těchto chvílích, následky mohou být rozsáhlé. Podle průřezových kritérií nařízení vlády č. 432/2010 Sb., o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury, by bylo možné uvažovat, že sem metro jako systém spadá, jelikož vyřazení tohoto systému naruší každodenní fungování života v Praze a postihne více než 125 000 osob [2, s. 41].

## 7 ZÁVĚR

Cílem práce bylo analyzování následků výpadků elektrické energie v pražském metru.

V teoretické části byly popsány základní pojmy jako kritická infrastruktura či blackout. Bylo vysvětleno fungování systému elektrizační soustavy v České republice, historie pražského metra, fungování pražského metra a zařízení, která jsou závislá na elektrické energii.

V praktické části byly popsány poznatky zjištěné při rozhovoru s odborníkem na danou problematiku. Při analýze následků výpadku elektrické energie jsem se zaměřila na cestující, z důvodu, že by provoz metra bez cestujících příliš nedával smysl, a že životy a zdraví cestujících jsou to nejdůležitější, co by se mělo chránit, a na co by se bezpečnostní prvky měly zaměřovat.

K analyzování následků výpadku elektrické energie jsem použila dvě analytické metody, What-if Analysis a SWOT Analysis. Pomocí těchto metod jsem popsala nedostatky a slabá místa, která by mohla znamenat problém při výpadku elektrické energie. Nakonec byla navržena opatření, kterými je možné tyto nedostatky zredukovat či eliminovat.

Jak již bylo řečeno, přestože pražské metro není prvkem kritické infrastruktury, měl by na jeho bezpečnostní problematiku být kladen důraz, především vzhledem k velké koncentraci lidí a možným následkům při vyřazení tohoto systému.

Pražské metro se jako systém dál rozvíjí a modernizuje. S čímž je spojeno i zlepšování bezpečnostních prvků, což by nemělo být opomíjeno, ba naopak měla by tomu být kladena co největší pozornost.

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČR – Česká republika

DP – Dopravní podnik

HZS – Hasičský záchranný sbor

HZS DP – Hasičský záchranný sbor dopravního podniku

IZS – Integrovaný záchranný systém

PČR – Policie České republiky

SSHR – Správa státních hmotných rezerv

ZZS – Zdravotnická záchranná služba



## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŘEHÁK, David. Kritická infrastruktura elektroenergetiky: určování, posuzování a ochrana. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-126-2.
- [2] Nařízení vlády č. 432/2010 Sb., o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury
- [3] MARA, Robert. *Pražské metro v datech*. Praha: Malkus, 2009. ISBN 80-87047-15-6.
- [4] Trasa metra A. *Metro Praha* [online]. [cit. 2020-01-22]. Dostupné z: <https://metropraha.eu/trasa-metra-a/>
- [5] Metro. *Pražská integrovaná doprava* [online]. [cit. 2020-01-22]. Dostupné z: <https://pid.cz/metro/>
- [6] Ochranný systém metra. *Bezpečnost.praha.eu* [online]. Magistrát hlavního města Prahy [cit. 2020-01-22]. Dostupné z: <https://bezpecnost.praha.eu/clanky/metro>
- [7] BREHOVSKÁ, Lenka. Blackout. *Kontakt: Journal of nursing and social sciences related to health and illness*. 2011, 13(1), 107-111. DOI: 10.32725. ISSN 1212-4117.
- [8] PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení*. Praha: ČVUT v Praze, 2017. ISBN 978-80-01-06180-0.

- [9] KROČOVÁ, Šárka. *Bezpečnost provozu technické infrastruktury*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2017. ISBN 978-80-7385-185-9.
- [10] Technická infrastruktura [online]. ČEPS [cit. 2020-01-27]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/cs/technicka-infrastruktura>
- [11] *Elektroenergetika - Dodávka energie: Distribuční soustava* [online]. Moje energie [cit. 2020-01-27]. Dostupné z: <http://www.mojeenergie.cz/cz/elektroenergetika-dodavka-energie>
- [12] DOPRAVNÍ PODNIK HL. M. PRAHY. Výroční zpráva 2018. *Dopravní podnik hlavního města Prahy* [online]. [cit. 2020-02-24]. Dostupné z: [https://www.dpp.cz/cs/data/V%C3%BDro%C4%8Dn%C3%AD%20zpr%C3%A1vy/DPP\\_VYROCNI\\_ZPRAVA\\_2018.pdf](https://www.dpp.cz/cs/data/V%C3%BDro%C4%8Dn%C3%AD%20zpr%C3%A1vy/DPP_VYROCNI_ZPRAVA_2018.pdf)
- [13] ŠIKOLA, Jiří a Zdeněk RAMPA. PRAŽSKÉ PODZEMNÍ PRAŽCE VZPOMÍNÁJÍ aneb PO ORGANIZAČNÍCH STOPÁCH PODNIKEM: KDO V METRU VLÁDNE VEŠKERÉMU ELEKTRICKÉMU NAPÁJENÍ? *DP Kontakt: Časopis zaměstnanců Dopravního podniku hl. m. Prahy, akciové společnosti*. 2019, **24**(5), 22-26. ISSN 1212-6349.
- [14] *Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2013 s výhledem do roku 2020: schválená usnesením vlády č. 165 ze dne 25. února 2008*. In.: Praha: Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, 2008.
- [15] Hrozba (Threat). *Management mania* [online]. 2016 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/hrozba-threat>

- [16] BENEŠ, Ivan. *Blackout: resilient power: informační příručka*. Praha: Cityplan, 2008. ISBN 978-80-254-3816-9.
- [17] SVOBODA, Petr. Hlavní povinností dispečera je udržovat přenosovou soustavu v bezpečném stavu. Blackout je sice noční můrou, ale vždy přinese pokrok. *Allforpower* [online]. 2018 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <http://www.allforpower.cz/clanek/hlavni-povinnosti-dispecera-je-udrzovat-prenosovou-soustavu-v-bezpecnem-stavu-blackout-je-sice-nocni-murou-ale-vzdy-prinese-pokrok/>
- [18] REJDAL, Tomáš. Energetická zařízení metra. *Metroweb* [online]. [cit. 2020-02-06]. Dostupné z: <https://metroweb.cz/metro/TECH/energetika/energetika.htm>
- [19] BONEV, Jan. Souprava M1. *Metroweb* [online]. 2005 [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <https://metroweb.cz/metro/M1/M1.htm>
- [20] BONEV, Jan. Modernizovaná souprava 81-71M. *Metroweb* [online]. 2005 [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <https://metroweb.cz/metro/81-71M/81-71M.htm>
- [21] *Skupina PRE: Výroční zpráva* [online]. [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <https://www.pre.cz/Files/profil-spolecnosti/o-nas/vyrocnizpravy/2018/>
- [22] *PREdistribuce, a.s. : Výroční zpráva* [online]. 2019 [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <https://www.predistribuce.cz/Files/vyrocnizpravy/vz-2018-cz/>
- [23] HALAŠKA, Jiří. Použití systému a nástrojů ochrany obyvatelstva při rozsáhlém a dlouhodobém výpadku elektrické energie ve velké městské

aglomeraci. Výpadek elektřiny [online]. 10. 7. 2015 [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <http://vypadekelektriny.cz/pouziti-systemu-a-nastroju-ochrany-obyvatelestva-pri-rozsahlem-a-dlouhodobem-vypadku-elektricke-energie-ve-velke-mestske-aglomeraci/>

- [24] Zákon č. 219/1999 Sb., o ozbrojených silách České republiky. In: Sbíрка zákonů České republiky. 12. říjen 1999. ISSN 1211-1244
- [25] RAMPA, Zdeněk. PRAŽSKÉ PODZEMNÍ PRAŽCE VZPOMÍNÁJÍ ANEB PO ORGANIZAČNÍCH STOPÁCH PODNIKEMDÍL 9. KDO ZAJIŠŤUJE CHOD TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ A UDRŽUJE OCHRANNÝ SYSTÉM METRA. *Časopis zaměstnanců Dopravního podniku hl. m. Prahy, akciové společnosti*. Praha, 2019, 24(10), 26-33. ISSN 1212-6349.
- [26] Blackout. *Bezpečnost. Praha.eu* [online]. [cit. 2020-02-12]. Dostupné z: [https://bezpecnost.praha.eu/clanky/blackout\\_4\\_2017](https://bezpecnost.praha.eu/clanky/blackout_4_2017)
- [27] *Bezpečnostní strategie České republiky*. In: Praha, 2003. Dostupné také z: <http://www.mocr.army.cz/images/Bilakniha/CSD/2003%20Bezpecnostni%20strategie%20CR.pdf>
- [28] BENEŠ, Ivan. ODOLNOST PROTI BLACKOUTU – ZÁKLADNÍ PILÍŘ LIDSKÉ BEZPEČNOSTI. *Vypadekelektriny* [online]. 2015 [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <http://vypadekelektriny.cz/odolnost-proti-blackoutu-zakladni-pilir-lidske-bezpecnosti/>
- [29] BRAUN, Bob. *WHAT IS THE DIFFERENCE BETWEEN BROWNOUTS AND BLACKOUTS* [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://www.gotpower.com/brownouts-and-blackouts/>

- [30] Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon). In: Sběrka zákonů České republiky 29. prosinec 2000. ISSN 1211-1244
- [31] BENEŠ, Ivan. Ivan Beneš: Nejzranitelnější kritickou infrastrukturou je elektroenergetika. *Ekolist.cz* [online]. 2011 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/ivan-benes-nejzranitelnejsi-kritickou-infrastrukturou-je-elektroenergetika>
- [32] Údaje o PS: Schéma sítí 400 kV a 220 kV. ČEPS [online]. 31. 12. 2018 [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/cs/udaje-o-ps>
- [33] Technické informace: Polohopisné schéma vedení 110 kV. ČEPS [online]. 31. 10. 2018 [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <https://www.predistribuce.cz/cs/distribucni-sit/technicke-informace/>
- [34] Rady pro občany - BLACKOUT. Krizport [online]. Portál krizového řízení JmK. [cit. 2020-01-22]. Dostupné z: <http://krizport.firebrno.cz/navody/rady-pro-obcany-blackout>
- [35] Historická souprava Ečs: Vůz Ečs 1084. *Metroweb* [online]. 31. 10. 2018 [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: [https://metroweb.cz/metro/Ecs/akce\\_ecs-12.jpg](https://metroweb.cz/metro/Ecs/akce_ecs-12.jpg)
- [36] M1, 81-71M. *Metropraha.blog* [online]. [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <http://metropraha.blog.cz/galerie/m1-na-trase-a-obrazek/38464117>
- [37] Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon). Krizové zákony: krizový zákon, integrovaný záchranný systém, hospodářská opatření pro krizové stavy, obnova území; Hasičský

záchranný sbor; Požární ochrana: zákony, nařízení vlády, vyhlášky: redakční uzávěrka. Ostrava: Sagit, 2007-, s. 5-26. ÚZ. ISBN 978-80-7488-333-0.

- [38] REJDAL, Tomáš. Vzduchotechnická zařízení metra. *Metroweb* [online]. 2004 [cit. 2020-03-31]. Dostupné z: <https://metroweb.cz/metro/TECH/vzduchotechnika.htm>
- [39] KEŠE, Jaroslav. Sdělovací zařízení metra. *Metroweb* [online]. [cit. 2020-03-31]. Dostupné z: <https://metroweb.cz/metro/TECH/sdelzar/sdelzar.htm>
- [40] REJDAL, Tomáš. Technologie a zabezpečení metra. *Metroweb* [online]. [cit. 2020-03-31]. Dostupné z: <https://metroweb.cz/metro/TECHNOLOGIE.htm>
- [41] Řízený strukturovaný rozhovor. *ManagementMania* [online]. 2015 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/rizeny-strukturovany-rozhovor>
- [42] HYHLÍK, František. Interview. *Sociologická encyklopedie* [online]. 2018 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: [https://encyklopedie.soc.cas.cz/w/Interview\\_\(MSgS\)](https://encyklopedie.soc.cas.cz/w/Interview_(MSgS))
- [43] Co - když analýza (What-if Analysis). *ManagementMania* [online]. 2015 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/co-kdyz-analyza-what-if-analysis>
- [44] HÁJKOVÁ, Martina. Identifikace nebezpečí a hodnocení rizik - metody. *BOZPinfo.cz* [online]. 2010 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/identifikace-nebezpeci-hodnoceni-rizik-metody>

- [45] PETR TYL, Jan. SWOT analýza. *Marketingmind* [online]. 2017 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.marketingmind.cz/swot-analyza/>
- [47] KRÁKORA, Jan. *Ocenění rizik při výpadku elektrické energie v metru* [online]. Praha, 2015 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/64017/F6-DP-2015-Krakora-Jan-Diplomova\\_prace.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/64017/F6-DP-2015-Krakora-Jan-Diplomova_prace.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze.
- [48] Eyewitness News ABC7NY. *CBS New York* [online]. New York, 2019 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://newyork.cbslocal.com/2019/07/14/new-york-city-blackout-subway-loses-power/>
- [49] NYC Blackout: Subway Passengers Plunged Into Darkness During Manhattan Power Outage. *CBS New York* [online]. New York, 2019 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://newyork.cbslocal.com/2019/07/14/new-york-city-blackout-subway-loses-power/>
- [50] MYNÁŘ, Jiří. Automatický přepínač zdrojů TruONE® - První skutečný ATS na světě. *Azcasopis* [online]. 2019 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <http://www.azcasopis.cz/energetika-elektrotechnika/automaticky-prepinac-zdroju-truone-prvni-skutecny-ats-na-svete>
- [51] Největší riziko vidíme v oblasti provozování metra v době výpadku elektrické energie. *Vypadekelektřiny* [online]. 2015 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <http://vypadekelektřiny.cz/nejvetsi-riziko-vidime-v-oblasti-provozovani-metra-v-dobe-vypadku-elektricke-energie/>
- [52] HAMÁKOVÁ, Markéta. Ochrana míst s velkou koncentrací osob. *Ochrana a Bezpečnost* [online]. 2017, VI.(3), 52-54 [cit. 2020-05-01]. ISSN 1805-5656.

Dostupné z: [http://ochab.ezin.cz/O-a-B\\_2017\\_C/2017\\_OaB\\_C\\_05\\_hamakova.pdf](http://ochab.ezin.cz/O-a-B_2017_C/2017_OaB_C_05_hamakova.pdf)

- [53] Zákon č. 266/1994 Sb., o drahách. In: Sbírka zákonů České republiky. 30. prosinec 1994. ISSN 1211-1244
- [54] Vyhláška Ministerstva dopravy č. 173/1995 Sb., kterou se vydává dopravní řád drah. In: Sbírka zákonů České republiky. 1. prosinec 1995. ISSN 1211-1244



## 10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Možné příčiny a dopady blackoutu [31].....	17
Obrázek 2 – Schéma přenosové soustav – sítě 400 kV a 220 kV [32].....	19
Obrázek 3 – Polohopisné schéma vedení 110 kV [33].....	21
Obrázek 4 – Historická souprava Ečs, první typ vlaku metra [35] .....	32

## 11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 – What-if Analysis [vlastní zpracování].....	46
Tabulka 2 – SWOT Analysis [vlastní zpracování] .....	47

## 12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – řízený rozhovor [vlastní zpracování] .....	68
--	----

## **Příloha 1 – řízený rozhovor [vlastní zpracování]**

### Personál

1. Je personál metra proškolen na situaci blackoutů?

*„Ano, personál je proškolen, provádí se pravidelné zkoušky technologických zařízení, která zajišťují činnosti při blackoutu.“*

2. Vědí strojvedoucí, jak se zachovat při blackoutu? Jak provést evakuaci cestujících?

*„Ano, strojvedoucí vědí, jak se zachovat při blackoutu. Evakuace cestujících je standardní postup, který je nutno zvládat i při jiných situacích, nejenom při blackoutu.“*

3. Jsou elektro dispečeri vycvičeni na případ blackoutů?

*„Pro případ blackoutů jsou vycvičeni nejenom elektro dispečeri, ale všichni zaměstnanci, kteří mají stanovené úkoly, které musí při blackoutu plnit. Sem patří především všichni dispečeri (např. vlakovi, techničtí), ale i elektrikářská pohotovost, případně další zaměstnanci, kteří musí reagovat operativně právě dle pokynů svých nadřízených dispečerů.“*

### Záložní zdroje napájení

4. Jaká zařízení fungují po výpadku elektrické energie ze záložních zdrojů napájení? A jak dlouho by tyto zdroje měly vydržet?

*„Nevím, zda jsem správně pochopil otázku. Předpokládám, že se ptáte na to, která zařízení jsou napájena ze záložních zdrojů napájení při výpadku nadřazeného zdroje – tedy v našem případě PRE. Záložní zdroje lze rozdělit na dvě kategorie – na systémy založené na bateriích tzv. UPS a na systémy založených na výrobě elektrické energie např. pomocí dieselagregátů. Ze záložních zdrojů UPS/baterií jsou napájeny především*

*ty technologie, které musí být funkční bezprostředně/ihned při výpadku. Sem patří především nouzové osvětlení, systémy řízení vlaků a technologií, spojovací prostředky. Tyto zdroje by měly vydržet až 60 minut. Do té doby je nutné zprovoznit dieselaagregáty o velkém výkonu, zahájit výrobu elektřiny a její postupnou distribuci do stanic metra. Takto vyrobenou elektřinou se dobíjení bateriové zdroje, dále nouzové osvětlení a další technologie, které je nutné udržovat v provozu. Např. čerpací stanice pro čerpání průsakových vod, ale mohou to být i další zařízení podle skutečné potřeby a situace v jednotlivých stanicích. Proto je nutné udržet v činnosti všechna dispečerská pracoviště metra, aby bylo možné reagovat na vzniklou situaci a případně zajistit distribuci potřebného výkonu do konkrétní stanice. Zásoby nafty máme na cca 48 hodin s možností doplnění zásob nafty, pokud by blackout trval déle.“*

5. Byly diesel agregátové zdroje v minulosti testovány? Bylo testováno, jak dlouho vydrží? Jak dlouho?

*„Dieselaagregáty jsou testovány pravidelně. Jedná se o zkoušku technologie ale i o procvičování personálu v obsluze technologií. Vzhledem k nákladovosti jsou dieselaagregáty „na dlouhodobou výdrž“ testovány pouze výjimečně. Je to spíš otázka zásob nafty, kterou udržujeme z ekonomických důvodů na 48 hodin plného výkonu. Vždy je jeden dieselaagregát v záloze pro případ poruchy.“*

6. Existuje automat, který v případě blackoutu automaticky přepne na diesel agregátové zdroje? Pokud ne, jak dlouhá je prodleva pro manuální zapojení?

*„Současná technologie nám neumožňuje plně automatizovaný provoz. Při vzniku blackoutu se automaticky rozběhne v každém energocentru 1 dieselaagregát, automaticky se připojí do ostrovního provozu v objektu. Do 30 až 40 minut se dostaví obsluha, která zahájí startování dalších dieselaagregátů a v součinnosti s elektrodyspečinkem se zahájí výroba elektřiny a postupná distribuce/zatěžování dieselaagregátů. Do 60 minut jsme schopni zajistit maximální výkon.“*

7. Je vypracovaný plán v případě, že náhradní zdroje selžou? Jak se to bude řešit?

*„V případě selhání všech diesela agregátů, což je velmi nepravděpodobné, žádný záložní plán není. Řešením je pouze rychlé odstranění poruchy na konkrétním diesel agregátu.“*

8. Jsou prováděny pravidelné kontroly a zkoušky funkčnosti záložních zdrojů? Pokud ano, jak a jak často?

*„Ano, zkoušky jsou prováděny pravidelně, minimálně 1xQ. Je více typů zkoušek – zkouška vlastního stroje, zkouška přifázování do sítě metra, zkouška výroby elektrické energie do sítě PRE.“*

9. Jaká je prodleva přepnutí na záložní zdroje?

*„Pokud zde myslíte diesela agregáty, pak je to do 10 minut. Pokud se jedná o baterie, pak je to bez prodlení.“*

### Baterie

10. Jak dlouho by měly vydržet akumulátorové baterie ve vozech a jak dlouho reálně vydrží?

*„V případě výpadku napájení 750V přechází palubní síť po několika minutách do nouzového režimu, kdy se m. j. automaticky přepne zářivkové osvětlení na nouzové (svítí jen některé zářivky) a ventilace (M1) jede na snížený výkon. V tomto režimu musí vlak fungovat 1 hodinu z vozových baterií.“*

*Výjimkou je spojení radiostanicí VKV to funguje ze separátního akumulátoru a musí vydržet 2 hodiny (tuším, že je na to nějaká norma určující, v jakém poměru má být příjem/vysílání/ klid).“*

11. Byla délka výdrže někdy testována?

*„Testováno bylo při typové zkoušce vozidel, protokoly máme jako provozovatel k dispozici.“*

12. Je vyzkoušeno, jak dlouho vydrží akumulátorové baterie ve vozech?

*„V provozu se výše uvedené zkoušky již neprovádí, nicméně akumulátory jsou pravidelně udržovány, v určitém stupni údržby je i kapacitní zkouška akumulátoru, která potvrdí, že „výdrž“ akumulátoru je vyhovující.“*

13. Je stav baterií kontrolován? Jsou obměňovány, aby se nemohlo stát, že by byly staré a díky tomu nefungovaly?

*„Pokud nevyhoví zkoušce anebo jsou na konci životností, tak jsou obměňovány.“*

14. Jak často je kontrolována funkčnost a výdrž baterií a jak je tato kontrola prováděna?

*„Akumulátory podléhají systému pravidelné periodické údržby dle údržbového řádu. Zjednodušeně lze říci, že základní vizuální kontrola se provádí každý měsíc, jednoduché činnosti a podrobnější kontrola (dotažení kontaktů, kontrola stav elektrolytu atd.) jednou za půl roku, měření hustoty elektrolytu každého článku 1 x za rok a výše uvedená kapacitní zkouška každé 2 roky.“*

*Jinak vozové baterie na vozech pracují v jakémsi smíšeném režimu – něco mezi staniční baterií a startovací baterií – sice se na ně nic neshazuje, ale při každém výjezdu z depa vlak po dobu několika desítek minut žije jen z baterie – svítí osvětlení, pohybují se dveře atd. - to znamená, že kdyby byla palubní síť „slabá“, s vysokou pravděpodobností by strojvedoucí při přejímce vlaku takovýto stav zaznamenal a s vlakem by nevyjel a nahlásil by to jako závadu.“*

## Osvětlení

15. Je nouzové osvětlení ve vagonech? Jak dlouho vydrží?

*„Ano, nouzové osvětlení je, viz výše (plné osvětlení je 300 lx, nouzové mnohem méně, tuším jen několik málo lx, svítí jen zářivky v mezidveřním prostoru). Vydrží 1 hodinu.“*

## Komunikace

16. Fungují v nouzovém režimu prostředky ke komunikaci s cestujícími (rozhlas)?

*„Ano.“*

17. Může strojvedoucí něco sdělit cestujícím ve vagonech i po výpadku elektrické energie?

*„Může použít vlakový rozhlas, který pracuje z vozové baterie, tudíž vydrží 1hodinu.“*

18. Jak je zajištěna komunikace mezi zaměstnanci během výpadku?

*„Komunikace je zajištěna telefony a radiostanicemi, případně staničním rozhlasem.“*

## Tunely

19. Existují nouzové výstupy z tunelů?

*„Ano existují, ale pro evakuaci cestujících i při blackout se počítá s evakuací přes vestibul stanice.“*

20. Existuje systém na odčerpávání vody z metra při delším trvání blackoutu?

*„Ano, čerpání vody je zajištěno i při blackoutu.“*



## Vzduchotechnika

21. Je možnost odvětrávání prostor metra i bez použití elektrické energie?

*„Pražské metro používá systém nuceného větrání. Ve větracích šachtách jsou výkonné ventilátory, které vhání vzduch do metra, nebo naopak odvádí vzduch z metra ven. Při výpadku napájení není nutné, aby byly v provozu všechny ventilátory – bude záležet na konkrétní situaci, ale i na ročním období. Pokud by v podzemí již nebyly žádné cestující, větrání lze významně omezit.“*

22. Je v prostorách metra systém odvětrávání možných spalin nezávislý na elektrické energii?

*„Ne, pro případ požáru je nutné využít ventilátory hlavního větrání. i v případě poruchy lze využít působení ventilátorů v sousední větrací šachtě.“*

23. Jsou při výpadku elektrické odvětrávány soupravy?

*„Nucené větrání (ventilace) ve vozech metra je pouze v tzv. voze M1 na trase „C“. Při blackoutu by toto větrání fungovalo na baterie vozu, ale pouze po relativně krátkou dobu. Pravděpodobně by větrání bylo vypnuto z důvodu zachování energie např. pro nouzové osvětlení vozu.“*

## Doplňující otázky

24. Je možné, že na některých úsecích nemusí souprava dojet do stanice?

*„Ano, teoreticky se to stát může. Souprava při blackoutu může zůstat v nejhlubším místě trati.“*

25. Pokud ano, bude evakuace cestujících vedena tunelem? Je zpracovaný plán pro evakuaci cestujících ze “zaseknuté” soupravy? Byl tento plán někdy prozkoušen?

*„Evakuace cestujících bude vedena vždy tunelem do nejbližší stanice. Evakuace cestujících ze soupravy, která by uvízla, v tunelu bude provedena tunelem za pomoci HZS DP.“*

26. Existuje plán, pro případ požáru při blackoutu v prostorách metra? Pokud ano, byl tento plán někdy vyzkoušen?

*„Požár v metru při blackoutu je krajně nepravděpodobný. V metru jsou používány nehořlavé materiály a materiály, které při požáru neemitují škodlivé/jedovaté látky. Jediným faktickým zdrojem požáru v metru jsou elektrická zařízení. Neřešíme zde případné úmyslné činy, terorismus a jejich souběh s blackoutem.“*

27. Existuje časový harmonogram evakuace cestujících při výpadku elektrické energie ze stanic, eventuálně ze soupravy zaseknuté v nejhlubším místě trati? Za jak dlouho od výpadku je reálné, aby všichni cestující byli venku z prostorů metra?

*„Tato otázka pravděpodobně nebyla nikdy takto řešena. Pokud souprava zastaví ve stanici nebo v její blízkosti, doba evakuace se odhaduje na 30 minut (vycházíme především ze zkušeností při evakuacích z jiných důvodů – požár, podezření na bombu apod.).*

*V případě, že souprava uvízne v nejnižším bodě trati, evakuace bude trvat nepochybně déle. Tato varianta dle mého názoru nebyla nikdy vyzkoušena, proto i nelze odhadnout čas potřebný pro evakuaci.*

*Je třeba si uvědomit, že ač budeme bez napětí, souhlas s evakuací cestujících ze soupravy po kolejišti do nejbližší stanice bude vydán až po zazkratování trati, což*

*vyžaduje jistý čas. Nelze rovněž vyloučit, že cestující mohou propadnout panice a opouštět soupravu bez povolení nebo pokyny strojvedoucího.*

*Naprostá většina cestujících při blackoutu bude pravděpodobně mimo metro do 30 minut, k cestujícím (soupravám), kteří uvíznou mimo stanice, pojedou hasiči HZS DP.“*