

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY**

**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING**

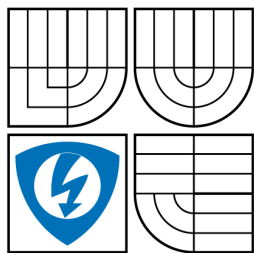
**VÝPOČET SPOLEHLIVOSTNÍCH UKAZATELŮ
ČÁSTI SÍTĚ E.ON ČR**

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

EDUARD GIRGA

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektroenergetika

Student: Bc. Eduard Girga

ID: 78081

Ročník: 2

Akademický rok: 2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

Výpočet spolehlivostních ukazatelů části distribuční sítě E-ON ČR

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem této práce je vyhodnocení spolehlivosti dodávky pro část sítě společnosti E-ON Česká Republika na hladině napětí vn. Základní části práce jsou:

1. Teorie spolehlivosti a základní pojmy
2. Hodnocení spolehlivosti dodávky elektrické energie
3. Struktura sítě E-ON
4. Analýza příčin výpadků
5. Analýza doby vzniku výpadku

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 8.2.2010

Termín odevzdání: 24.5.2010

Vedoucí práce: Ing. Martin Paar, Ph.D.

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

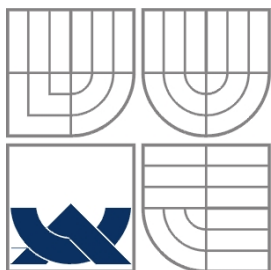
Bibliografická citace práce:

GIRGA, E. Výpočet spolehlivostních ukazatelů části sítě E.ON ČR. Diplomová práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2010, 72 stran.

Prohlašuji, že jsem svou **diplomovou práci** vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

Zároveň bych na tomto místě chtěl poděkovat zaměstnancům společnosti E.ON Česká republika, s.r.o. Ing. Janu Kyršovi a Ing. Petru Vaculíkovi a vedoucímu diplomové práce Ing. Martinu Paarovi, Ph.D. za pomoc a cenné rady k vypracování mé práce.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



**Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky**

Diplomová práce

Výpočet spolehlivostních ukazatelů části sítě E.ON ČR

Eduard Girga

vedoucí: Ing. Martin Paar, Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2010

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Electrical Power Engineering**

Master's Thesis

The continuity indicators calculation of E.ON ČR distribution network segment

by

Eduard Girga

Supervisor: Ing. Martin Paar, Ph.D.

Brno University of Technology, 2010

Brno

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je výpočet a analýza spolehlivostních ukazatelů distribuční sítě společnosti E.ON Česká republika, s.r.o. na území jižní Moravy (oblast bývalé Jihomoravské energetiky) pro období jednoho roku, tj. od 1. listopadu 2008 do 31. října 2009. V úvahu jsou brány události vzniklé na venkovních nebo kabelových vedeních hladiny vysokého napětí nebo s těmito vedeními přímo související. Nejsou však uvažovány události vzniklé v důsledku rozsáhlých kalamitních přerušení dodávky elektřiny způsobené mimořádně nepříznivými vnějšími vlivy, na které není možné prvky sítě efektivně dimenzovat. U těchto událostí je znám čas vzniku, celková doba trvání, místo a příčina vzniku poruchy. Analýza spolehlivostních ukazatelů je provedena podle několika hledisek. Tím prvním jsou jednotlivé hodiny dne, po jejichž dobu událost trvala. Druhým kritériem jsou jednotlivé hodiny dne, ve kterých došlo ke vzniku nebo zjištění události. Předmětem třetí části analýzy je prvek určený jako zodpovědný za vznik události. A konečně posledním aspektem je procentuální zatížení vývodu, na kterém nastala událost. Toto zatížení bylo určeno jako poměr proudu protékajícího vývodem v okamžiku vzniku události a hodnoty maximálního proudu nastaveného na ochraně tohoto vývodu. Údaje zmíněné v poslední větě byly vyhledány v dispečerském centru pomocí grafického rozhraní aplikace RIS JME Brno.

V teoretické části je popsána struktura distribuční sítě a její zásadní vliv na nepřetržitost dodávky elektrické energie, způsoby hodnocení a zvyšování spolehlivosti dodávky elektrické energie, regulace nepřetržitosti dodávky elektrické energie s důrazem na regulaci v České republice platnou do 26. února 2010 a od 27. února 2010. Poslední teoretická část je věnována definování poruchy a diferenciaci poruch podle různých hledisek.

KLÍČOVÁ SLOVA: analýza; distribuční síť; nepřetržitost dodávky elektrické energie; porucha; prvek; regulace; spolehlivostní ukazatele; struktura sítě; vedení

ABSTRACT

The aim of this master's thesis is calculation and analysis of reliability indicators of the company E.ON Česká republika, s.r.o. distribution network in the south Moravia territory (area of former Jihomoravská energetika) for the period of one year, from 1st November 2008 to 31st October 2009. We consider events incurred on overhead or underground lines of level of high voltage or directly connected with these lines. Events originated from extensive disaster interruption of electric energy supply caused by particularly unfavourable external effects are not considered, because network components can not be efficiently dimensioned on those influences. Known aspects of the events are time of origin, time duration, place and cause of failure inception. Analysis of reliability indicators is accomplished according to different point of view. The first aspect is the hours of day, during which the event lasted. The second aspect is the hours of day, during which the event incurred. The third one focuses component pointed as reliable for the origin of the event. The last standpoint is percentage load of the line outlet, on which the event occurred. We can ordain this load as the proportion of current flowing through the line outlet in the time of event inception and of the value of maximum current set up on the protection of the line outlet. Indications mentioned in the last sentence were searched in the dispatcher centre thanks to graphical interface of application RIS JME Brno.

In the theoretical part of the work there is described the structure of distribution network and its fundamental influence on the continuity of electric energy supply, the ways of evaluation and increasing of electric energy supply reliability, regulation of continuity of electric energy supply with emphasis on regulation in the Czech Republic valid until 26th February 2010 and since 27th February 2010. The last theoretical part focuses on definition of failure and differentiation of failures according to various aspects.

KEY WORDS:

analysis; component; continuity indicators; continuity of power supply; distribution network; power line; regulation; reliability; network structure

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	10
SEZNAM TABULEK	12
SEZNAM SYMBOLŮ.....	13
SEZNAM ZKRATEK.....	15
1 ÚVOD.....	16
2 CÍLE.....	18
3 ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVA ČESKÉ REPUBLIKY	19
3.1 ROZDĚLENÍ DISTRIBUČNÍCH SÍTÍ.....	20
3.2 ELEKTRICKÁ VEDENÍ.....	22
3.2.1 VENKOVNÍ VEDENÍ	22
3.2.2 KABELOVÁ VEDENÍ.....	22
3.3 PRINCIPIÁLNÍ ŘEŠENÍ ELEKTRICKÝCH SÍTÍ VN Z HLEDISKA USPOŘÁDÁNÍ	23
3.3.1 PAPRSKOVÁ SÍŤ.....	23
3.3.2 OKRUŽNÍ SÍŤ	23
3.3.3 ZAUZLENÁ SÍŤ.....	24
3.4 ELEKTRICKÉ STANICE	24
3.5 KOLEKTORY	25
4 SPOLEHLIVOST ELEKTRICKÝCH SÍTÍ.....	26
4.1 ZÁKLADY SPOLEHLIVOSTI	26
4.2 UKAZATELE SPOLEHLIVOSTI DISTRIBUČNÍCH SÍTÍ	28
4.3 ZVÝŠENÍ SPOLEHLIVOSTI DODÁVKY ELEKTRICKÉ ENERGIE Z DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY.....	31
5 REGULACE NEPŘETRŽITOSTI DODÁVKY ELEKTRICKÉ ENERGIE	32
5.1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY	32
5.2 STANDARDY NEPŘETRŽITOSTI DODÁVKY	33
5.3 REGULACE KVALITY DODÁVKY V ČESKÉ REPUBLICE.....	34
5.3.1 REGULACE KVALITY DODÁVKY PLATNÁ DO 26. ÚNORA 2010	34
5.3.2 REGULACE KVALITY DODÁVKY PLATNÁ OD 27. ÚNORA 2010	37
5.3.3 POROVNÁNÍ PŮVODNÍ A NOVELIZOVANÉ VERZE VYHLÁŠKY Č. 540/2005 SB.	41
6 PORUCHY.....	42
7 ANALÝZA VÝPADKŮ POMOCÍ SPOLEHLIVOSTNÍCH UKAZATELŮ	44
7.1 ANALÝZA VÝPADKŮ PODLE HODIN DNE, V NICHŽ SE VYSKYTOVALY.....	44
7.2 ANALÝZA VÝPADKŮ PODLE HODINY DNE, V NÍŽ DOŠLO K JEJICH VZNIKU RESP. ZJIŠTĚNÍ	49
7.3 ANALÝZA VÝPADKŮ PODLE PRVKŮ ZODPOVĚDNÝCH ZA JEJICH VZNIK	55
7.4 ANALÝZA VÝPADKŮ PODLE ZATÍŽENÍ VÝVODU V OKAMŽIKU VZNIKU UDÁLOSTI	61
8 ZÁVĚR.....	70

POUŽITÁ LITERATURA	72
---------------------------------	-----------

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3-1 Struktura elektrizační soustavy ČR [6]	19
Obr. 3-2 Paprsková síť vn [6]	23
Obr. 3-3 Okružní síť vn [6]	24
Obr. 7-1 SAIFI podle hodin výskytu – hladina vn	45
Obr. 7-2 SAIFI podle hodin výskytu – hladina nn	45
Obr. 7-3 SAIFI podle hodin výskytu – obě hladiny	46
Obr. 7-4 SAIDI podle hodin výskytu – hladina vn	46
Obr. 7-5 SAIDI podle hodin výskytu – hladina nn	47
Obr. 7-6 SAIDI podle hodin výskytu – obě hladiny	47
Obr. 7-7 CAIDI podle hodin výskytu – hladina vn	48
Obr. 7-8 CAIDI podle hodin výskytu – hladina nn	48
Obr. 7-9 CAIDI podle hodin výskytu – obě hladiny	49
Obr. 7-10 Výpočet střední doby trvání přerušení	50
Obr. 7-11 SAIFI podle hodin vzniku – hladina vn	50
Obr. 7-12 SAIFI podle hodin vzniku – hladina nn	51
Obr. 7-13 SAIFI podle hodin vzniku – obě hladiny	51
Obr. 7-14 SAIDI podle hodin vzniku – hladina vn	52
Obr. 7-15 SAIDI podle hodin vzniku – hladina nn	52
Obr. 7-16 SAIDI podle hodin vzniku – obě hladiny	53
Obr. 7-17 CAIDI podle hodin vzniku – hladina vn	53
Obr. 7-18 CAIDI podle hodin vzniku – hladina nn	54
Obr. 7-19 CAIDI podle hodin vzniku – obě hladiny	54
Obr. 7-20 SAIFI podle prvku – hladina vn	55
Obr. 7-21 Podíl prvků na celkovém SAIFI – hladina vn	56
Obr. 7-22 SAIFI podle prvku – hladina nn	56
Obr. 7-23 SAIFI podle prvku – obě hladiny	57
Obr. 7-24 SAIDI podle prvku – hladina vn	57
Obr. 7-25 Podíl prvků na celkovém SAIDI – hladina vn	58
Obr. 7-26 SAIDI podle prvku – hladina nn	58
Obr. 7-27 SAIDI podle prvku – obě hladiny	59
Obr. 7-28 CAIDI podle prvku – hladina vn	59
Obr. 7-29 Podíl prvků na celkovém CAIDI – hladina vn	60

Obr. 7-30 CAIDI podle prvku – hladina nn	60
Obr. 7-31 CAIDI podle prvku – obě hladiny	61
Obr. 7-32 SAIFI podle zatížení – hladina vn	62
Obr. 7-33 Distribuční funkce zatížení vývodu podle ukazatele SAIFI – hladina vn	62
Obr. 7-34 SAIFI podle zatížení – hladina nn	63
Obr. 7-35 Distribuční funkce zatížení vývodu podle ukazatele SAIFI – hladina nn	63
Obr. 7-36 SAIFI podle zatížení – obě hladiny	64
Obr. 7-37 SAIDI podle zatížení – hladina vn	64
Obr. 7-38 Distribuční funkce zatížení vývodu podle ukazatele SAIDI – hladina vn	65
Obr. 7-39 SAIDI podle zatížení – hladina nn	65
Obr. 7-40 Distribuční funkce zatížení vývodu podle ukazatele SAIDI – hladina nn	66
Obr. 7-41 SAIDI podle zatížení – obě hladiny	66
Obr. 7-42 CAIDI podle zatížení – hladina vn	67
Obr. 7-43 Distribuční funkce zatížení vývodu podle ukazatele CAIDI – hladina vn	67
Obr. 7-44 CAIDI podle zatížení – hladina nn	68
Obr. 7-45 Distribuční funkce zatížení vývodu podle ukazatele CAIDI – hladina nn	68
Obr. 7-46 CAIDI podle zatížení – obě hladiny	69

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 7-1 Zkrácená verze číselníku Prvky</i>	<i>55</i>
<i>Tab. 8-1 Porovnání hodnot spolehlivostních ukazatelů</i>	<i>71</i>

SEZNAM SYMBOLŮ

$CAIDI$	ukazatel průměrné doby trvání přerušení u odběratele	min
$F(x)$	Distribuční funkce náhodné veličiny x	-
O_G	celkový počet odběrných míst v síti	-
O_u	počet odběrných míst u -tého uzlu	-
$P_{\max,o}$	maximální odebíraný výkon ve sledovaném období u o -tého odběratele	W
$SAIDI$	ukazatel průměrné systémové doby trvání přerušení	$\text{min} \cdot \text{r}^{-1}$
$SAIFI$	ukazatel průměrné systémové četnosti přerušení dodávky	r^{-1}
T_s	doba sledování	h
$T_{u,o}$	doba užívání maxima u o -tého odběratele	h
$W_{\text{ned},o}$	pravděpodobně nedodaná elektrická energie o -tému odběrateli	J
X	náhodná veličina	-
$caidi$	poměrná hodnota ukazatele CAIDI vzhledem k celkové hodnotě	%
i	index pořadí přerušení	-
n_o	počet přerušení u o -tého odběratele ve sledovaném období	r^{-1}
n_u	počet přerušení v u -tém uzlu ve sledovaném období	r^{-1}
n_{0j}	počet zákazníků, kterým byla přerušena dodávka v okamžiku vzniku události	-
n_{2j}	počet zákazníků, kterým byla přerušena dodávka v okamžiku konce manipulací pro vymezení poruchy	-
o	index odběratele	-
$saidi$	poměrná hodnota ukazatele SAIDI vzhledem k celkové hodnotě	%
$saifi$	poměrná hodnota ukazatele SAIFI vzhledem k celkové hodnotě	%
t_i	doba trvání přerušení dodávky	min
$t_{i,o}$	doba trvání i -tého přerušení ve sledovaném období u o -tého odběratele	min
$t_{p,o}$	průměrná doba trvání přerušení ve sledovaném období u o -tého odběratele	min
$t_{s,o}$	souhrnná doba trvání přerušení ve sledovaném období u o -tého odběratele	min
$t_{i,u}$	doba trvání i -tého přerušení ve sledovaném období v u -tém uzlu	min
$t_{p,u}$	průměrná doba trvání přerušení ve sledovaném období v u -tém uzlu	min
t_{sj}	střední doba trvání přerušení pro zákazníka postiženého danou událostí	min

	vzniklou na hladině vn	
$t_{s,u}$	souhrnná doba trvání přerušení ve sledovaném období v u -tém uzlu	min
t_{0j}	datum a čas vzniku události	
t_{1j}	datum a čas začátku manipulací	
t_{2j}	datum a čas konce manipulací pro vymezení poruchy	
t_{3j}	datum a čas obnovení distribuce v úseku ovlivněném událostí	
u	index uzlu sítě	-
x	hodnota náhodné veličiny	-

SEZNAM ZKRATEK

AFXz	jednoduchý izolovaný vodič
ANTOYPVs	typ silového kabelu s hliníkovým jádrem
AVXEKVCE	typ silového kabelu s hliníkovým jádrem
AVXEKVCEY	typ silového kabelu s hliníkovým jádrem
AXEKCEY	typ silového kabelu s hliníkovým jádrem
AXEKVCEY	typ silového kabelu s hliníkovým jádrem
AXEKVCY	typ silového kabelu s hliníkovým jádrem
A2XS(F)2Y	typ silového kabelu s hliníkovým jádrem
AlFe	ocelohliníkový vodič (lano)
CEER	Council of European Energy Regulators (Rada evropských energetických regulátorů)
CXEKVCEY	typ silového kabelu s měděným jádrem
CXEKVCY	typ silového kabelu s měděným jádrem
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
DISTRI	slaněný izolovaný vodič
DS	distribuční soustava
DT	distribuční transformovna
EN	Evropská norma
ERÚ	Energetický regulační úřad
ES	elektrizační soustava
PDS	provozovatel distribuční soustavy
SAX	jednoduchý izolovaný vodič
SAXKA	slaněný izolovaný vodič
SAX-W	izolovaný vodič
VR	vstupní napájecí rozvodna
VT	vstupní napájecí transformovna
ZS	zemní spojení
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
nn	nízké napětí
vn	vysoké napětí
vvn	velmi vysoké napětí

1 ÚVOD

S problémem spolehlivosti sítí vyvstal problém regulace nepřetržitosti dodávky elektrické energie. Distribuce elektřiny patří do odvětví tzv. přirozených monopolů, jejichž fungování je zabezpečeno pouze jedinou sítí, budování paralelní infrastruktury by totiž nebylo ekonomicky efektivní. Aby nedocházelo k tomu, že monopoly budou nekontrolovatelně určovat ceny a naopak se nebudou dostatečně věnovat zvyšování (popř. alespoň udržování současné) kvality dodávky, musí být regulovány státem. V České republice (ČR) byl k výkonu regulace v energetice zřízen Energetický regulační úřad (ERÚ), který k regulaci nepřetržitosti dodávky elektrické energie používá přístup orientovaný na kvalitu soustavy, jenž se zaměřuje na nepřetržitosti provozu soustavy jednotlivých držitelů licence jako celku. Při tomto přístupu se pro vyhodnocení nepřetržitosti soustav používají tzv. agregované ukazatele. V ČR se k tomuto účelu používají ukazatele SAIFI, SAIDI a CAIDI. Výhodou těchto ukazatelů je, že umožňují jednoduché porovnávání spolehlivosti distribučních sítí jako celků. Při tomto porovnávání by se ovšem měl brát v úvahu různý charakter provozovaných sítí (venkovní, kabelová nebo smíšená; klimatické podmínky v místě provozu sítě; lokalizace sítě). Pro komplexní hodnocení spolehlivosti sítě a její zlepšování jsou proto potřebné i další spolehlivostní charakteristiky. V současné době dochází k častému srovnávání spolehlivosti sítí napříč zeměmi Evropské unie potažmo celého světa, což sebou přináší značné problémy, neboť v problematice spolehlivosti elektrizačních sítí existuje v současné době značná nejednotnost terminologie a způsobů výpočtů jednotlivých ukazatelů v různých zemích, což zhoršuje možnost objektivitu tohoto srovnávání. Tento problém se snaží postupně řešit Rada evropských energetických regulátorů (CEER), jejíž členem je i ERÚ. CEER je neziskové sdružení, ve kterém dobrovolně spolupracují evropští nezávislí národní regulátoři trhu s elektřinou a plynem, aby chránili zájmy zákazníků a umožnili vytvoření jednotného, konkurenčního, efektivního a trvale udržitelného vnitřního trhu s plynem a elektřinou v Evropě. Sdružuje všech 27 regulátorů působících v jednotlivých zemích Evropské unie. CEER je členem Mezinárodní sítě energetických regulátorů, jež usnadňuje mezinárodní spolupráci mezi energetickými regulátory. Problematice základů spolehlivosti distribučních sítí a regulace nepřetržitosti dodávky s důrazem na regulaci v ČR jsou věnovány kapitoly 4., 5. a 6. této diplomové práce.

Na spolehlivostní ukazatele elektrizační soustavy má zásadní vliv uspořádání a typ použitých prvků. Proto je v kapitole 3. popsána struktura elektrizační soustavy ČR, přičemž je podrobněji popsána struktura soustavy distribuční hladiny vysokého napětí se zvláštním zaměřením na druhy vedení použité na této napěťové úrovni. V této kapitole jsou rovněž shrnuty některá základní opatření vedoucí k zvýšení spolehlivosti dodávky elektrické energie z distribuční sítě.

Výše uvedené kapitoly jsou součástí teoretické části práce, ve které je zpracován potřebný základ k pochopení části praktické, již je věnována kapitola 7. V této kapitole je provedena analýza spolehlivostních ukazatelů distribuční sítě společnosti E.ON Česká republika, s.r.o. na území jižní Moravy (oblast bývalé Jihomoravské energetiky) pro období jednoho roku, tj. od 1. listopadu 2008 do 31. října 2009. Toto období bylo vybráno kvůli nejvyšší konzistenci dat, snadné dohledatelnosti všech údajů a jejich pospojování. Důvodem geografického omezení je rozdílný přístup ke zpracování dat v oblasti bývalé Jihočeské energetiky a v oblasti bývalé Jihomoravské energetiky, který je dán rozdílným historickým vývojem obou soustav. V úvahu jsou brány události vzniklé na venkovních nebo kabelových vedeních hladiny vysokého napětí nebo s těmito vedeními přímo související. Nejsou však uvažovány události vzniklé v důsledku rozsáhlých kalamitních přerušení dodávky elektřiny způsobené mimořádně nepříznivými

vnějšími vlivy, na které není možné prvky sítě efektivně dimenzovat. U těchto událostí je znám čas vzniku, celková doba trvání, místo a příčina vzniku poruchy. Analýza spolehlivostních ukazatelů je provedena podle několika hledisek. Tím prvním jsou jednotlivé hodiny dne, po jejichž dobu událost trvala. Druhým kritériem jsou jednotlivé hodiny dne, ve kterých došlo ke vzniku nebo zjištění události. Předmětem třetí části analýzy je prvek určený jako zodpovědný za vznik události. A konečně posledním aspektem je procentuální zatížení vývodu, na kterém nastala událost. Toto zatížení bylo určeno jako poměr proudu protékajícího vývodem v okamžiku vzniku události a hodnoty maximálního proudu nastaveného na ochraně tohoto vývodu. Údaje zmíněné v poslední větě byly vyhledány v dispečerském centru pomocí grafického rozhraní aplikace RIS JME Brno.

2 CÍLE

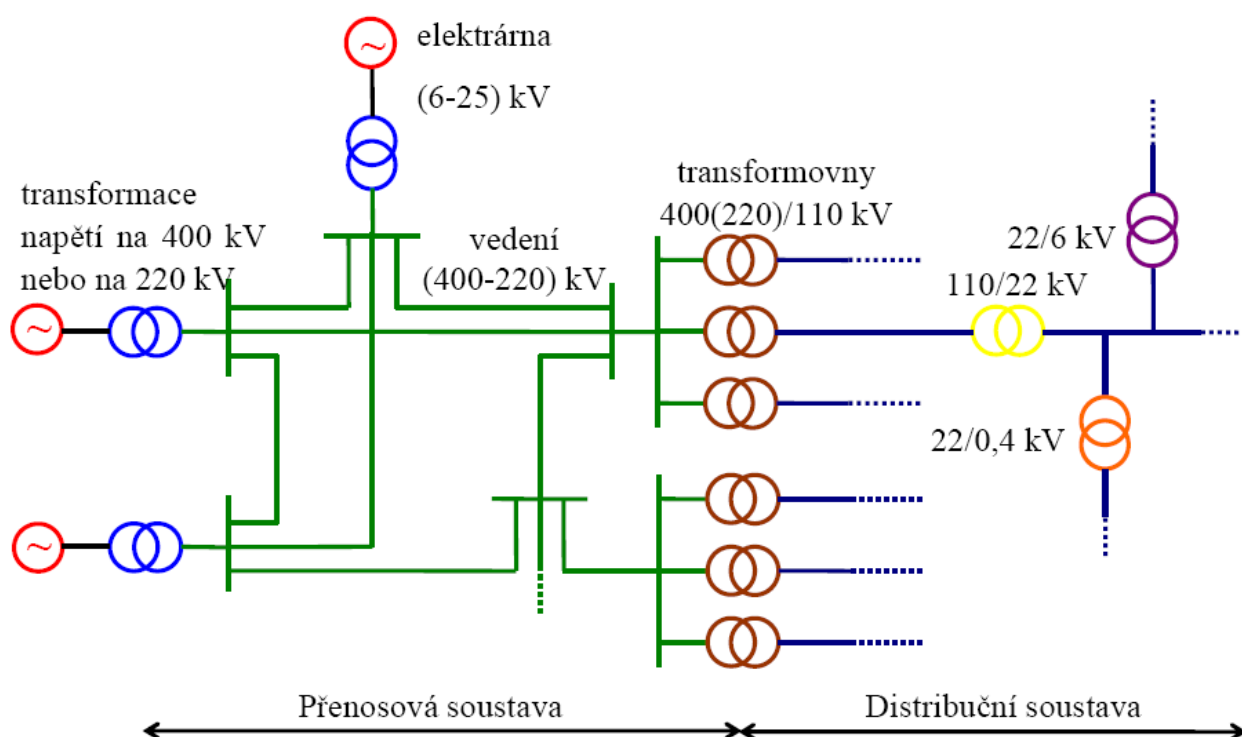
Stěžejními cíli této diplomové práce jsou analýza příčin výpadků a analýza doby vzniku výpadku části distribuční sítě E.ON ČR. Tyto hlavní cíle doplňují analýza doby trvání výpadku a analýza zatížení vývodu, na němž nastala událost, v okamžiku jejího vzniku. Všechny analýzy budou provedeny z dat o událostech na venkovních a kabelových vedeních v oblasti jižní Moravy (bývalá Jihomoravská energetika) shromážděných za období jednoho roku. Zmíněným analýzám je podřízena struktura a obsah teoretické části diplomové práce, kde budou rozebrány hlavní vlivy na nepřetržitost dodávky, základy spolehlivosti elektrických sítí a regulace nepřetržitosti dodávky elektrické energie. Regulace je v práci obsažena především z důvodu její úzké návaznosti na spolehlivostní ukazatele.

3 ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVA ČESKÉ REPUBLIKY

Na spolehlivost elektrizační soustavy má zásadní vliv uspořádání a typ použitých prvků. Proto je vhodné si popsat strukturu elektrizační soustavy ČR, přičemž bude podrobněji popsána struktura soustavy distribuční hladiny vn.

Elektrizační soustava (ES) je vzájemně propojený soubor zařízení, který zahrnuje:

- výrobní elektrické energie,
- přenos, transformaci a distribuci elektrické energie, včetně elektrických přípojek,
- systémy měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky,
- spotřebiče [1].



Obr. 3-1 Struktura elektrizační soustavy ČR [6]

Elektrická síť – soubor jednotlivých, vzájemně propojených, elektrických stanic a elektrických vedení určených pro přenos a rozvod elektrické energie. Slouží jako spojovací článek mezi výrobou a spotřebou elektrické energie. Elektrické sítě lze dále dělit.

Elektrické sítě podle proudové soustavy:

- **stejnoseměrné elektrické sítě,**
- **střídavé elektrické sítě.**

Elektrické sítě podle účelu:

- **přenosové sítě** – určeny pro přenos velkých výkonů na velké vzdálenosti. V ČR mají přenosové sítě jmenovité napětí 400 kV, 220 kV a ve vybraných případech i 110 kV.

- **distribuční (rozvodné) síť** – tvoří je soubor zařízení pro rozvod elektrické energie z přenosové soustavy nebo ze zdrojů zapojených do ní ke koncovým uživatelům. V ČR mají distribuční síť jmenovité napětí 110 kV a nižší.
- **průmyslové síť** – slouží k rozvodu elektrické energie v průmyslovém objektu nebo provozu od hlavní stanice objektu (provozu) k jednotlivým spotřebičům. Napětí obvykle odpovídá napětí spotřebičů (např. 6 kV, 10 kV) [1].

3.1 Rozdělení distribučních sítí

Distribuční síť lze dělit podle různých hledisek [13]:

- úroveň napětí,
- funkce prvku,
- spolehlivost zásobování,
- druh elektrického vedení,
- provoz uzlu transformátoru,
- schéma sítě a provozované zapojení sítě,
- způsob chránění a jištění apod.

Úroveň napětí

- síť 110 kV, která většinou představuje pro městské i průmyslové síť nadřazenou napájecí soustavu (vyjma velkoměst nepájených z přenosové soustavy),
- síť vn, která přivádí elektrickou energii co nejbližší spotřebitelům, a to do distribučních vn/nn,
- síť nn, která přenáší elektrickou energii z distribučních stanic ke spotřebitelům.

Funkce prvku

- vstupní napájecí transformovny (VT) (buď 110 kV/vn nebo vn/nn) nebo vstupní napájecí rozvodny vn (VR) se rovněž nazývají hlavní – slouží k přivedení výkonu do objektu z napájecích bodů distribuční sítě,
- hlavní vedení vn (zpravidla bez odboček) – slouží k vedení elektrické energie ze vstupní napájecí elektrické stanice (transformovny, rozvodny) do podružných spínacích stanic vn,
- podružná vedení vn – jsou vedená z podružných stanic vn a jsou v nich provedeny odbočky k distribučním transformovným vn/nn (DT).

Uvedené dělení platí pouze pro síť vn a v sítích nn nemá význam.

Rozdělení na hlavní (napájecí) a podružné elektrické stanice nebo vedení má vliv na vybavení elektrických stanic spínacími prvky, ochranami a měřeními. U elektrických vedení má vliv na jejich provedení (typ sítě) a na průřezy.

Spolehlivost zásobování

- bez rezervy (jeden transformátor, jedno vedení),
- s rezervou (více transformátorů, dvojité vedení, záložní napájení apod.),
- s ručním přepínáním rezervy (tj. s přerušením dodávky elektrické energie),
- s automatickým přepínáním rezervy (tj. bez přerušení dodávky elektrické energie).

Druh elektrického vedení

- venkovní vedení (holé, izolované),

- kabelové vedení,
- smíšené vedení (část kabely, část venkovní vedení).

Druhy elektrických vedení o jmenovitém napětí 22 kV budou podrobněji rozebrány v oddílu 3.2.

Provoz uzlu transformátoru

- účinně uzemněný uzel (sítě 110 kV, 400/230 V),
- izolované síť (sítě vn malého rozsahu kabelové, smíšené nebo venkovní vedení),
- neúčinně uzemněný uzel
 - přes odpor (rozlehlé kabelové síť)
 - přes zhášecí tlumivku (venkovní vedení, kabelové síť malého rozsahu).

Způsob provozu uzlu transformátoru má vliv na chování sítě během vodivého spojení jedné fáze se zemí a to především na:

- velikost poruchového proudu,
- velikost napětí mezi zdravým fázovým vodičem a zemí.

Velikost poruchového proudu vede k rozhodování o způsobu dimenzování a chránění v soustavě, což má přímý vliv na spolehlivost sítě. U sítí účinně uzemněných zůstává velikost napětí zdravých fází vůči zemi při zemním spojení (ZS) na fázové hodnotě. Nevýhodou ovšem je, že při ZS jedné fáze se zemí musí být vedení v krátkém čase odpojeno, zemní proud (u těchto sítí nazývaný jednofázový zkratový proud) totiž obvykle dosahuje značných hodnot. V případě ZS u sítí izolovaných vzroste napětí zdravých fází na napětí sdružené. Poruchový proud závisí na rozlehlosti sítě, konkrétně na celkové velikosti její příčné admitance, a na napětí sítě. Výhodou je, že lze tyto síť při ZS dále provozovat, avšak pokud poruchový proud přesahuje 10 A a spojení se zemí je přerušované, tak vznikají na zdravých fázích značná přepětí, jež mohou způsobit dvojitě ZS (dvoufázový zkrat) a vedení musí být odpojeno. Omezení poruchových proudů při ZS lze dosáhnout uzemněním přes tlumivku nebo odpor. Pro napětí zdravých fází při neúčinně uzemněné síti přes zhášecí tlumivku (kompenzované síť) platí totéž co pro izolovanou síť, poruchový proud je však kompenzován induktivním proudem procházejícím zhášecí tlumivkou. Při správné kompenzaci je poruchový proud velmi malý, činného charakteru. Díky tomu lze síť při ZS nadále provozovat. Při neúčinně uzemněném uzlu přes odpor je výhodou rovněž zmenšení poruchového proudu ZS způsobené uzemňovacím odporem. Odpor tlumí také přepětí vznikající při ZS. Síť však nelze v případě ZS provozovat, neboť se jedná o jednofázový zkrat, jenž musí být v krátkém čase vypnut. K takto uzemněnému uzlu se přistupuje v případě rozlehlých kabelových sítí, kde hrozí velký poruchový proud [7].

Schéma sítě a provozované zapojení sítě

- paprskové síť,
- okružní síť
 - s rozděleným provozem
 - s propojeným provozem,
- mřížové síť
 - zjednodušené
 - klasické.

Druhy sítí o jmenovitém napětí 22 kV podle schéma sítě a provozovaného zapojení sítě budou podrobněji rozebrány v oddílu 3.3.

Způsob chránění a jištění

- selektivní (mřížová síť, okružní síť),
- neselektivní (paprsková síť).

3.2 Elektrická vedení

Elektrické vedení je základním prvkem přenosových a distribučních sítí a představuje soubor vodičů, izolačních materiálů a konstrukcí určených pro transport elektrické energie mezi dvěma body elektrické sítě – uzly. Uzlem rozumíme místo připojení zdroje, spotřebiče nebo místo rozvětvení vedení, změny jeho druhu (přechod kabelového na venkovní apod.) nebo elektrickou stanicí [1].

3.2.1 Venkovní vedení

Venkovní vedení tvoří buď holé nebo izolované vodiče, které jsou nad terénem vedeny pomocí izolátorů a vhodných podpěrných bodů (stožárů). Používají se tam, kde je pro ně dostatek prostoru a kde není nadměrná hustota zatížení. Z důvodu značně nižších investičních nákladů při výstavbě nových vedení jsou preferovány před vedeními kabelovými, jejich náklady na provoz a údržbu jsou však vyšší.

Venkovní vedení 22 kV – provozují se jako okružní i paprsková síť. Pro tato vedení se používají ocelohliníkové vodiče AlFe, kde hliník je dobrým vodičem elektrického proudu a ocel dodává vodiči dostatečnou mechanickou pevnost, jednoduché izolované vodiče AFXz nebo SAX a slané izolované vodiče SAXKA nebo DISTRI. Pro vedení 22 kV se ve firmě E.ON můžeme setkat s holými vodiči AlFe a v odůvodněných případech (okraj lesa, sady, atd.) s izolovanými vodiči SAX-W. Současným záměrem firmy je rozšiřovat venkovní vedení pouze ve venkovských oblastech, v městských aglomeracích a v jejich okolí se přechází na kabelové sítě vn [6].

3.2.2 Kabelová vedení

Kabelová vedení nacházejí uplatnění tam, kde nelze z prostorových, bezpečnostních, případně jiných důvodů (silná námrazová oblast, chemicky agresivní prostředí atd.) použít vedení venkovní. Hlavním nedostatkem kabelových vedení oproti venkovním vedením jsou podstatně vyšší pořizovací náklady. Silové kabely mohou být uloženy v zemi ve výkopu, v kabelových kanálech, mostech, šachtách, na rovném podkladě – stěně, konstrukci, lávce, na nosném laně nebo v kolektorech [6] [7].

Kabelová vedení 22 kV – v největší míře zastoupena v kabelových rozvodech velkých měst. Nejčastěji jsou provozována jako okružní síť. Velké nároky jsou kladeny na jejich odolnost vůči pronikání vlhkosti. V současné době se nejčastěji používají kabely s izolací ze zesíťovaného polyetylenu. Mezi nejčastěji používané kabely patří ANTOYPVs, AXEKCEY, AXEKVCEY, AXEKVCY, AVXEKVCE, AVXEKVCEY, CXEKVCY a CXEKVCEY. Do roku 2007 se používala u sítí firmy E.ON pouze kabelová vedení typu AXEKVCEY (A – hliníkové jádro, XE – zesíťovaný polyetylén, K – kabel, VC – stínění měděné kovové s ochranou proti podélnému

šíření vody pod pláštěm, EY – kombinovaný plášť z PE + PVC). Od roku 2007 se v sítích vn instaluje nový typ kabelu A2XS(F)2Y (A – hliníkové jádro, 2X – zesíťená XLPE izolace, S – měděné drátěné stínění, (F) podélná odolnost proti vodě, 2Y – PE vnější plášť). Tento typ kabelu se z požárních důvodů nesmí instalovat do kolektorů a kabelových prostor v budovách. Do kolektorů a kabelových prostor v budovách se v případě zaústění delších než 3 m bude nadále instalovat kabelové vedení typu AXEKVCEY [6].

3.3 Principiální řešení elektrických sítí vn z hlediska uspořádání

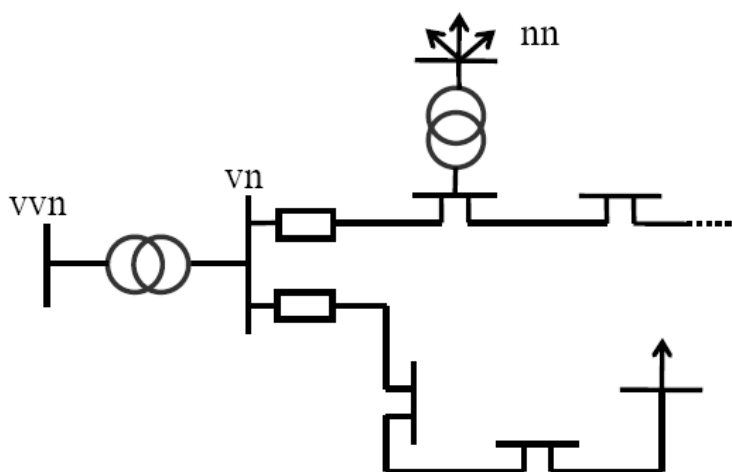
Sítě vn mohou být z hlediska uspořádání řešeny jedním ze dvou základních způsobů [7]:

- **otevřený rozvod** – elektrická energie je ke spotřebiči dodána jednou cestou (sítě paprskové),
- **uzavřený rozvod** – napájení lze vždy zajistit ze dvou nebo více stran (sítě okružní nebo zauzlené).

Výběr vhodného druhu rozvodu záleží na způsobu provozu řešené soustavy, jak z hlediska rozdělování výkonu, tak i z hlediska bezpečnosti a hospodárnosti.

3.3.1 Paprsková síť

Při tomto uspořádání elektrické vedení (venkovní nebo kabelové) vycházející z napájecího místa (transformovny nebo spínací stanice) zásobuje jednotlivé odběry. Každý vývod nebo-li paprsek je samostatný, vývody nelze vzájemně spojovat. Toto uspořádání je obvykle nejvýhodnější z hlediska investičních a provozních nákladů, nevýhodou je však nejmenší jistota zásobování. Při poruše totiž dochází k přerušení dodávky konečnému zákazníkovi, přerušení dodávky může trvat i několik hodin. Používá se v obcích, malých městech i v průmyslu, u sítí nn, vn, vvn [6] [13].

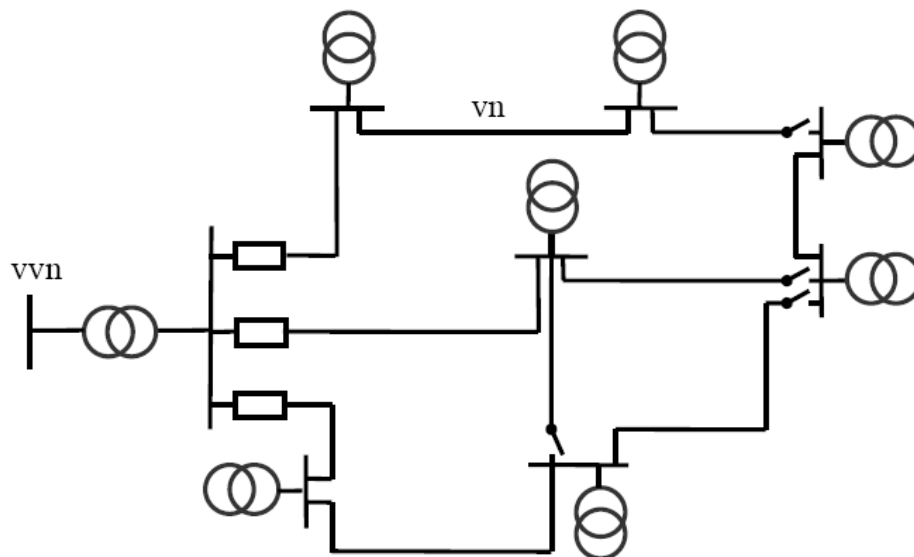


Obr. 3-2 Paprsková síť vn [6]

3.3.2 Okružní síť

Síť tohoto uspořádání se provozuje buď rozepnutá nebo sepnutá. Někdy se pro ní používá názvu smyčková. Jednotlivé paprsky nebo polosmyčky jsou vedeny způsobem umožňujícím jejich sepnutí. Obvykle jsou provozovány v rozepnutém stavu, tj. jako síť paprskové.

Pro vzájemné spojení je potřeba větších délek elektrických vedení, proto jsou tyto sítě dražší než sítě paprskové. Při poruše vedení lze však jednoduše postižený obvod přepnout na vývod sousední a to buď ručně, nebo automaticky. Další výhodou rozepnutých okružních sítí je možnost odlehčit přetížené vývody přepnutím části odběru na vývod málo zatížený a tímto způsobem alespoň přibližně dbát na rovnoměrné zatížení vývodů. Provoz těchto sítí je přehledný a nenáročný. Používá se u sítí nn, vn i vvn [13].



Obr. 3-3 Okružní síť vn [6]

3.3.3 Zauzlená síť

Vlastně se jedná o sepnutou okružní síť. Zauzlená síť se liší od klasických okružních sítí větším počtem smyček, tedy složitější konfigurací. Používá se převážně u sítí nn [6].

3.4 Elektrické stanice

Elektrická stanice je souhrn staveb a zařízení v uzlech elektrizační soustavy, který umožňuje:

- transformaci elektrické energie na jiné napětí a její rozvod – **transformovny a rozvodny**,
 - venkovní
 - zapouzdřené – používají se především při nedostatku místa (zejména ve městech),
- rozvod elektrické energie se stejným napětím – **spínací stanice**,
- přeměnu střídavého napětí na stejnosměrné nebo naopak a jeho rozvod - **měnírny**
 - měnirny přenosu – umožňují realizaci přenosu elektrické energie stejnosměrným napětím, slouží pro spojení soustav s různou frekvencí nebo s různým způsobem regulace
 - měnirny spotřebního charakteru – zajišťují stejnosměrné napětí pro trakci a některé průmyslové rozvody,
- kompenzaci elektrické energie – **kompenzační stanice**
 - s paralelní kompenzací – zmírňují nepříznivý vliv induktivní (jalové) složky proudu odebíraného spotřebičem na prvky ES,

- se sériovou kompenzací – zmenšují výslednou induktivní reaktanci vedení a tím rovněž úbytek napětí na vedení.

Spínací stanice taktéž výrazně zlepšují spolehlivost ES, umožňují v ní totiž provádět provozní manipulace. V případě poruchy umožňují eliminovat poruchu na co nejmenší počet odběratelů [1] [6] [7].

3.5 Kolektory

Kolektory jsou též součástí elektrizační soustavy, nelze je však zařadit mezi elektrické stanice. Jsou to podzemní objekty, do nichž se pokládají sítě různých typů (kabelová vedení, telekomunikační sítě, parovody, vodovody, kanalizace atd.). Z našeho pohledu je nejdůležitější, že na rozdíl od běžné pokládky kabelového vedení přímo do země jsou neustále přístupné, tím umožňují jednoduché rekonstrukce a obměny v síti. Jejich použitím se rovněž zvyšuje spolehlivost sítí, neboť zkracují dobu nutnou k opravení poruchy. Při uložení sítí v kolektoru se při jejich opravě nebo výměně vyhneme výkopům, které jsou finančně náročné a značně omezují dopravu ve městě. Kolektory se dělí na primární (hlubinné) a sekundární (podpovrchové). Primární kolektory se v závislosti na geologickém podlaží umísťují až do hloubky 30 metrů pod povrch, sekundární kolektory se obvykle nacházejí asi 5 metrů pod povrchem. Kolektorová síť je obvykle výsadou velkých měst, v ČR se nachází kolektorová síť v Praze (celková délka kolektorů téměř 90 km) a v Brně (celková délka kolektorů přibližně 17 km). Jednotlivé kolektory bez ucelenější koncepce byly vybudovány i v Ostravě, Plzni, Ústí nad Labem, Mostě, Karlových Varech a Jihlavě [6].

4 SPOLEHLIVOST ELEKTRICKÝCH SÍTÍ

4.1 Základy spolehlivosti

Oblast teorie spolehlivosti je velmi široká a zahrnuje různé obory lidské činnosti. V této kapitole se proto budeme zabývat pouze spolehlivostí v takovém rozsahu, abychom bez problémů porozuměli následujícím částem diplomové práce.

Pojem distribuční soustava byl sice již použit v předchozí kapitole, ovšem pro potřeby spolehlivosti je vhodné si jej přesně vymezit.

Distribuční soustava (DS) jsou vzájemně propojené soubory vedení a zařízení 110 kV (s výjimkou vybraných vedení a zařízení 110 kV, která jsou součástí přenosové soustavy) a vedení a zařízení o napětí 0,4/0,23 kV, 3 kV, 6 kV, 10 kV, 22 kV a 35 kV, sloužící k zajištění distribuce elektřiny na vymezených územích ČR, včetně systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky [8].

Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z DS

Jednotlivé charakteristiky napětí elektřiny, popisující kvalitu elektřiny dodávané z veřejné distribuční sítě nn a vn podle [4] v platném znění, jsou:

- a) kmitočet sítě,
- b) velikost napájecího napětí,
- c) odchylky napájecího napětí,
- d) rychlé změny napětí,
 - velikost rychlých změn napětí
 - míra vjemu flikru,
- e) krátkodobé poklesy napájecího napětí,
- f) krátkodobá přerušení napájecího napětí,
- g) dlouhodobá přerušení napájecího napětí,
- h) dočasná přepětí o síťovém kmitočtu mezi živými vodiči a zemí,
- i) přechodná přepětí mezi živými vodiči a zemí,
- j) nesymetrie napájecího napětí,
- k) harmonická napětí,
- l) mezipharmonická napětí,
- m) úroveň napětí signálů v napájecím napětí.

Z výše uvedeného výčtu charakteristik napětí se týkají spolehlivosti elektrizační soustavy pouze dlouhodobá přerušení napájecího napětí. Spolehlivost a plynulost distribuce je jednou z nejdůležitějších charakteristik elektřiny dodávané zákazníkům distribučních soustav i soustavy přenosové [3].

Spolehlivost je obecná vlastnost objektu spočívající v jeho schopnosti plnit požadované funkce při zachování hodnot stanovených provozních ukazatelů v daných mezích a v čase podle stanovených technických podmínek [2].

Z hlediska analýzy spolehlivosti je vhodné **objekty** dělit na dvě skupiny:

- **prvek** – jednotlivý objekt, jenž je zkoumán a jehož další struktura není při analýze podstatná,
- **systém** – skupina prvků propojených funkčními vazbami, jež jsou při analýze podstatné. Hranice mezi těmito dvěma skupinami záleží na druhu prováděné analýzy [10].

Objekty elektrizační soustavy se při používání v každém okamžiku nacházejí v určitém stavu.

Stavy objektů elektrizační soustavy:

- **provoz** – objekt vykonává požadovanou funkci
 - **plný provoz** – funkce je vykonávána zcela
 - **omezený provoz** – funkce je vykonávána částečně,
- **prostoj** – objekt v průběhu jeho používání není v provozu
 - **poruchový prostoj** – nastává v důsledku poruchy objektu, jeho součástí je: vyhledávání poruchy, oprava, kontrola funkce, organizační prostoj
 - **údržbový prostoj** – slouží k udržení provozuschopného a bezpečného stavu zařízení
 - **zálohový prostoj** – např. u důležitých zařízení jaderných elektráren, objekt je připraven k okamžitému přechodu do provozu.

Přechod mezi výše zmíněnými stavy nastává v důsledku **jevů**, nejdůležitější **jevy**:

- **porucha** – ukončení plného nebo omezeného provozu,
- **ukončení opravy** – obnovení plného nebo omezeného provozu,
- **ukončení prostoje**.

Poruchami se podrobněji bude zabývat kapitola 6.

Opravu a údržbu považujeme za **činnosti**:

- **oprava** – provádí se po výskytu poruchy za účelem navrátit objekt do bezporuchového stavu,
- **údržba** – provádí se za účelem udržet objekt v bezporuchovém stavu po dobu stanovenou technickými podmínkami [10].

Přerušeni dodávky je dle ČSN EN 50 160 definováno jako stav, při kterém je napětí v místě dodávky menší než 1 % jmenovitého napětí.

Přerušeni dodávky elektrické energie lze dále dělit podle různých kritérií, toto dělení je velmi důležité pro správný výpočet spolehlivostních ukazatelů.

Doba trvání přerušeni dodávky t_i dle ČSN EN 50 160:

- **dlouhodobé přerušeni** – delší než 3 minuty,
- **krátkodobé přerušeni** – od 1 sekundy do 3 minut.

Přerušeni dodávky podle napěťové hladiny na které došlo k poruše:

- **porucha na hladině vvn,**
- **porucha na hladině vn,**
- **porucha na hladině nn.**

Poruchy v přenosové síti (hladina vvn) obvykle nevedou k přerušení dodávky, neboť je tato soustava řešena jako okružní. S rostoucí napěťovou hladinou rostou možnosti zajištění náhradního napájení při poruše, ovšem podle konfigurace sítě roste i počet případně postižených odběratelů nejen vlastní napěťové úrovně, ale i nižších napěťových úrovní.

Dále lze přerušení dodávky rozdělit na [10]:

- **plánovaná přerušení** – vznikají při provádění plánovaných prací v síti v případech, kdy není možné zajistit odběrateli náhradní napájení, odběrateli jsou předem oznámena způsobem v místě obvyklým,
- **neplánovaná přerušení** – jsou způsobena trvalými nebo přechodnými poruchami spojenými s vnějšími vlivy, poruchami zařízení, chybnou manipulací, působením ochrana apod., odběrateli nejsou předem oznámena.

Plánovaná přerušení jsou z pohledu odběratele výhodnější, neboť se na ně může připravit, a proto při nich nedochází k takovým škodám (nedochází ke škodám na technologii, nebo ke škodám způsobeným při přerušení dodávky v určité fázi technologického procesu výroby).

Předmětem sledování spolehlivosti jsou ve smyslu vyhlášky ERÚ [16]:

- a) neplánovaná (nahodilá/poruchová) přerušení distribuce,
- b) plánovaná přerušení distribuce

s trváním delším než 3 minuty, tj. dlouhodobá přerušení. Při výpočtu spolehlivostních ukazatelů distribučních sítí nejsou uvažována rozsáhlá kalamitní přerušení dodávky elektřiny způsobená mimořádně nepříznivými vnějšími vlivy (přírodními - vichřice, povodně, rozsáhlé požáry apod., nebo v důsledku lidského zásahu – stávky, teroristické útoky, sabotáže apod.) na které není možné prvky sítě dimenzovat. O vyjmutí mimořádného přerušení distribuce musí PDS požádat ERÚ do 10 pracovních dnů ode dne, ve kterém k němu došlo a způsobem nevzbuzujícím důvodné pochybnosti prokázat jeho oprávněnost.

4.2 Ukazatele spolehlivosti distribučních sítí

Spolehlivost distribučních sítí je možné popsat řadou různých ukazatelů specifických pro tyto sítě a v jiných oblastech elektroenergetiky nepoužívaných. Tyto ukazatele zpravidla rozdělujeme na:

- základní ukazatele (lokální),
- agregované ukazatele (globální).

Základní ukazatele popisují spolehlivost dodávky elektrické energie u *o*-tého odběratele:

- počet přerušení u tohoto odběratele ve sledovaném období n_o ,
- souhrnná doba trvání přerušení u tohoto odběratele ve sledovaném období

$$t_{s,o} = \sum_{i=1}^{n_o} t_{i,o}, \quad (4.1)$$

kde $t_{i,o}$ je doba trvání *i*-tého přerušení ve sledovaném období u *o*-tého odběratele,

- průměrná doba trvání jednoho přerušení u tohoto odběratele ve sledovaném období

Chyba! Objekty nemohou být vytvořeny úpravami kódů polí. (4.2)

Základní ukazatele charakterizují dodávku z pohledu jednotlivých odběratelů, tj. z pohledu zákazníků [10].

Spolehlivost dodávky elektrické energie v u -tém uzlu sítě popisují následující ukazatele:

- počet přerušení v tomto uzlu ve sledovaném období n_u ,
- souhrnná doba trvání přerušení v tomto uzlu ve sledovaném období

$$t_{s,u} = \sum_{i=1}^{n_u} t_{i,u}, \quad (4.3)$$

kde $t_{i,u}$ je doba trvání i -tého přerušení ve sledovaném období v u -tém uzlu,

- průměrná doba trvání jednoho přerušení v tomto uzlu ve sledovaném období

$$t_{p,u} = \frac{t_{s,u}}{n_u}. \quad (4.4)$$

Agregované ukazatele spolehlivosti vyjadřují spolehlivost dodávky v síti jako celku (příp. její určité části, např. napětové úrovně), obvykle mají podobu průměrné hodnoty. V této části bude uveden způsob výpočtu tří nejpoužívanějších agregovaných ukazatelů:

- ukazatel průměrné systémové četnosti přerušení dodávky *SAIFI* (System Average Interruption Frequency Index)

$$SAIFI = \frac{\sum_u n_u \cdot O_u}{O_G} = \frac{\sum_o n_o}{O_G}, \quad (4.5)$$

kde O_u je počet odběrných míst u -tého uzlu, O_G je celkový počet odběrných míst v síti, n_u je počet přerušení v u -tém uzlu ve sledovaném období a n_o je počet přerušení u o -tého odběratele ve sledovaném období,

- ukazatel průměrné systémové doby trvání přerušení *SAIDI* (System Average Interruption Duration Index)

$$SAIDI = \frac{\sum_u t_{s,u} \cdot O_u}{O_G} = \frac{\sum_o t_{s,o}}{O_G}, \quad (4.6)$$

kde $t_{s,u}$ je souhrnná doba trvání přerušení v u -tém uzlu ve sledovaném období, $t_{s,o}$ je souhrnná doba trvání přerušení u o -tého uzlu ve sledovaném období,

- ukazatel průměrné doby trvání přerušení u odběratele *CAIDI* (Customer Average Interruption Duration Index)

$$CAIDI = \frac{\sum_u t_{s,u} \cdot O_u}{\sum_u n_u \cdot O_u} = \frac{\sum_o t_{s,o}}{\sum_o n_o} = \frac{SAIDI}{SAIFI}. \quad (4.7)$$

Tyto ukazatele umožňují jednoduché porovnávání spolehlivosti distribučních sítí jako celků. Při tomto porovnávání by se ovšem měl brát v úvahu různý charakter provozovaných sítí. Pro komplexní hodnocení spolehlivosti sítě a její zlepšování jsou potřebné i další spolehlivostní charakteristiky. Existují i další agregované ukazatele spolehlivosti, např. rostoucí citlivost odběrů na krátkodobá přerušení vedla k zavedení ukazatelů i pro tato přerušení. Dalšími ukazateli se však v této diplomové práci nebudeme zabývat, a proto tu nebudou podrobněji probírány [10].

Z ekonomického hlediska je důležitým ukazatelem spolehlivosti pravděpodobně nedodaná elektrická energie

$$W_{ned,o} = \frac{n_o \cdot t_{p,o} \cdot T_{u,o} \cdot P_{max,o}}{T_s} = \frac{t_{s,o} \cdot T_{u,o} \cdot P_{max,o}}{T_s}, \quad (4.8)$$

kde $t_{p,o}$ je průměrná doba trvání přerušení u o -tého odběratele, $T_{u,o}$ je doba užívání maxima, $P_{max,o}$ je maximální odebíraný výkon ve sledovaném období, T_s je doba sledování a $t_{s,o}$ je souhrnná doba trvání přerušení u odběratele ve sledovaném období [10].

V problematice spolehlivosti elektrizačních sítí existuje v současné době značná nejednotnost terminologie a způsobů výpočtů jednotlivých ukazatelů v různých zemích, což sťažuje možnost objektivního srovnávání spolehlivosti sítí. Tento problém se snaží postupně řešit Rada evropských energetických regulátorů CEER (Council of European Energy Regulators), jejíž členem je i náš Energetický regulační úřad. CEER je neziskové sdružení, ve kterém dobrovolně spolupracují evropské nezávislé národní regulátoři trhu s elektřinou a plynem, aby chránili zájmy zákazníků a umožnili vytvoření jednotného, konkurenčního, efektivního a trvale udržitelného vnitřního trhu s plynem a elektřinou v Evropě. Sdružuje všech 27 regulátorů působících v jednotlivých zemích Evropské unie. CEER je členem Mezinárodní sítě energetických regulátorů, jež usnadňuje mezinárodní spolupráci mezi energetickými regulátory.

4.3 Zvýšení spolehlivosti dodávky elektrické energie z distribuční soustavy

Spolehlivost dodávky elektrické energie lze zvýšit následujícími způsoby:

- volbou zařízení s minimální pravděpodobností výskytu poruchy, což však způsobí zvýšení investičních nákladů,
- zálohováním transformátorů a elektrických vedení,
- dostatečně velkou rezervou výkonu paralelně pracujících transformátorů,
- volbou rozvoden s více systémy přípojníc (dvojité, trojité),
- volbou typu sítě s vyšší spolehlivostí zásobování, podrobněji rozebráno v oddíle 3.3,
- napájením z více uzlů přenosové soustavy,
- napojením do dvou samostatných rozvoden 110 kV nebo vn,
- zařazením automatik pro zajištění mžikového obnovení napětí (záskoků transformátorů, záskoků napájecích vedení a především opětného zapínání apod.) [13].

5 REGULACE NEPŘETRŽITOSTI DODÁVKY ELEKTRICKÉ ENERGIE

5.1 Úvod do problematiky

S problémem spolehlivosti sítí vyvstal problém regulace nepřetržitosti dodávky, v minulých letech se ukázalo, že prostý cenový strop, bez standardů kvality nebo pobídkových, resp. penalizačních režimů týkajících se kvality dodávané elektrické energie, je nevyhovující. Prostý cenový strop může totiž neúmyslně vést ke snížení úrovně kvality. Regulace kvality pobídkami pomáhá rovněž uspokojit zvyšování požadavků zákazníků na vyšší kvalitu služeb. Z těchto důvodů přijímá v posledních letech rostoucí počet evropských regulátorů nějakou formu pobídkové regulace kvality.

Cíl regulace je formulován v evropských zemích různě. Cíl lze zobecnit na následující tři body [11]:

- zlepšení úrovně nepřetržitosti,
- zlepšení úrovně nepřetržitosti a omezení regionálních rozdílů v nepřetržitosti mechanismem konvergence,
- dosažení přijatelné sociálně ekonomické úrovně nepřetržitosti – udržení současné úrovně spíše než její zlepšování.

Tyto cíle závisí na stavu sítě v dané zemi. Distribuční sítě mají určitou setrvačnost, proto se regulace neprojeví okamžitě, ale až po určité době. Regulace je tedy dlouhodobou záležitostí, aby přinesla určité výsledky, tak je kvalita služeb regulována obvykle po více regulačních obdobích.

Ke splnění těchto cílů využívají regulátoři různé nástroje. **Nástroje regulace** lze rozdělit do dvou kategorií [10]:

- **přímé ekonomické nástroje** – založené na standardech nepřetržitosti dodávky, jež jsou spojeny s penalizacemi (příp. bonusy, resp. pobídkami) placenými distribuční společností jednotlivým postiženým odběratelům, příp. regulátorovi, nebo které vstupují do jiných regulačních mechanismů ovlivňujících zisk společnosti,
- **nepřímé nástroje** – patří sem zveřejňování srovnávacích studií kvality dodávky, povinnost realizovat při nedostatečné úrovni spolehlivosti v dané síti rozvojové programy navržené distribuční společností a schválené regulátorem nebo jiným orgánem státní správy, apod.

Základní přístupy k regulaci nepřetržitosti dodávky, vyplývající z konkrétní aplikace těchto nástrojů, příp. jejich kombinace:

- **přístup orientovaný na kvalitu dodávky** – posuzováním základních (lokálních) ukazatelů spolehlivosti se soustřeďuje na úroveň nepřetržitosti dodávky u jednotlivých odběratelů, vyžaduje sledování nepřetržitosti u všech odběratelů, což může v případě jeho zavádění i pro hladinu nn přinášet komplikace (velké množství odběratelů na této hladině),

- **přístup orientovaný na kvalitu soustavy** – je zaměřen na nepřetržitost provozu soustavy jako celku, pracuje s vyhodnocováním zvolených agregovaných (globálních) ukazatelů, jeho zavedení se ukazuje jako snazší.

5.2 Standardy nepřetržitosti dodávky

Standardy nepřetržitosti dodávky jsou nejvýznamnějšími nástroji regulace nepřetržitosti. Standardem nepřetržitosti dodávky stanovuje regulační úřad nebo odpovídající orgán interval, v němž se má nacházet vybraný spolehlivostní ukazatel. Pokud ukazatel nabude hodnoty, jež je mimo tento stanovený interval a představuje horší úroveň nepřetržitosti dodávky, tak je distribuční společnost vystavena odpovídajícímu postihu. Naopak je možné v určitých případech, kdy ukazatel nabude hodnoty mimo stanovený interval a představuje lepší úroveň nepřetržitosti dodávky, aby distribuční společnost obdržela bonifikaci.

Každý standard nepřetržitosti musí mít následující tři **atributy**, při absenci některého nelze korektně hovořit o **standardu**:

- posuzované ukazatele spolehlivosti (základní nebo agregované),
- limity každého z posuzovaných ukazatelů (číselné hodnoty),
- ekonomickou vazbu (pobídka nebo penalizace, přímá nebo nepřímá) [10].

Podle posuzovaných ukazatelů spolehlivosti lze standardy dělit na:

- **zákaznický standard nepřetržitosti dodávky** – posuzovaným ukazatelem je základní ukazatel spolehlivosti. Je určen k ochraně jednotlivých zákazníků, stanovuje minimální úroveň kvality dodávky, která má být dodržena u každého jednotlivého zákazníka na posuzované napěťové hladině a v definované oblasti sítě. Obvykle je spojen s penalizačními platbami vyplácenými ročně distribuční společností zákazníkům, u kterých byl překročen daný limit.
- **systémový standard nepřetržitosti dodávky** – posuzovaným ukazatelem je agregovaný ukazatel spolehlivosti. Úroveň kvality dodávky je definována pro určitou napěťovou hladinu a určitou oblast sítě. Používá se jako nástroj zlepšování síťového celku. Jeho nedodržení může mít různý charakter ekonomického dopadu na distribuční společnost (platby regulátorovi, regulace zisku, vyplácení plošné penalizace všem odběratelům v dané oblasti).

Dělení dle počtu ukazatelů standardu [10]:

- **jednoduchý standard** – obsahuje pouze jeden posuzovaný ukazatel,
- **složený standard** – obsahuje více posuzovaných ukazatelů, mezi kterými je definována určitá logická relace nebo podmínka.

Podle nastavení přímé ekonomické vazby lze rozlišovat dva standardy:

- **standard se skokovou penalizací, resp. bonifikací** – výše penalizace, resp. bonifikace je nezávislá na míře překročení limitů,
- **standard s proporční penalizací, resp. bonifikací** – výše penalizace, resp. bonifikace je závislá na míře překročení limitů.

Rovněž lze zavést míru ročního zpřísnění standardů nutící distribuční společnosti ke zdokonalování svých sítí. Tato míra musí být však zvolena citlivě, aby distribuční síť spíše

neodrazovala od zásahů vedoucích k „přílišnému“ zlepšení, které by se v dalším období složitě překonávalo.

5.3 Regulace kvality dodávky v České republice

Distribuce elektřiny patří do odvětví tzv. přirozených monopolů, jejichž fungování je zabezpečeno pouze jedinou sítí, budování paralelní infrastruktury by totiž nebylo ekonomicky efektivní. Aby nedocházelo k tomu, že monopoly budou nekontrolovatelně určovat ceny a naopak se nebudou dostatečně věnovat zvyšování (popř. alespoň udržování současné) kvality dodávky, musí být regulovány státem. K tomuto účelu je zpravidla zmocněn regulační úřad. V České republice byl k výkonu regulace v energetice zřízen, již výše zmíněný, Energetický regulační úřad zákonem č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění zákona č. 158/2009 Sb. [18].

Kvalitu elektrické energie v České republice reguluje v současné době vyhláška o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice č. 540/2005 Sb., jež vstoupila v platnost 1. ledna 2006. Reguluje kvalitu dodávky jak v distribučních sítích, tak i v síti přenosové. Tato vyhláška byla novelizována vyhláškou č. 41/2010 Sb. ze dne 4. února 2010, novelizovaná vyhláška nabyla platnosti dne 27. února 2010. V následujících částech práce budou uvedeny základní informace o původní i novelizované verzi zmíněné vyhlášky s důrazem na nepřetržitost dodávky v distribučních sítích a jejich porovnání.

5.3.1 Regulace kvality dodávky platná do 26. února 2010

Požadovaná kvalita dodávek a služeb souvisejících s regulovanými činnostmi v elektroenergetice a její parametry jsou vyjádřeny prostřednictvím standardů kvality dodávek a souvisejících služeb [15].

Standardy kvality dodávek elektřiny a souvisejících služeb [15]:

- a) **garantované standardy přenosu nebo distribuce elektřiny a garantované standardy dodávek** – stanovují kvalitu přenosu nebo distribuce elektřiny a dodávek elektřiny, která musí být dosažena v každém individuálním případě. Za jejich nedodržení se poskytuje náhrada ve výši stanovené touto vyhláškou.
- b) **obecný standard přenosu nebo distribuce elektřiny** – slouží k porovnávání výkonnosti a jejího časového vývoje provozovatelů distribučních soustav a posouzení výkonnosti a jejího časového vývoje provozovatele přenosové soustavy. Na základě dodržování tohoto standardu je ERÚ sledována a vyhodnocována spolehlivost a plynulost přenosu a distribuce elektřiny v přenosové soustavě a v distribučních soustavách.

Garantované standardy přenosu nebo distribuce elektřiny [15]:

- standard obnovy přenosu nebo distribuce elektřiny po poruše,
- standard dodržení plánovaného omezení nebo přerušení distribuce elektřiny,
- standard výměny poškozené pojistky,
- standard kvality elektřiny,
- standard lhůty pro vyřízení reklamace kvality elektřiny,

- standard lhůty pro odstranění příčin snížené kvality elektřiny,
- standard zaslání stanoviska k žádosti o připojení zařízení žadatele k přenosové nebo distribuční soustavě,
- standard umožnění přenosu nebo distribuce elektřiny,
- standard obnovy distribuce elektřiny po přerušení distribuce elektřiny z důvodu prodloužení konečného zákazníka nebo dodavatele sdružené služby s úhradou plateb za poskytnutou distribuci elektřiny,
- standard obnovy distribuce elektřiny po přerušení distribuce elektřiny na žádost dodavatele nebo dodavatele sdružené služby,
- standard lhůty pro vyřízení reklamace měření dodávky elektřiny,
- standard předávání údajů o měření,
- standard lhůty pro vyřízení reklamace vyúčtování distribuce elektřiny,
- standard dodržení termínu schůzky s konečným zákazníkem.

Nepřetržitostí dodávky se zabývají pouze první tři garantované standardy přenosu nebo distribuce elektřiny. Tyto budou níže rozebrány podrobněji.

Standard obnovy přenosu nebo distribuce elektřiny po poruše

„Standardem obnovy distribuce elektřiny po poruše je obnova distribuce elektřiny do odběrného nebo předávacího místa provozovatele lokální distribuční soustavy nebo konečného zákazníka po vzniku poruchy, a to v lhůtě do:

- 18 hodin v síti distribuční soustavy s napětovou úrovní do 1 kV,
- 12 hodin v sítích distribuční soustavy s napětovou úrovní nad 1 kV.

Uvedená lhůta počíná okamžikem, kdy se provozovatel distribuční soustavy dozvěděl o vzniku poruchy na příslušné napětové hladině nebo kdy vznik poruchy zjistil nebo objektivně mohl zjistit.

Jestliže dojde ke vzniku více poruch současně nebo dojde ke vzniku poruch následných, je standard obnovy distribuce elektřiny po poruše dodržen, jsou-li v uvedené lhůtě odstraněny všechny poruchy, které spolu vzájemně souvisejí nebo které vznikly v důsledku první poruchy. Krátkodobá obnova distribuce elektřiny při provádění manipulací pro vymezení místa poruchy neznamená prodloužení lhůty stanovené ve standardu obnovy distribuce elektřiny po poruše.

Standardem obnovy přenosu nebo distribuce elektřiny z výroby elektřiny připojené do přenosové nebo distribuční soustavy po poruše je obnova schopnosti přenosové nebo distribuční soustavy přenášet nebo distribuovat elektřinu z předávacího místa výroby elektřiny ve lhůtě 48 hodin od okamžiku, kdy se provozovatel přenosové distribuční soustavy dozvěděl o vzniku poruchy nebo kdy vznik poruchy zjistil nebo objektivně mohl zjistit.

Za nedodržení standardu obnovy distribuce elektřiny po poruše poskytuje provozovatel distribuční soustavy konečnému zákazníkovi náhradu ve výši 10 % z jeho roční platby za distribuci, stanovené podle platného cenového rozhodnutí a rezervované kapacity a množství elektrické práce dodané v předchozím ročním účetním období, maximálně však [15]:

- 5 000 Kč v sítích do 1 kV,
- 10 000 Kč v sítích nad 1 kV do 52 kV,
- 100 000 Kč v sítích nad 52 kV.“

Standard dodržení plánovaného omezení nebo přerušení distribuce elektřiny

„Standardem dodržení plánovaného omezení nebo přerušení distribuce elektřiny je zahájení a ukončení omezení nebo přerušení distribuce elektřiny v době, která byla jako doba zahájení a ukončení omezení nebo přerušení distribuce elektřiny konečným zákazníkům ohlášena. Zahájení a ukončení plánovaného omezení nebo přerušení distribuce elektřiny provozovatel distribuční soustavy též zveřejní způsobem umožňujícím dálkový přístup. Standard dodržení plánovaného omezení nebo přerušení distribuce elektřiny není dodržen, jestliže provozovatel distribuční soustavy omezí nebo přeruší distribuci elektřiny dříve, než ohlásil, nebo ukončí omezení nebo přerušení distribuce elektřiny později, než ohlásil.

Za nedodržení standardu dodržení plánovaného omezení nebo přerušení distribuce elektřiny poskytuje provozovatel distribuční soustavy konečnému zákazníkovi náhradu ve výši 10 % z jeho roční platby za distribuci, stanovené podle platného cenového rozhodnutí a rezervované kapacity a množství elektrické práce dodané v předchozím ročním účetním období, maximálně však [15]:

- 5 000 Kč v sítích do 1 kV,
- 10 000 Kč v sítích nad 1 kV do 52 kV,
- 100 000 Kč v sítích nad 52 kV.“

Podle energetického zákona [17] je provozovatel distribuční soustavy povinen oznámit započetí a skončení omezení nebo přerušení dodávek elektřiny způsobem v místě obvyklým, nejméně však 15 dnů předem. Ohlašovací povinnost nevzniká při provádění nutných provozních manipulací, při nichž omezení nebo přerušení dodávky elektřiny nepřekročí 20 minut.

Standard výměny poškozené pojistky

„Standardem výměny poškozené pojistky je provedení výměny poškozené pojistky v hlavní domovní pojistkové nebo kabelové skříni konečného zákazníka a umožnění obnovení distribuce elektřiny nejdéle do 6 hodin od okamžiku, kdy je příslušný provozovatel distribuční soustavy konečným zákazníkem nebo dodavatelem sdružené služby informován o přerušení distribuce elektřiny do odběrného místa konečného zákazníka. Tento standard se nevztahuje na vztah provozovatele distribuční soustavy a provozovatele lokální distribuční soustavy.

Za nedodržení standardu výměny poškozené pojistky se nepovažuje výměna poškozené pojistky a obnova distribuce elektřiny ve lhůtě delší než 6 hodin, pokud se prokazatelně jedná o přerušení distribuce elektřiny v důsledku poškození pojistky způsobené odběrným elektrickým zařízením konečného zákazníka nebo elektrickou přípojkou, která není ve vlastnictví provozovatele distribuční soustavy a není ani provozovatelem distribuční soustavy provozována podle § 45 odst. 5 energetického zákona, nebo společným elektrickým zařízením nemovitosti.

Za nedodržení standardu výměny poškozené pojistky poskytuje příslušný provozovatel distribuční soustavy konečnému zákazníkovi náhradu ve výši 1 000 Kč [15].“

O náhradu u všech tří výše uvedených garantovaných standardů musí konečný zákazník požádat do 5 pracovních dnů ode dne následujícího po dni, ve kterém uplynula lhůta podle příslušného standardu. Žádost o náhradu se podává na tiskopisu, jehož vzor je uveden v přílohách k této vyhlášce. Vzor žádosti o náhradu je ERÚ rovněž poskytován způsobem umožňujícím dálkový přístup.

Garantované standardy dodávek [15]:

- standard zajištění obnovy dodávky elektřiny po přerušení dodávky z důvodu prodlení konečného zákazníka s úhradou plateb za odebranou elektřinu,
- standard lhůty pro vyřízení reklamace vyúčtování dodávky elektřiny.

Za nedodržení garantovaných standardů se nepovažuje, jestliže příslušný držitel licence neprovede úkony a postupy vyžadované garantovanými standardy ve stanovených lhůtách z důvodu, že:

- daný účastník trhu s elektřinou ve lhůtě stanovené pro dodržení standardu učiní projev vůle, ze kterého jednoznačně vyplývá požadavek provést tyto úkony a postupy ve lhůtě delší, než je lhůta stanovená standardem,
- daný účastník trhu s elektřinou prokazatelně neposkytne součinnost nezbytnou k dodržení standardu,
- není spravedlivě možné požadovat od příslušného držitele licence dodržení standardu, zejména v důsledku vzniku živelních událostí nebo havárií na zařízení přenosové nebo distribuční soustavy, nebo
- nastal stav nouze nebo jsou prováděny činnosti bezprostředně zamezující jeho vzniku.

Obecný standard přenosu nebo distribuce elektřiny je pouze jeden a to:

Standard plynulosti přenosu nebo distribuce elektřiny

Standardem plynulosti přenosu nebo distribuce elektřiny je přenos nebo distribuce elektřiny splňující hodnoty ukazatelů přenosu nebo distribuce elektřiny.

Ukazatele distribuce elektřiny jsou:

- a) četnost přerušení distribuce elektřiny daná počtem přerušení distribuce elektřiny za kalendářní rok; četnost přerušení se udává ve tvaru přerušení/rok/zákazník (SAIFI),
- b) souhrnná doba trvání všech přerušení distribuce elektřiny v minutách za kalendářní rok; souhrnná doba se uvádí ve tvaru minuta/rok/zákazník (SAIDI),
- c) průměrná doba trvání jednoho přerušení distribuce elektřiny v minutách za kalendářní rok; průměrná doba trvání se uvádí ve tvaru minuta/přerušení (CAIDI).

Hodnoty ukazatelů standardu plynulosti distribuce elektřiny na kalendářní rok dopředu zveřejní ERÚ v Energetickém regulačním věstníku a způsobem umožňujícím dálkový přístup nejpozději do 30. listopadu předcházejícího roku. Provozovatel distribuční soustavy zpracuje do 31. března následujícího kalendářního roku souhrnnou zprávu o dosažené úrovni dodržování standardu plynulosti distribuce elektřiny za předchozí kalendářní rok, včetně porovnání s předcházejícím kalendářním rokem. ERÚ následně do 31. května následujícího kalendářního roku vyhodnotí a zveřejní zprávu o dosažené úrovni dodržování standardu za předchozí kalendářní rok v Energetickém regulačním věstníku a způsobem umožňujícím dálkový přístup [15].

5.3.2 Regulace kvality dodávky platná od 27. února 2010

Kvalita dodávek a služeb souvisejících s regulovanými činnostmi v elektroenergetice a její parametry jsou vyjádřeny prostřednictvím standardů přenosu nebo distribuce elektřiny, standardů dodávek a ukazateli nepřetržitosti přenosu nebo distribuce elektřiny.

Standardy přenosu nebo distribuce [16]:

- standard ukončení přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny,
- standard dodržení plánovaného omezení nebo přerušení distribuce elektřiny,
- standard výměny poškozené pojistky,
- standard kvality napětí,
- standard lhůty pro vyřízení reklamace kvality napětí,
- standard lhůty pro odstranění příčin snížené kvality napětí,
- standard zaslání stanoviska k žádosti o připojení zařízení žadatele k přenosové nebo distribuční soustavě,
- standard umožnění přenosu nebo distribuce elektřiny,
- standard ukončení přerušení distribuce elektřiny z důvodu prodlení zákazníka nebo dodavatele sdružené služby s úhradou plateb za poskytnutou distribuci elektřiny,
- standard ukončení přerušení distribuce elektřiny na žádost dodavatele nebo dodavatele sdružené služby,
- standard výměny měřicího zařízení a vyrovnání plateb,
- standard předávání údajů o měření,
- standard lhůty pro vyřízení reklamace vyúčtování distribuce elektřiny,
- standard dodržení termínu schůzky se zákazníkem.

Nepřetržitostí dodávky se stejně jako v případě regulace dodávky platné do 26. února 2010 zabývají pouze první tři standardy přenosu nebo distribuce. Tyto budou podrobněji rozebrány níže.

Standard ukončení přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny

„Standardem ukončení přerušení distribuce elektřiny je ukončení přerušení distribuce elektřiny, mimo přerušení plánovaného, v odběrném nebo předávacím místě provozovatele lokální distribuční soustavy nebo zákazníka, a to v lhůtě do:

- 18 hodin v síti distribuční soustavy s napětíovou úrovní do 1 kV a 12 hodin v síti distribuční soustavy s napětíovou úrovní do 1 kV na území hlavního města Prahy,
- 12 hodin v sítích distribuční soustavy s napětíovou úrovní nad 1 kV a 8 hodin v síti distribuční soustavy s napětíovou hladinou nad 1 kV na území hlavního města Prahy.

Uvedená lhůta počíná okamžikem, kdy se provozovatel distribuční soustavy dozvěděl o vzniku přerušení distribuce elektřiny nebo kdy vznik přerušení distribuce elektřiny mohl a měl zjistit.

Jestliže dojde u zákazníka ke vzniku několika dlouhodobých přerušení distribuce elektřiny vzniklých v důsledku téže události, je standard ukončení přerušení distribuce elektřiny dodržen, je-li doba mezi začátkem prvního dlouhodobého přerušení distribuce elektřiny a koncem posledního dlouhodobého přerušení distribuce elektřiny, které vzniklo v důsledku téže události, ale nebylo způsobeno manipulacemi pro uvedení distribuční soustavy do zapojení před poruchou, kratší než uvedená lhůta.

Standardem ukončení přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny z výroby elektřiny připojené do přenosové nebo distribuční soustavy je obnova schopnosti přenosové nebo distribuční soustavy přenášet nebo distribuovat elektřinu z předávacího místa výroby elektřiny ve lhůtě 48 hodin od okamžiku, kdy se provozovatel přenosové nebo distribuční soustavy dozvěděl o vzniku přerušení nebo kdy vznik přerušení mohl a měl zjistit.

Za nedodržení standardu ukončení přerušení distribuce elektřiny poskytuje provozovatel distribuční soustavy zákazníkovi náhradu ve výši 10 % z jeho roční platby za distribuci, maximálně však:

- 6 000 Kč v sítích do 1 kV,
- 12 000 Kč v sítích nad 1 kV do 52 kV,
- 120 000 Kč v sítích nad 52 kV.“

Pro účely stanovení výše náhrady se roční platbou za distribuci rozumí na napětových hladinách velmi vysokého napětí a vysokého napětí součet posledních 12 měsíčních fakturovaných plateb za použití sítí a za rezervovanou kapacitu. V případě nového odběru elektřiny na napětových hladinách velmi vysokého napětí a vysokého napětí je základem pro výpočet roční platby za distribuci sjednané roční množství dodané elektřiny a sjednaná výše rezervované kapacity. Na napětové hladině nízkého napětí se roční platbou za distribuci rozumí součet částek za stálé měsíční platby podle jmenovité proudové hodnoty hlavního jističe před měřicím zařízením a položek za distribuci elektřiny ve vysokém a nízkém tarifu, účtované v poslední fakturované platbě z ročního odečtu měřicího zařízení. V případě fakturace distribuce elektřiny za období kratší než 12 měsíců se platba poměrným způsobem upraví podle příslušného typového diagramu dodávek podle jiného právního předpisu (Vyhláška č. 541/2005 Sb., o pravidlech trhu s elektřinou, zásadách tvorby cen za činnosti operátora trhu s elektřinou a provedení některých dalších ustanovení energetického zákona, ve znění pozdějších předpisů), který stanoví pravidla tvorby, přiřazení a užití typových diagramů dodávek elektřiny. V případě nového odběru elektřiny na hladině nízkého napětí je základem pro výpočet roční platby za distribuci průměrná roční spotřeba v distribuční sazbě vztažená k jmenovité proudové hodnotě hlavního jističe před měřicím zařízením podle výkazů tarifních statistik zpracovávaných podle jiného právního předpisu (Vyhláška č. 408/2009 Sb., o náležitostech a členění regulačních výkazů včetně jejich vzorů a pravidlech pro sestavování regulačních výkazů) [16].

Standard dodržení plánovaného omezení nebo přerušení distribuce elektřiny

„Standardem dodržení plánovaného omezení nebo přerušení distribuce elektřiny je zahájení a ukončení omezení nebo přerušení distribuce elektřiny v době, která byla jako doba zahájení a ukončení omezení nebo přerušení distribuce elektřiny zákazníkům ohlášena. Standard dodržení plánovaného omezení nebo přerušení distribuce elektřiny není dodržen, jestliže provozovatel distribuční soustavy omezí nebo přeruší distribuci elektřiny dříve, než ohlásil, nebo ukončí omezení nebo přerušení distribuce elektřiny později, než ohlásil.

Za nedodržení standardu dodržení plánovaného omezení nebo přerušení distribuce elektřiny poskytuje provozovatel distribuční soustavy zákazníkovi náhradu ve výši 10 % z jeho roční platby za distribuci, stanovené obdobně jako u předchozího standardu, maximálně však [16]:

- 6 000 Kč v sítích do 1 kV,
- 12 000 Kč v sítích nad 1 kV do 52 kV,
- 120 000 Kč v sítích nad 52 kV.“

Oznamovací povinnost je totožná jako v případě regulace dodávky platné do 26. února 2010.

Standard výměny poškozené pojistky

„Standardem výměny poškozené pojistky je provedení výměny poškozené pojistky v hlavní domovní pojistkové nebo kabelové skříni zákazníka a umožnění obnovení distribuce elektřiny

nejdéle do 6 hodin, na území hlavního města Prahy do 4 hodin, od okamžiku, kdy je příslušný provozovatel distribuční soustavy zákazníkem nebo dodavatelem sdružené služby informován o přerušení distribuce elektřiny do odběrného místa zákazníka. Tento standard se nevztahuje na vztah provozovatele distribuční soustavy a provozovatele lokální distribuční soustavy.

Za nedodržení standardu výměny poškozené pojistky se nepovažuje výměna poškozené pojistky a obnova distribuce elektřiny ve lhůtě delší než výše uvedené, pokud se prokazatelně jedná o přerušení distribuce elektřiny v důsledku poškození pojistky způsobené odběrným elektrickým zařízením zákazníka nebo elektrickou přípojkou, která není ve vlastnictví provozovatele distribuční soustavy a není ani provozovatelem distribuční soustavy provozována podle § 45 odst. 6 energetického zákona, nebo společným elektrickým zařízením nemovitosti.

Za nedodržení standardu výměny poškozené pojistky poskytuje příslušný provozovatel distribuční soustavy zákazníkovi náhradu ve výši 1 200 Kč [16].“

O náhradu u všech tří výše uvedených standardů přenosu nebo distribuce musí zákazník požádat do 60 kalendářních dnů ode dne následujícího po dni, ve kterém uplynula lhůta podle příslušného standardu. Žádost o náhradu se podává na tiskopisu, jehož vzor je uveden v přílohách k této vyhlášce. Vzor žádosti o náhradu je ERÚ rovněž poskytován způsobem umožňujícím dálkový přístup.

Standardy dodávek [16]:

- standard zajištění ukončení přerušení dodávky elektřiny z důvodu prodlení zákazníka s úhradou plateb za odebranou elektřinu,
- standard lhůty pro vyřízení reklamace vyúčtování dodávky elektřiny.

Za nedodržení standardů se nepovažuje, jestliže příslušný držitel licence neprovede úkony a postupy vyžadované standardy ve stanovených lhůtách ze stejných důvodů, uvedených v části 5.3.1.

Ukazatele nepřetržitosti přenosu nebo distribuce elektřiny

Provozovatel přenosové soustavy a provozovatel distribuční soustavy vede záznamy o všech dlouhodobých přerušeních přenosu nebo distribuce elektřiny v jím provozované soustavě.

Ukazateli nepřetržitosti distribuce elektřiny jsou:

- a) průměrný počet přerušení distribuce elektřiny u zákazníků v hodnoceném období (SAIFI),
- b) průměrná souhrnná doba trvání přerušení distribuce elektřiny u zákazníků v hodnoceném období (SAIDI),
- c) průměrná doba trvání jednoho přerušení distribuce elektřiny u zákazníků v hodnoceném období (CAIDI).

Provozovatel distribuční soustavy vypočítává ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny z přerušení distribuce elektřiny ukončených v hodnoceném období nebo v kalendářním roce, a to samostatně pro jednotlivé kategorie přerušení distribuce elektřiny uvedené v příloze č. 4 této

vyhlášky a pro jednotlivé napěťové hladiny a celou distribuční soustavu. Provozovatel regionální distribuční soustavy zpracuje a předloží do 31. března následujícího kalendářního roku ERÚ v listinné i elektronické podobě souhrnnou zprávu o dosažené úrovni kvality distribuce elektřiny a souvisejících služeb za předchozí kalendářní rok, včetně porovnání s předchozím obdobím a zároveň ji zveřejní způsobem umožňujícím dálkový přístup. Pro provozovatele lokální distribuční soustavy platí stejný termín a rovněž požadavky na souhrnnou zprávu, kterou zveřejní způsobem umožňujícím dálkový přístup a předloží ji na vyžádání ERÚ. Následně ERÚ do 31. května následujícího kalendářního roku zpracuje a zveřejní zprávu o dosažené úrovni nepřetržitosti přenosu nebo distribuce elektřiny v Energetickém regulačním věstníku a způsobem umožňujícím dálkový přístup [16].

5.3.3 Porovnání původní a novelizované verze vyhlášky č. 540/2005 Sb.

- celkové zpřesnění, zjednodušení a tím zpřehlednění vyhlášky,
- úprava terminologie,
- zavedení nových přísnějších lhůt pro splnění Standardu ukončení přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny (dříve Standard obnovy přenosu nebo distribuce elektřiny po poruše) a Standardu výměny poškozené pojistky platnicích pro území hlavního města Prahy ve výši 2/3 lhůt platnicích pro ostatní území ČR,
- zvýšení náhrady příp. horního limitu náhrady vyplácené provozovatelem distribuční soustavy zákazníkovi v případě nedodržení standardu přenosu nebo distribuce elektřiny nebo standardu dodávky o 20 %,
- prodloužení a sjednocení lhůty určené k požádání zákazníka o náhradu od provozovatele distribuční soustavy v případě nedodržení standardu na 60 kalendářních dnů ode dne následujícího po dni, ve kterém uplynula lhůta podle příslušného standardu,
- zrušení Standardu plynulosti přenosu nebo distribuce elektřiny, respektive jeho nahrazení Ukazateli nepřetržitosti přenosu nebo distribuce elektřiny, zmíněný standard ovšem nikdy ani standardem nebyl, neboť u něj nebyla zavedena pro standard nezbytná ekonomická vazba,
- rozdělení PDS na Provozovatele regionálních distribučních soustav a Provozovatele lokálních distribučních soustav, přičemž každá skupina má trochu jiné povinnosti vůči ERÚ.

6 PORUCHY

Bez poruch by problém nepřetržitosti dodávky elektrické energie přestal existovat, proto bude tomuto jevu věnována celá následující kapitola.

Porucha je ukončení plného nebo omezeného provozu soustavy nebo prvku. Zda se jedná o poruchu se rozhoduje podle stanovených podmínek provozu. Poruchy mohou nastat v důsledku různých příčin a mohou také různě ovlivňovat schopnost provozu. Poruchy lze třídit podle různých hledisek, na následujících řádcích bude proto provedena diferenciací poruch pouze z našeho pohledu těch nejdůležitějších.

Poruchy podle vzniku:

- náhlé,
- postupné.

Poruchy podle vlivu na schopnost provozu:

- úplné,
- částečné.

Podle tohoto kritéria lze definovat následující pojmy. Závada je zhoršení provozu, které ještě nezpůsobí poruchu. Katastrofální porucha způsobí okamžitou a úplnou ztrátu schopnosti provozu. Degradáční porucha je částečná porucha vzniklá postupným zhoršením schopnosti provozu.

Poruchy podle období provozu ve kterém vznikly:

- časné – vznikají v počátečním období provozu, jejich výskyt má s rostoucím časem klesající charakter, příčinou jsou nedostatky při návrhu a výrobě,
- dožitím – vznikají následkem stárnutí a opotřebení, projevují se u konce technického života, jejich výskyt má s rostoucím časem rostoucí charakter.

Opotřebení znamená ve spolehlivosti postupné změny znaků prvku nebo soustavy, které jsou vyvolány zatížením způsobeným pouze provozními podmínkami. Stárnutí znamená naopak změny vzniklé zatížením mimo provoz.

Poruchy podle souvislosti s jinými poruchami:

- nezávislé,
- závislé.

Poruchy podle doby trvání:

- trvalé – lze je odstranit pouze opravou nebo náhradou porouchaného prvku,
- dočasné – mohou samovolně vymizet nebo trvají jen po dobu působení vnějšího vlivu.

Poruchy na zařízeních ES podle principu vzniku:

- mechanické,
- elektrické,
- ostatní.

Dělením poruch podle dalších kritérií (příčina, druh zařízení, poškozené zařízení atd.) se podrobně zabývá příloha 9 v lit. [9]. Dělení poruch je často relativní např. náhlé poruše obvykle předcházejí skryté změny vlastností prvku, které by bylo možno dosti podrobným zkoumáním zjistit a poruchu označit za postupnou apod. [12].

Rozhodující vliv na spolehlivost sítí vn mají venkovní vedení, proto je vhodné se zmínit o nejčastějších příčinách poruch na těchto vedeních [15]:

- bouře a atmosférické vlivy,
- vítr,
- stárnutí izolace,
- opotřebení materiálu,
- námraza,
- sníh,
- ostatní provozní vlivy.

Na vznik poruch má podle [5] vliv i zatížení sítě, tato závislost mimo jiné je předmětem analýzy uvedené v kapitole 7.

7 ANALÝZA VÝPADKŮ POMOCÍ SPOLEHLIVOSTNÍCH UKAZATELŮ

Pro účely analýzy budou v úvahu brány pouze události na venkovních nebo kabelových vedeních hladiny vysokého napětí nebo s těmito vedeními přímo související vzniklé v období od 1. listopadu 2008 do 31. října 2009 v oblasti jižní Moravy. Nebudou však uvažovány události, které nastaly v důsledku rozsáhlých kalamitních přerušení dodávky elektřiny způsobených mimořádně nepříznivými vnějšími vlivy, na které není možné prvky sítě efektivně dimenzovat. Tyto události se do výpočtu spolehlivostních ukazatelů podle ERÚ totiž nezahrnují. Podle těchto požadavků bylo nalezeno 583 událostí. U událostí je znám čas vzniku, celková doba trvání, místo a příčina vzniku poruchy.

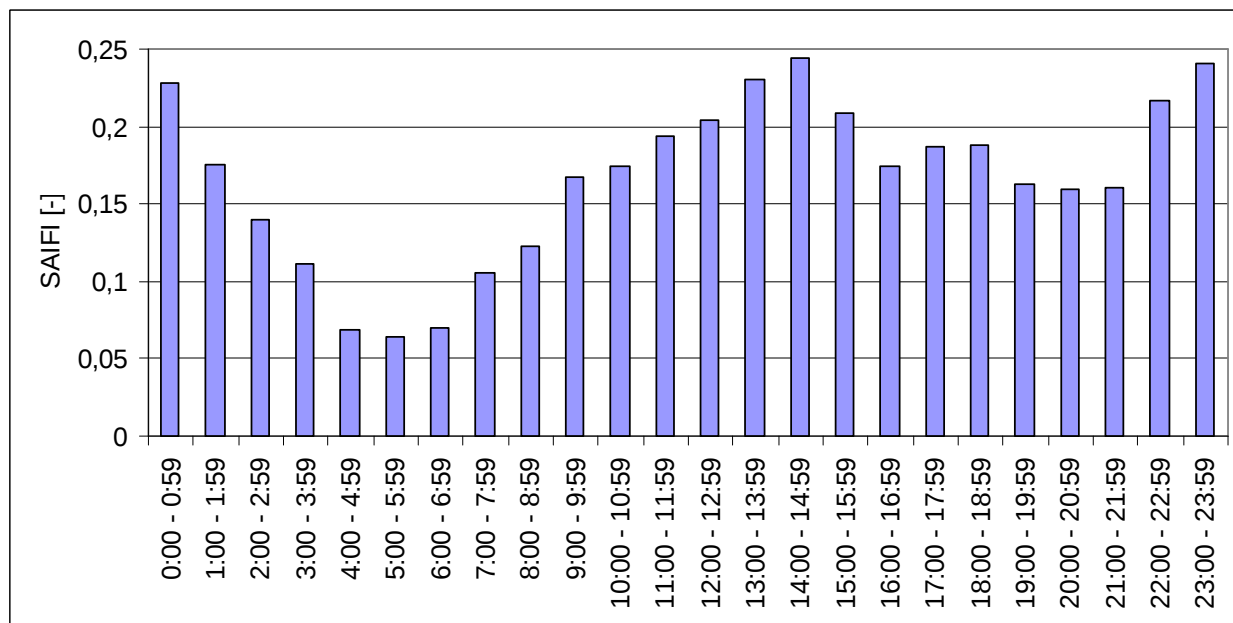
Analýza spolehlivostních ukazatelů je provedena podle několika hledisek. Tím prvním jsou jednotlivé hodiny dne, po jejichž dobu událost trvala. Druhým kritériem jsou jednotlivé hodiny dne, ve kterých došlo ke vzniku nebo zjištění události. Předmětem třetí části analýzy je prvek určený jako zodpovědný za vznik události. A konečně posledním aspektem je procentuální zatížení vývodu, na kterém nastala událost. Při každé analýze budou uvedeny tři grafy pro každý spolehlivostní ukazatel, tj. SAIFI, SAIDI a CAIDI. Pro jednodušší srovnání budou grafy jednotlivých ukazatelů sestaveny podle výše uvedených hledisek vždy pro všechny napěťové hladiny ve stejném měřítku. Na prvním grafu bude znázorněn dopad výpadků na zákazníky umístěné na hladině vysokého napětí, na druhém dopad na zákazníky umístěné na hladině nízkého napětí a na třetím dopad na zákazníky obou hladin dohromady.

Pro výpočty výše zmíněných spolehlivostních ukazatelů je bezpodmínečně nutné znát celkové počty zákazníků jednotlivých napěťových hladin systému, v němž je prováděna analýza. Celkový počet zákazníků v oblasti jižní Moravy použitý pro analýzy (tento počet se neustále vyvíjí):

hladina vn = 5950, hladina nn = 1 059 000.

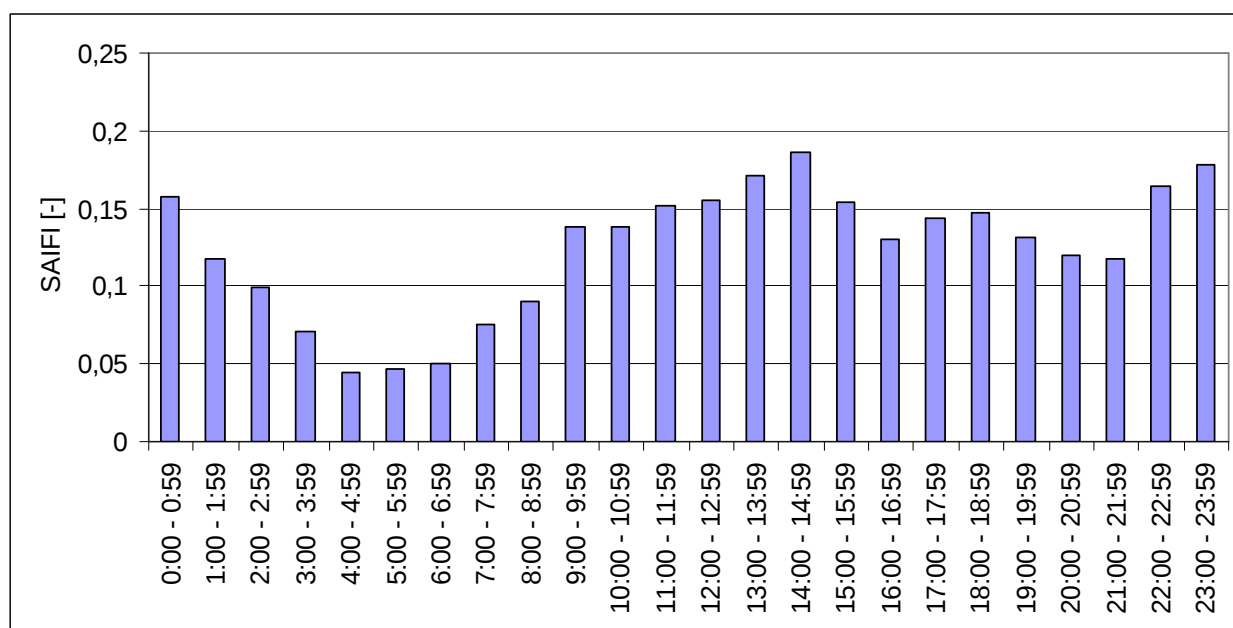
7.1 Analýza výpadků podle hodin dne, v nichž se vyskytovaly

Každý výpadek byl rozdělen na jednotlivé hodiny dne, ve kterých se vyskytoval. Při výpočtu spolehlivostních ukazatelů byl počet výpadkem postižených zákazníků považován za konstantní po celou dobu trvání výpadku odpovídající počtu postižených zákazníků v okamžiku jeho vzniku. Neuvažovaly se tedy provedené provozní manipulace, neboť by byl postup výpočtu enormně složitý. Díky tomuto zjednodušení jsou výsledky ukazatelů vyšší, než odpovídá reálnému stavu. Při výpočtu ukazatele SAIFI byl výpadek započítán do odpovídající hodiny, pokud se v ní vyskytoval alespoň po dobu jedné minuty. Obdobným způsobem se výpadek rozdělí i v případě výpočtu ukazatele SAIDI, zde je ovšem uvažována doba, po kterou byl v odpovídající hodině přítomen.



Obr. 7-1 SAIFI podle hodin výskytu – hladina vn

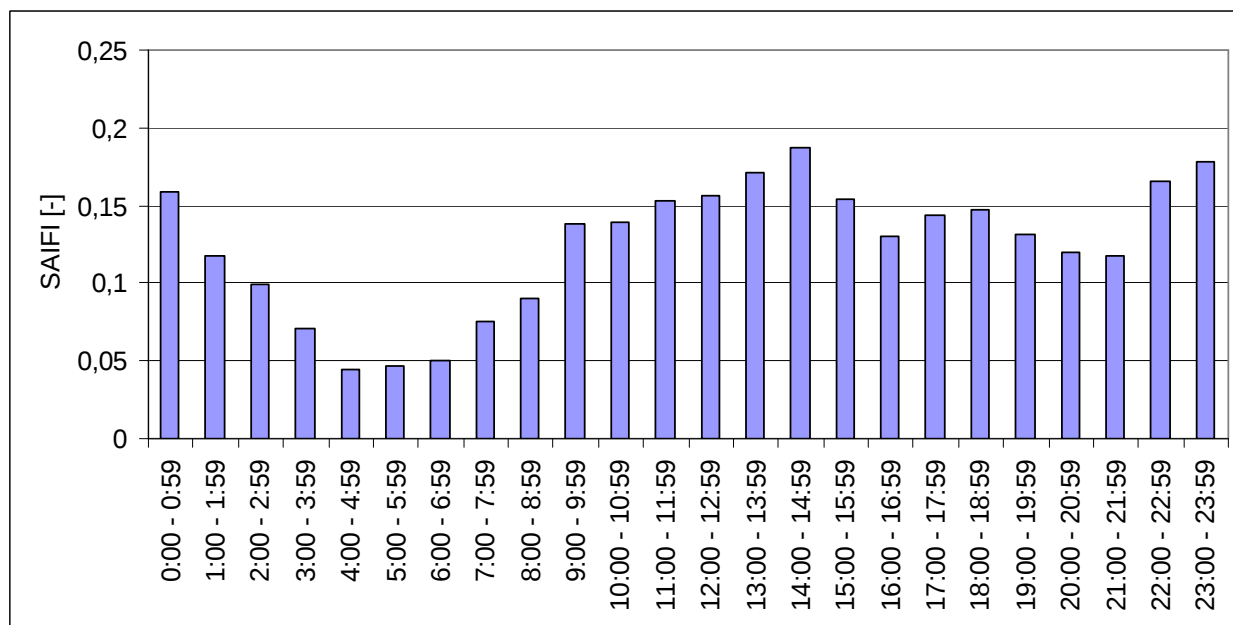
Graf SAIFI pro hladinu vn Obr. 7-1 odpovídá pracovním návykům obyvatelstva. Hodinové hodnoty se začínají zvyšovat se začátkem pracovní doby obvyklým pro většinu obyvatelstva. V této době dochází k zjištění výpadku a následně jeho nahlášení. Po celou pracovní dobu má SAIFI rostoucí charakter. Po konci pracovní doby dochází k přesunu obyvatelstva z práce do místa bydliště, SAIFI se snižuje a až do 22. hodiny se příliš nemění. Mezi 22. a 1. hodinou je SAIFI značně vysoké, důvodem by mohly být poruchy pokračující z předchozích hodin, pomalejší manipulace a složitější postup vyhledání přesného místa poruchy a opravy v nočních hodinách a rovněž menší počet opravářů pracujících v této době. V pozdějších nočních hodinách má SAIFI klesající trend, minima dosáhne mezi 5. a 6. hodinou, v tomto čase je většina průmyslových podniků zavřena, a proto některé výpadky jsou zjištěny a nahlášeny později.



Obr. 7-2 SAIFI podle hodin výskytu – hladina nn

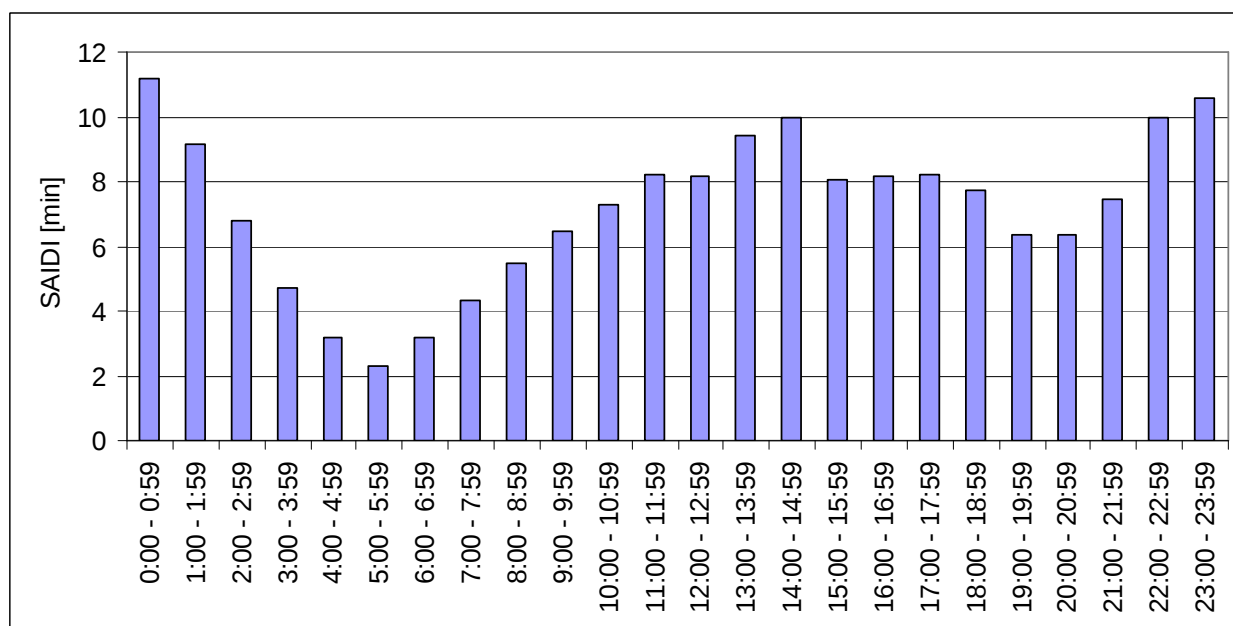
Graf SAIFI pro hladinu nn Obr. 7-2 má víceméně stejný průběh jako graf SAIFI pro hladinu vn Obr. 7-1, pouze dosahuje nižších hodnot, což je dáno daleko větším počtem zákazníků této napěťové hladiny.

Pro úplnost zde bude uveden graf SAIFI pro obě hladiny dohromady Obr. 7-3. Tento graf se téměř neliší od grafu pro hladinu nn Obr. 7-2, což je dáno velkým rozdílem mezi počty zákazníků jednotlivých hladin.

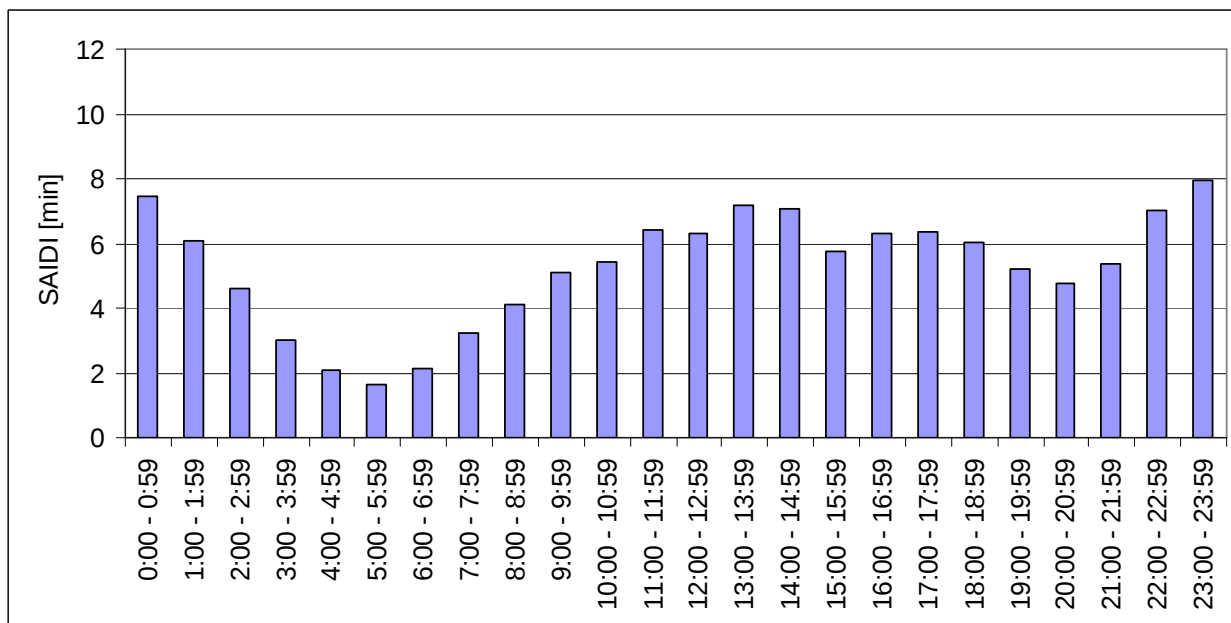


Obr. 7-3 SAIFI podle hodin výskytu – obě hladiny

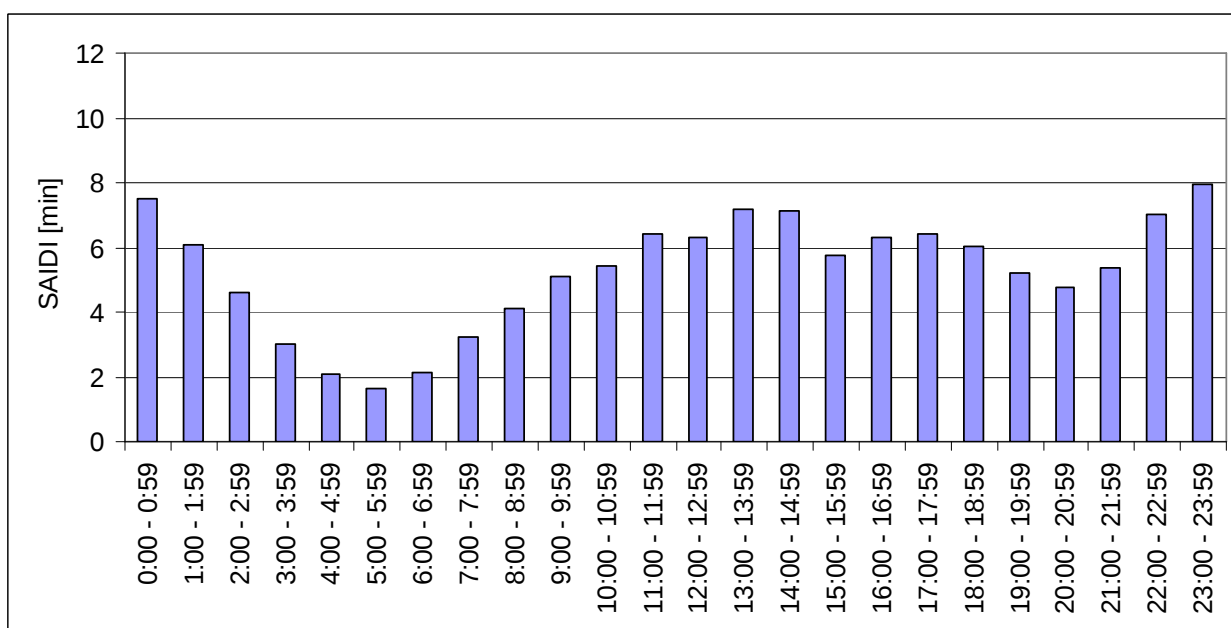
Všechny poznámky uvedené k jednotlivým grafům ukazatele SAIFI platí i pro grafy ukazatele SAIDI.



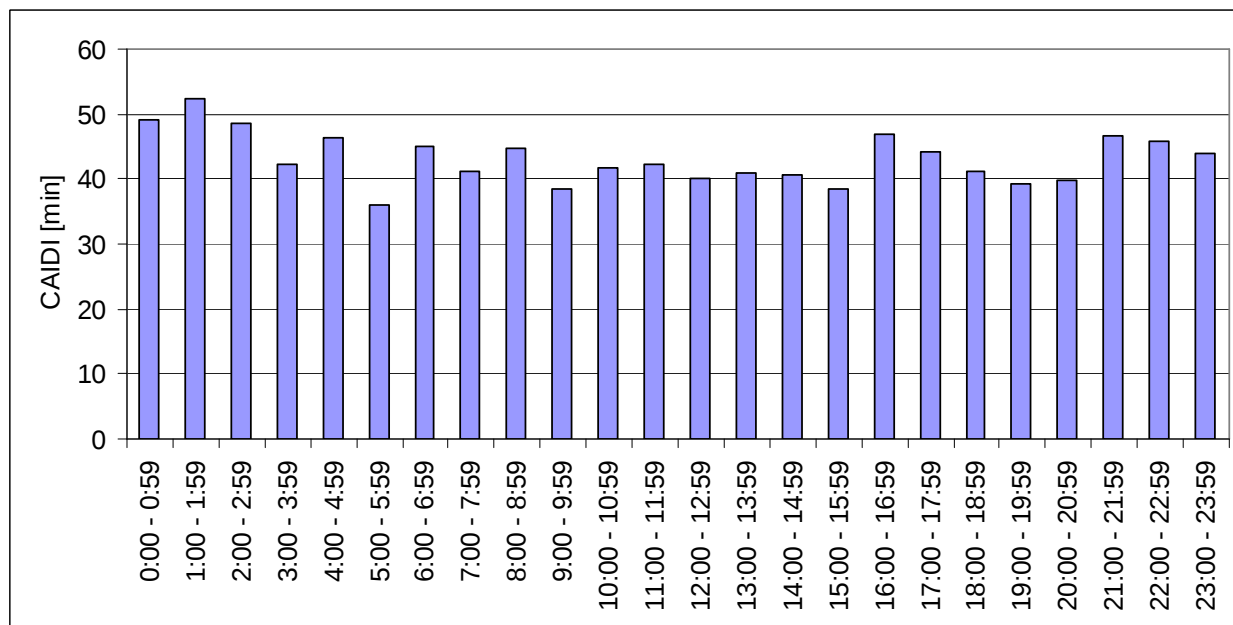
Obr. 7-4 SAIDI podle hodin výskytu – hladina vn



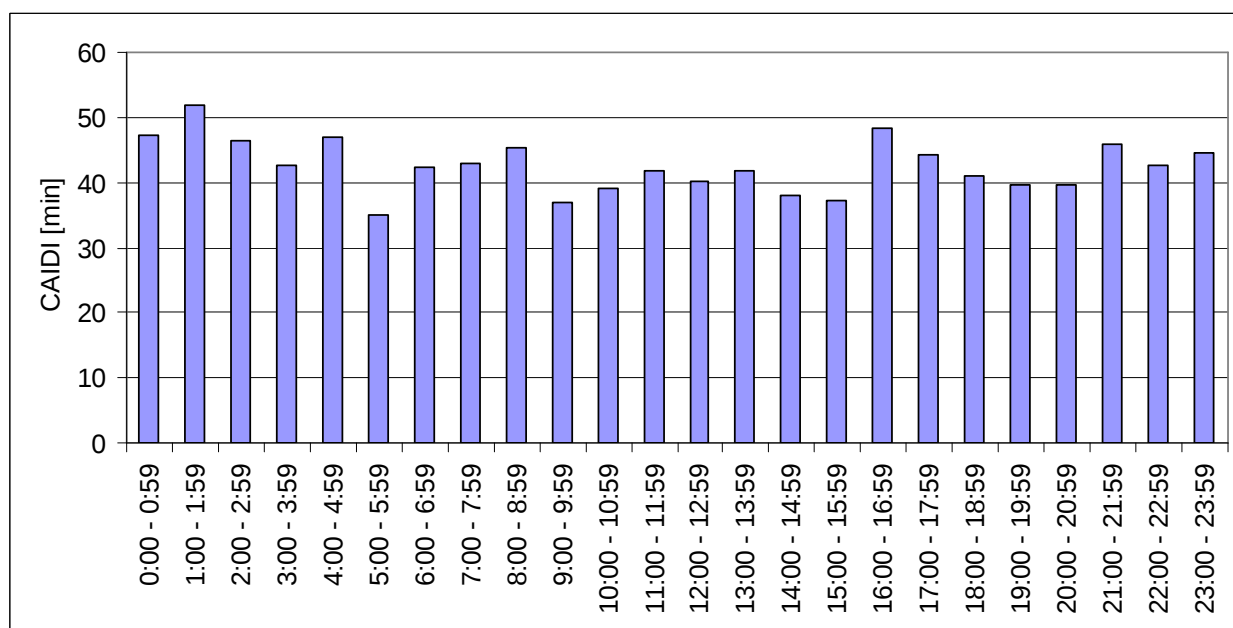
Obr. 7-5 SAIDI podle hodin výskytu – hladina nn



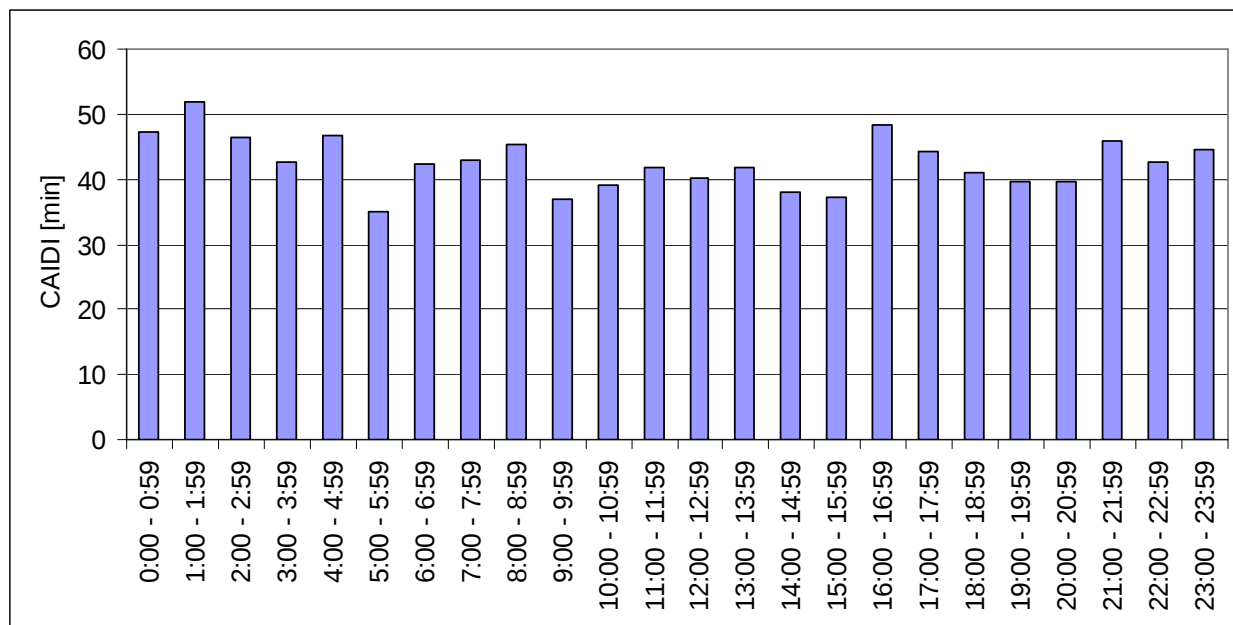
Obr. 7-6 SAIDI podle hodin výskytu – obě hladiny



Obr. 7-7 CAIDI podle hodin výskytu – hladina vn



Obr. 7-8 CAIDI podle hodin výskytu – hladina nn



Obr. 7-9 CAIDI podle hodin výskytu – obě hladiny

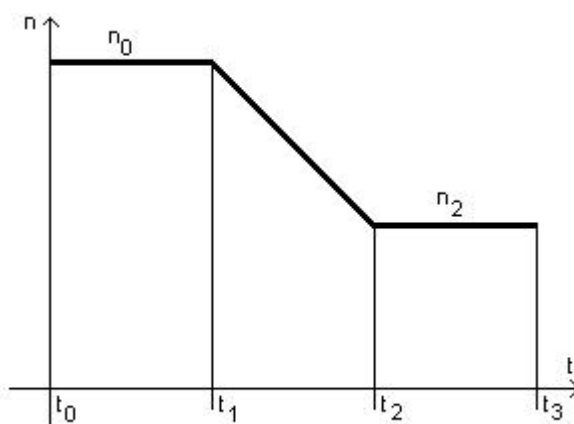
Na grafech ukazatele CAIDI je patrné, že se tento ukazatel v rámci dne velmi nemění, jeho hodnota se pohybuje mezi 35 a 52 minutami. Také lze pozorovat, že v nočních hodinách je hodnota tohoto ukazatele vyšší než přes den. Tento závěr koresponduje s popisem grafů ukazatelů SAIFI a SAIDI uvedenými výše v textu.

7.2 Analýza výpadků podle hodiny dne, v níž došlo k jejich vzniku resp. zjištění

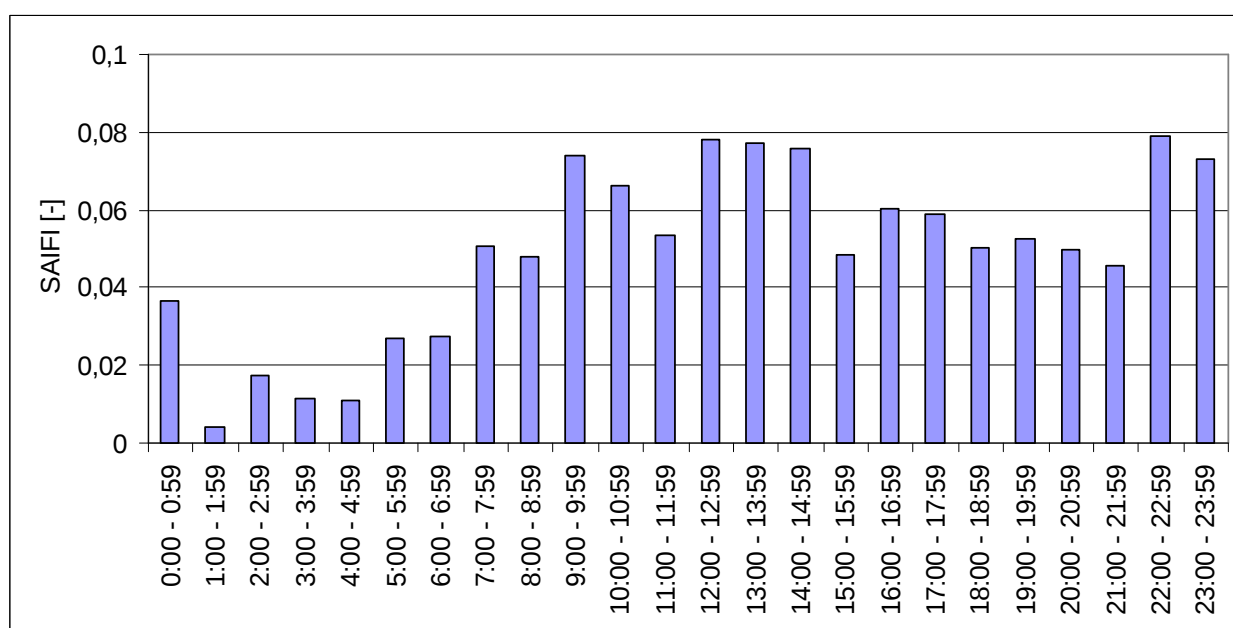
Každý výpadek byl zařazen do hodiny, ve které vznikl nebo přesněji byl zjištěn. Pro výpočet ukazatele SAIFI byl použit počet výpadkem postižených zákazníků v okamžiku jeho vzniku. Při výpočtu ukazatele SAIDI byla použita střední doba trvání přerušení pro zákazníka postiženého danou událostí vzniklou na hladině vn vypočítaná Ing. Janem Kyršem z oddělení Rozvoje a výstavby. Při výpočtu této doby se uvažuje jeden manipulační krok. Vztah pro určení střední doby trvání přerušení má následující tvar:

$$t_{sj} = \frac{n_{0j} \cdot (t_{1j} - t_{0j}) + \frac{(n_{0j} + n_{2j})}{2} \cdot (t_{2j} - t_{1j}) + n_{2j} \cdot (t_{3j} - t_{2j})}{n_{0j}}, \quad (7.1)$$

kde n_{0j} je počet zákazníků, kterým byla přerušena dodávka v okamžiku vzniku události, t_{1j} je datum a čas začátku manipulací, t_{0j} je datum a čas vzniku události, n_{2j} je počet zákazníků, kterým byla přerušena dodávka v okamžiku konce manipulací pro vymezení poruchy, t_{2j} je datum a čas konce manipulací pro vymezení poruchy, t_{3j} je datum a čas obnovení distribuce v úseku ovlivněném událostí. Pro lepší představu jsou použité veličiny zobrazeny na Obr. 7.10.

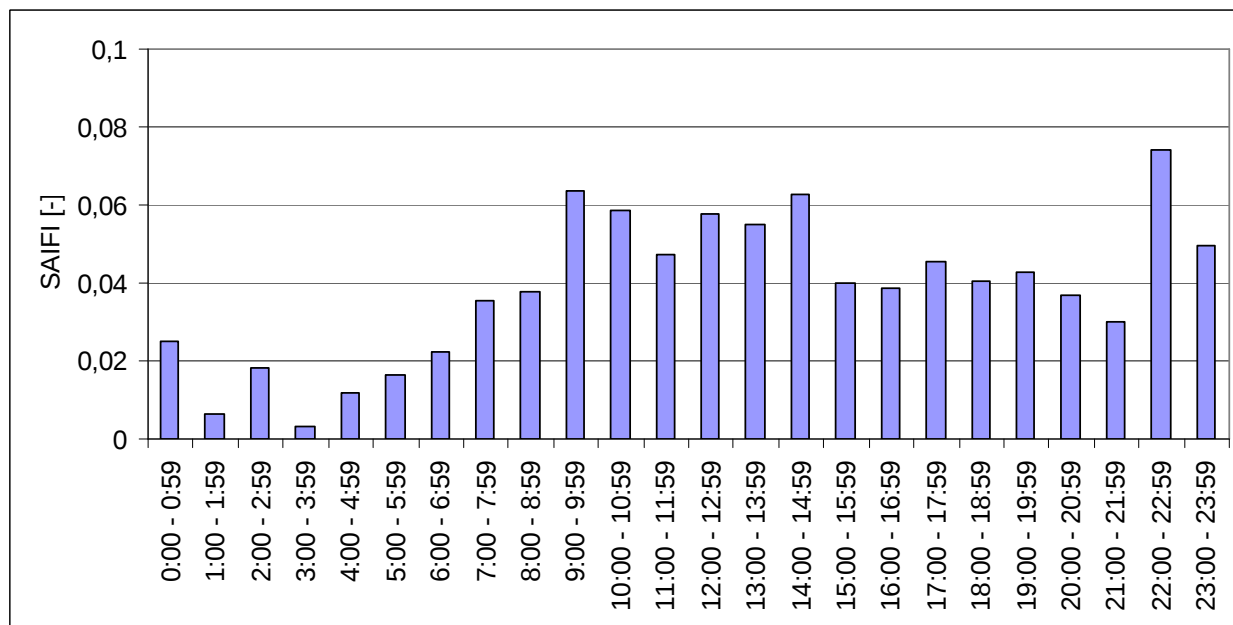


Obr. 7-10 Výpočet střední doby trvání přerušení



Obr. 7-11 SAIFI podle hodin vzniku – hladina vn

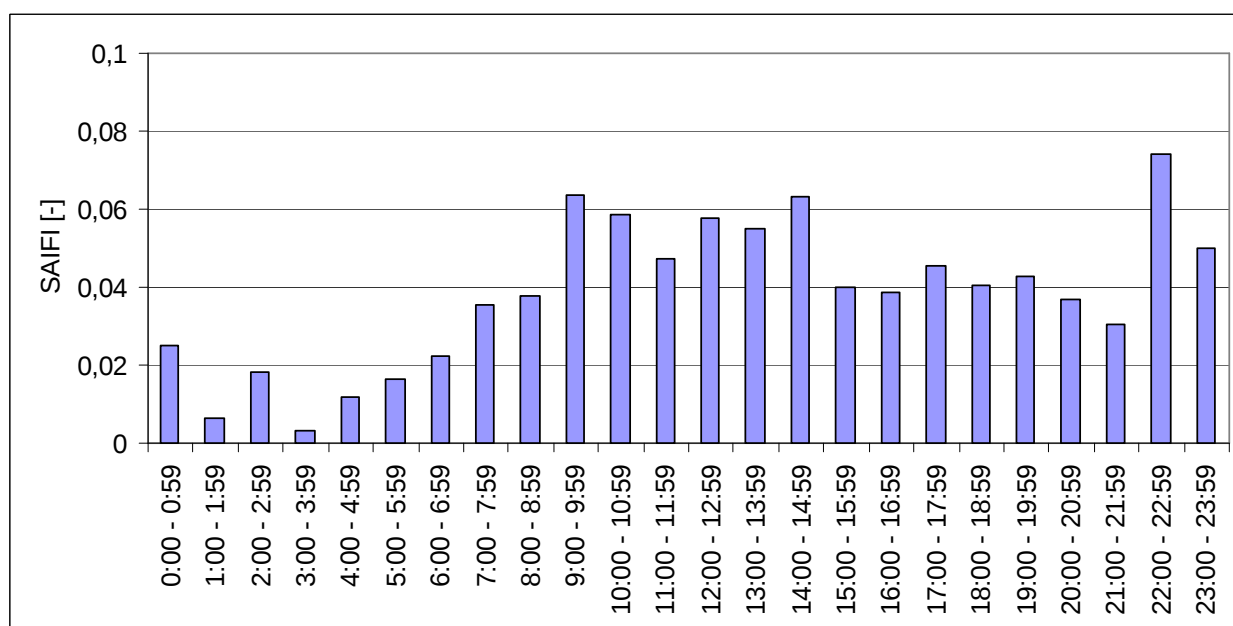
Graf SAIFI pro hladinu vn podle začátku resp. nahlášení výpadku Obr. 7-11 opět sleduje pracovní návyky obyvatelstva. Mezi 5. a 6. hodinou začíná pro většinu obyvatelstva pracující v průmyslu a zemědělství pracovní doba, průmyslové odběry bývají velmi často umístěny právě na této hladině. V této době dochází k zjištění výpadku a následně jeho nahlášení. Ve výše zmíněné hodině je vidět přibližně dvojnásobný nárůst SAIFI oproti hodině předchozí. Naopak ke snížení sledovaného ukazatele dochází v době oběda mezi 11. a 12. hodinou a na konci, resp. po konci pracovní doby mezi 15. a 16. hodinou. Potom se hodnota ukazatele SAIFI až do 22. hodiny příliš nemění, vzrůst jeho hodnoty mezi 22. a 24. hodinou není zřejmý. V pozdějších nočních hodinách počínaje 1. hodinou dosahuje SAIFI velmi malých hodnot, neboť v tomto čase je většina průmyslových podniků zavřena (nebo nepracují na plný výkon) a poruchy vzniklé v této době jsou nahlášený v pozdějších hodinách. V průmyslovějších regionech (např. severní Morava, severní Čechy, atd.) by pravděpodobně nebyl tento pokles tak razantní.



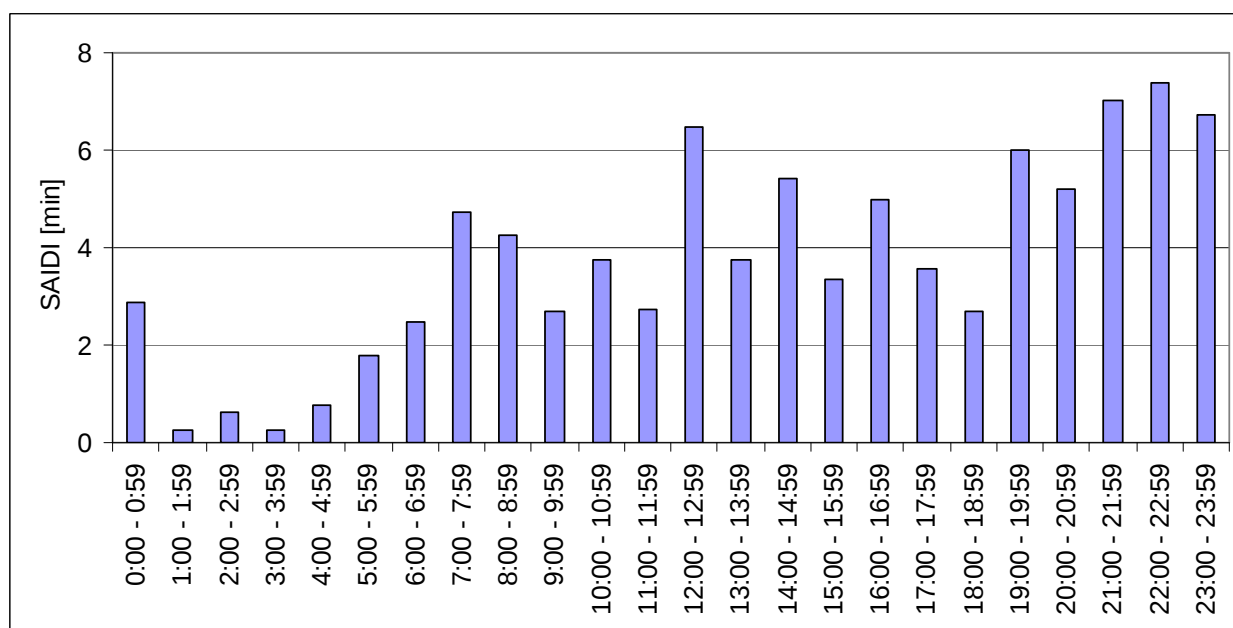
Obr. 7-12 SAIFI podle hodin vzniku – hladina nn

Graf SAIFI pro hladinu nn Obr. 7-12 má téměř stejný průběh jako graf SAIFI pro hladinu vn Obr. 7-11. V ranních hodinách je však nárůst SAIFI pozvolnější. Mezi 9. a 15. hodinou, s výjimkou času oběda, je SAIFI víceméně konstantní a dosahuje maximálních hodnot. Téměř konstantní ovšem nižší je hodnota SAIFI mezi 15. a 21. hodinou, pokles je pravděpodobně dán koncem pracovní doby většiny úřadů. Důvod vysokých hodnot SAIFI mezi 22. a 24. hodinou opět není zřejmý. Potom je většina obyvatelstva neaktivní, a proto poruchy vzniklé v této době jsou nahlášeny později a jsou tedy započítány do jiných hodin. Celý graf je posunut směrem k nižším hodnotám, což je dáno větším počtem zákazníků této napěťové hladiny.

Dopad výpadků na SAIFI určené pro obě napěťové hladiny je předmětem následujícího grafu Obr. 7-13.

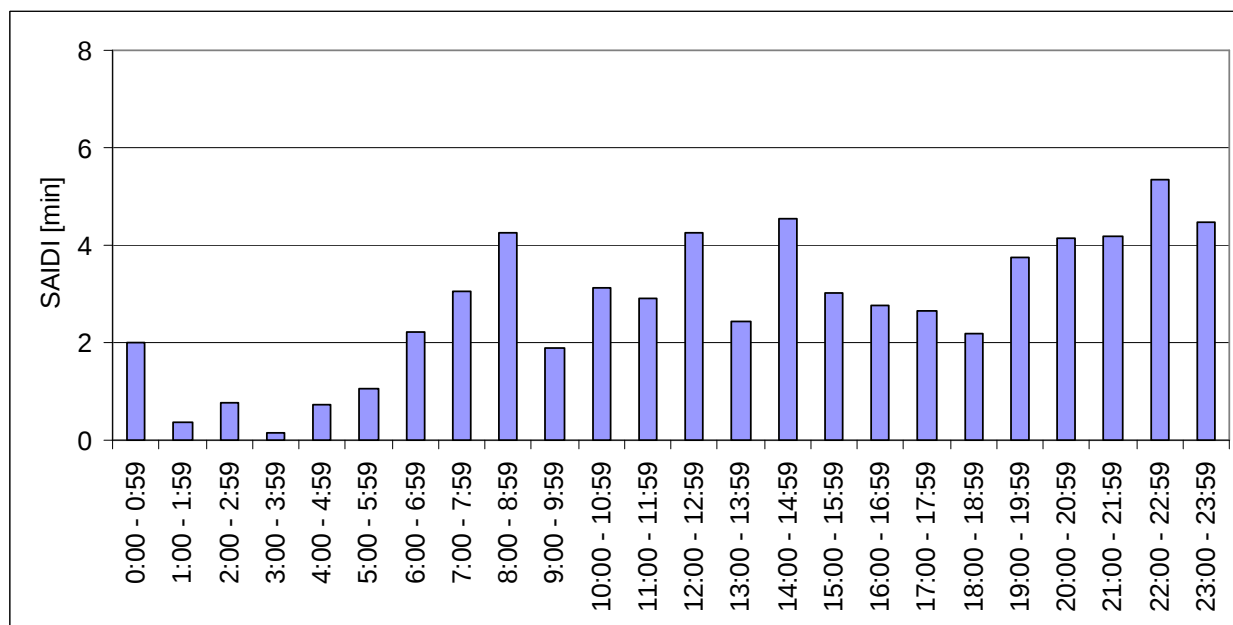


Obr. 7-13 SAIFI podle hodin vzniku – obě hladiny



Obr. 7-14 SAIDI podle hodin vzniku – hladina vn

Z grafu SAIDI pro hladinu vn Obr. 7-14 lze dost obtížně určit nějaký trend. V pozdních nočních hodinách je ukazatel nízký z důvodu nižšího počtu nahlášených poruch. V rámci dne SAIDI značně kolísá. Mezi 21. a 24. hodinou dosahuje maxima, což je pravděpodobně dáno pomalejšími manipulacemi a složitějším postupem vyhledání přesného místa poruchy a opravy v nočních hodinách a rovněž menším počtem opravářů pracujících v této době.

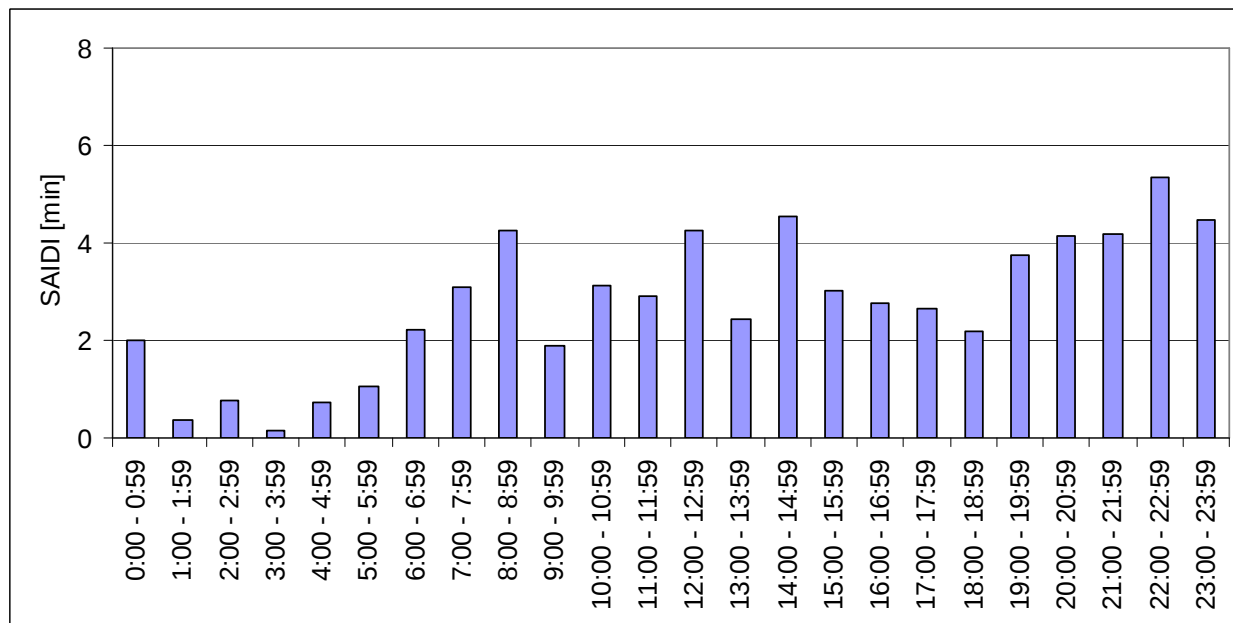


Obr. 7-15 SAIDI podle hodin vzniku – hladina nn

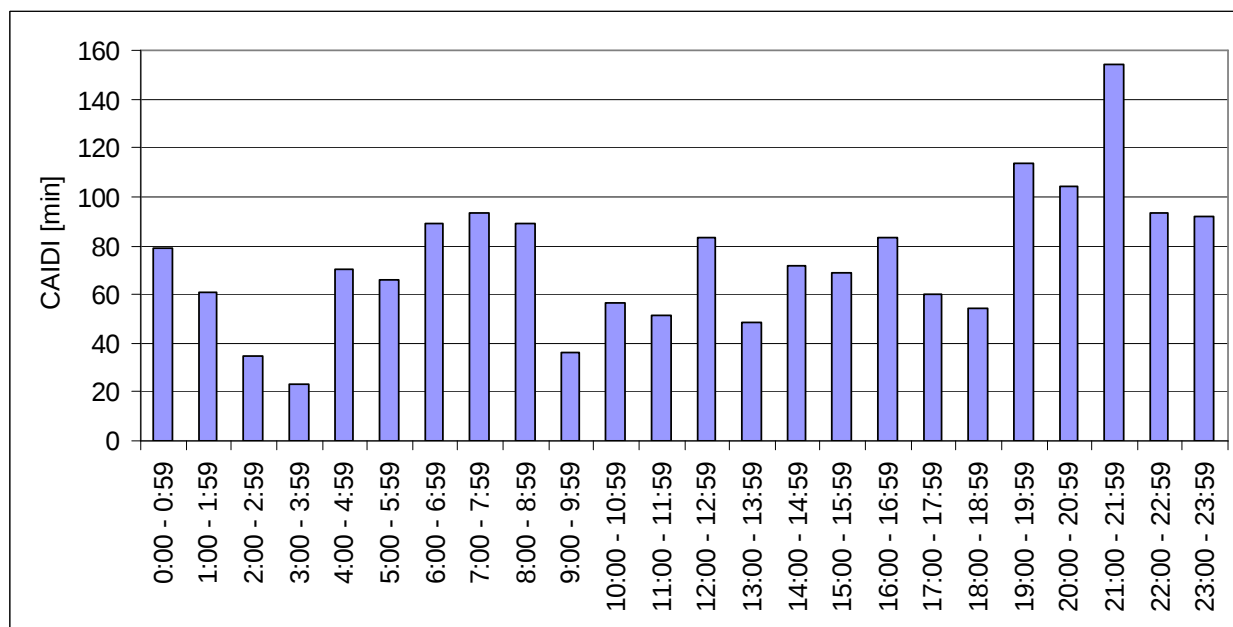
SAIDI pro hladinu nn Obr. 7-15 se pohybuje v časovém úseku mezi 6. a 1. hodinou mezi dvěma a šesti minutami, přičemž mezi 19. a 24. hodinou se velmi nemění, což je pravděpodobně

dáno důvodem popsáním u předchozího grafu Obr. 7-14. Velmi nízká hodnota mezi 1. a 6. hodinou je důsledkem pozdějšího nahlášení poruch.

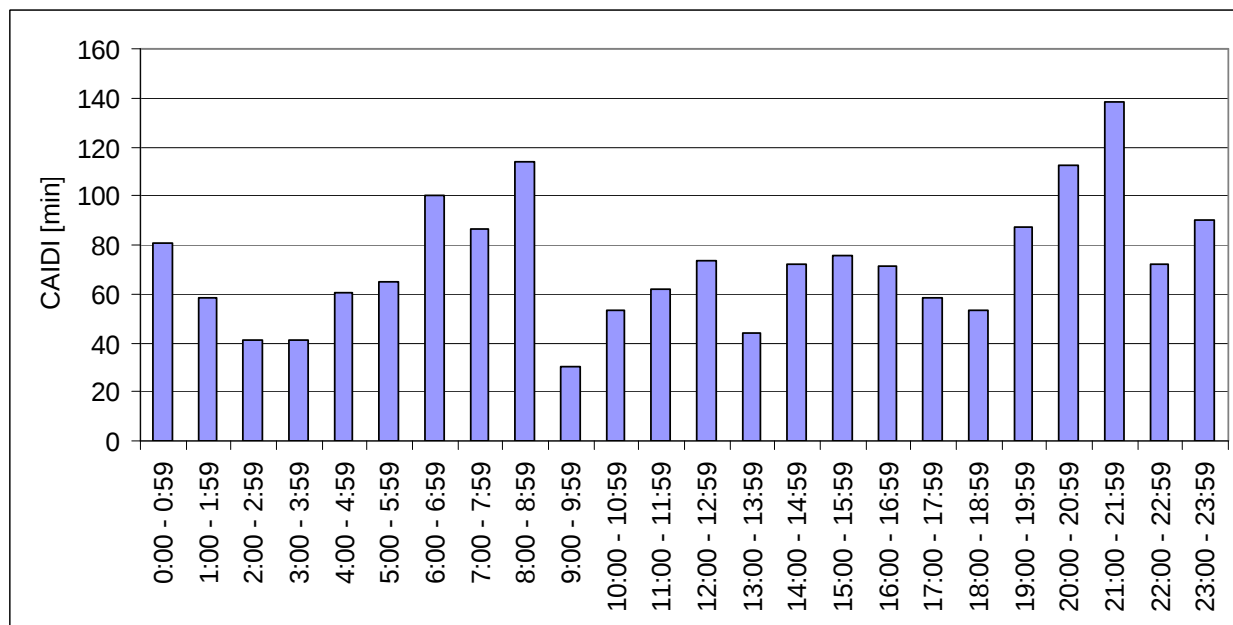
Dopad výpadků na SAIDI určené pro obě napěťové hladiny je předmětem následujícího grafu Obr. 7-16.



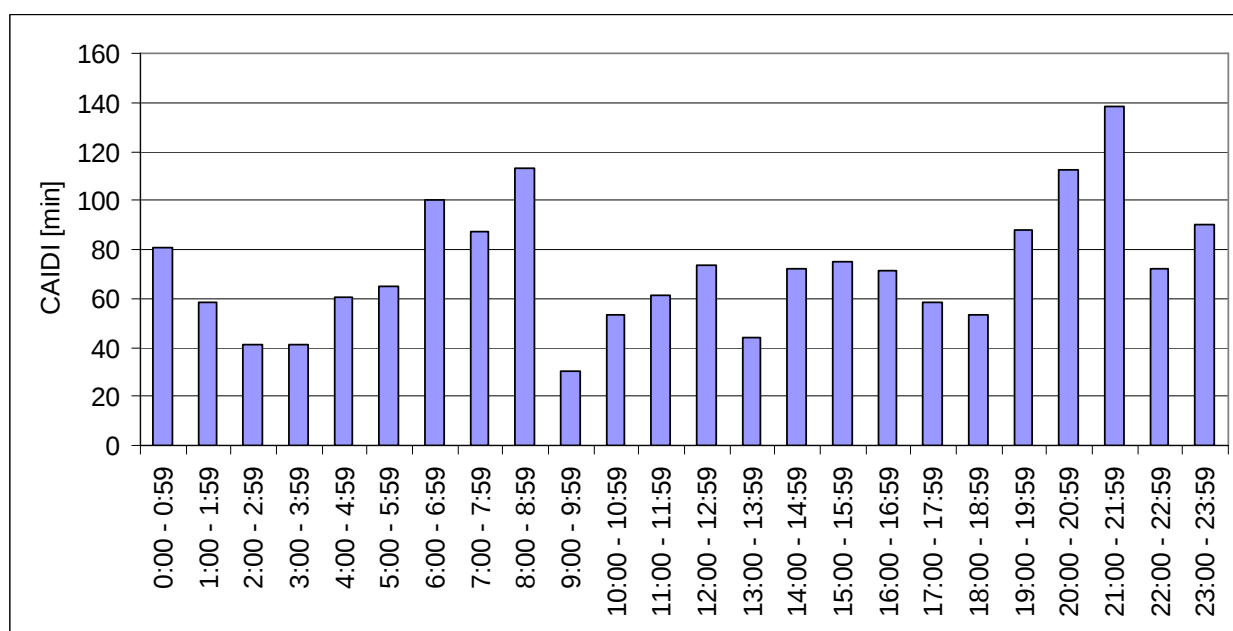
Obr. 7-16 SAIDI podle hodin vzniku – obě hladiny



Obr. 7-17 CAIDI podle hodin vzniku – hladina vn



Obr. 7-18 CAIDI podle hodin vzniku – hladina nn



Obr. 7-19 CAIDI podle hodin vzniku – obě hladiny

Protože ukazatel CAIDI je určen jako poměr SAIDI a SAIFI, dochází při malém počtu delších výpadků vzniklých v určitých hodinách k velkému nárůstu tohoto ukazatele, což je případ časového úseku mezi 21. a 22. hodinou.

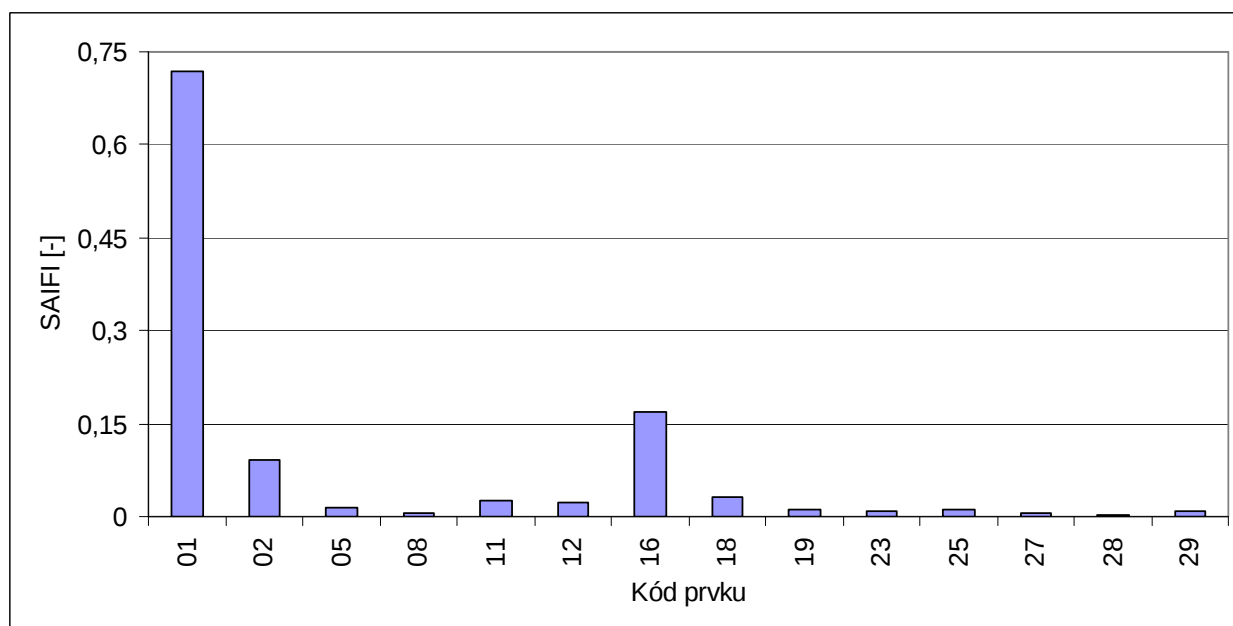
7.3 Analýza výpadků podle prvků zodpovědných za jejich vznik

Při tvorbě této analýzy byl použit číselník prvků zodpovědných za poruchu vytvořený a používaný oddělením Rozvoje a výstavby. Protože se však v analyzovaném období nevyskytly poruchy všech prvků souvisejících s vedeními a některé prvky číselníků se vedení netýkají, bude v Tab. 7-1 uvedena zkrácená verze tohoto číselníku. V jednotlivých grafech budou prvky značeny podle kódů v této tabulce.

Tab. 7-1 Zkrácená verze číselníku Prvky

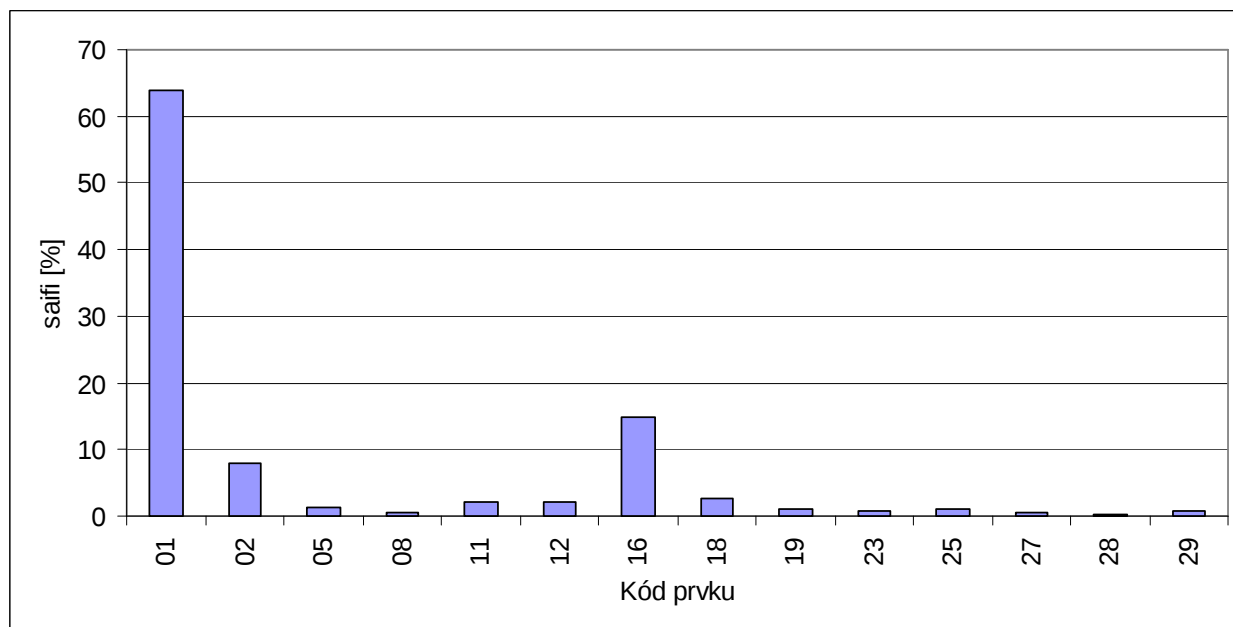
Kód	Prvek	Kód	Prvek
01	Vedení neizolované	18	Úsečník
02	Kabel podzemní	19	Přístrojový transformátor
05	Kabelový soubor	23	Kabel závěsný
08	Pojistka	25	Vedení izolované
11	Stožár, sloup, střešní	27	Kabel venkovní – svod
12	Stožárové armatury	28	Omezovač, bleskojistka, svodič
16	Izolátor	29	Spojovač, svorka, připojovací vodič

Jednotlivé výpadky byly přiřazeny k prvkům určeným za zodpovědné za jejich vznik. Pro výpočet ukazatele SAIFI byl použit počet výpadkem postižených zákazníků v okamžiku jeho vzniku. Pro výpočet SAIDI byla použita střední doba trvání přerušení pro zákazníka postiženého danou událostí vzniklou na hladině vn. Pro jednodušší vzájemnou porovnatelnost grafů SAIFI, SAIDI a CAIDI sestrojených podle tohoto kritéria, bude vždy uveden pro každý ukazatel graf vyjadřující procentuální podíl jednotlivých poruch prvků na celkové hodnotě ukazatele. Tento graf bude sestrojen vždy pouze pro dopad událostí na zákazníky vn.

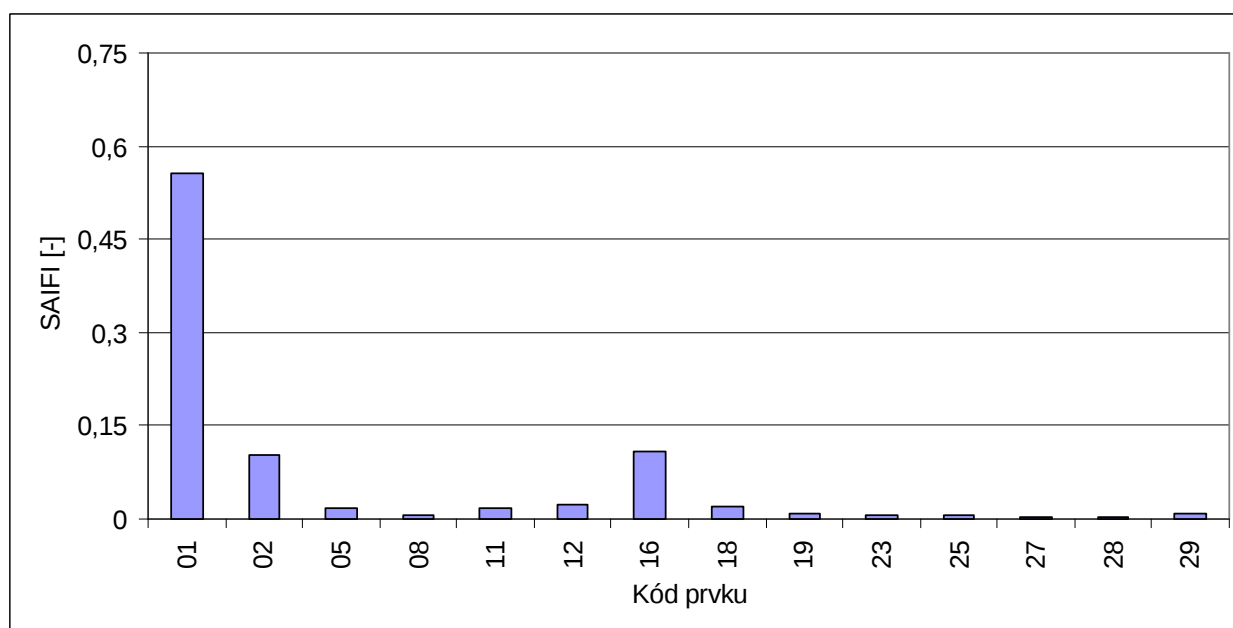


Obr. 7-20 SAIFI podle prvku – hladina vn

Z Obr. 7-20 je zřejmé, že za nejvíce poruch jsou zodpovědné události na venkovních vedeních neizolovaných - 01, což je dáno nejen jejich větší zranitelností, ale i jejich větší celkovou délkou než v případě podzemních kabelů – 02. Ke konci roku 2007 bylo v analyzované oblasti z celkové délky 13 293 km vedení vn 16,5 % kabelových, tento podíl však postupně roste. Dalším velice častým původcem poruch jsou izolátory na venkovních vedeních – 16. Za zmínku stojí rovněž poruchy související se stožáry a úsečníky venkovních vedení, které dohromady zapříčiňují 8 % všech poruch – 11, 12, 18. Každý z ostatních prvků se na vzniku poruch podílí minimálně.



Obr. 7-21 Podíl prvků na celkovém SAIFI – hladina vn

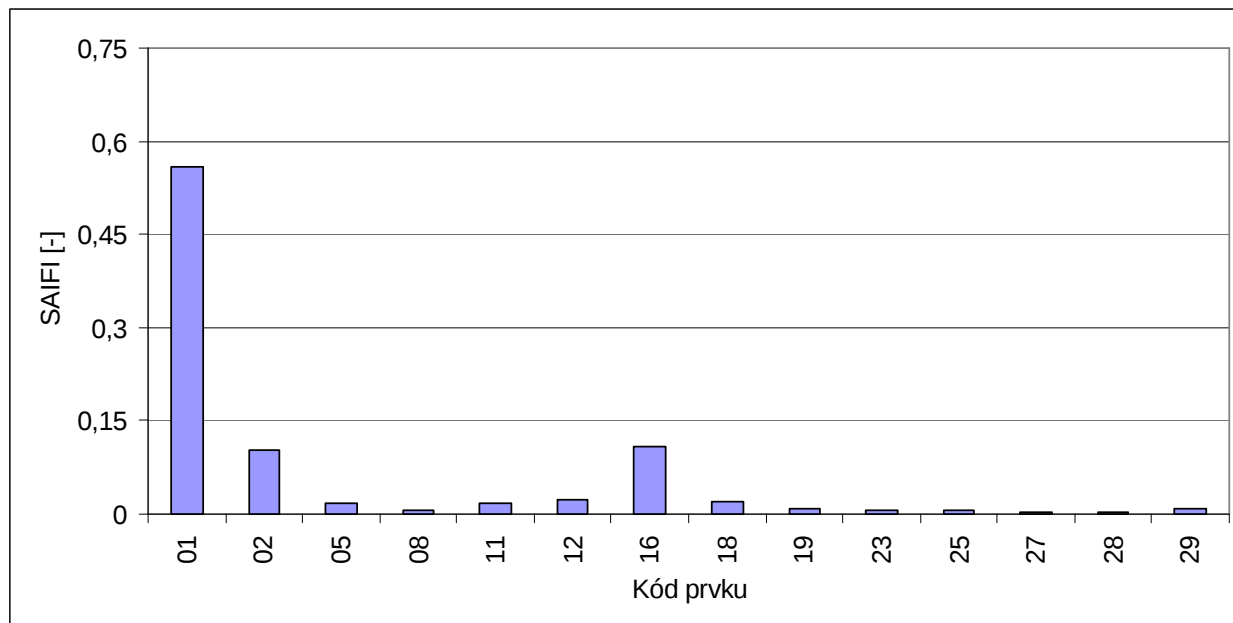


Obr. 7-22 SAIFI podle prvku – hladina nn

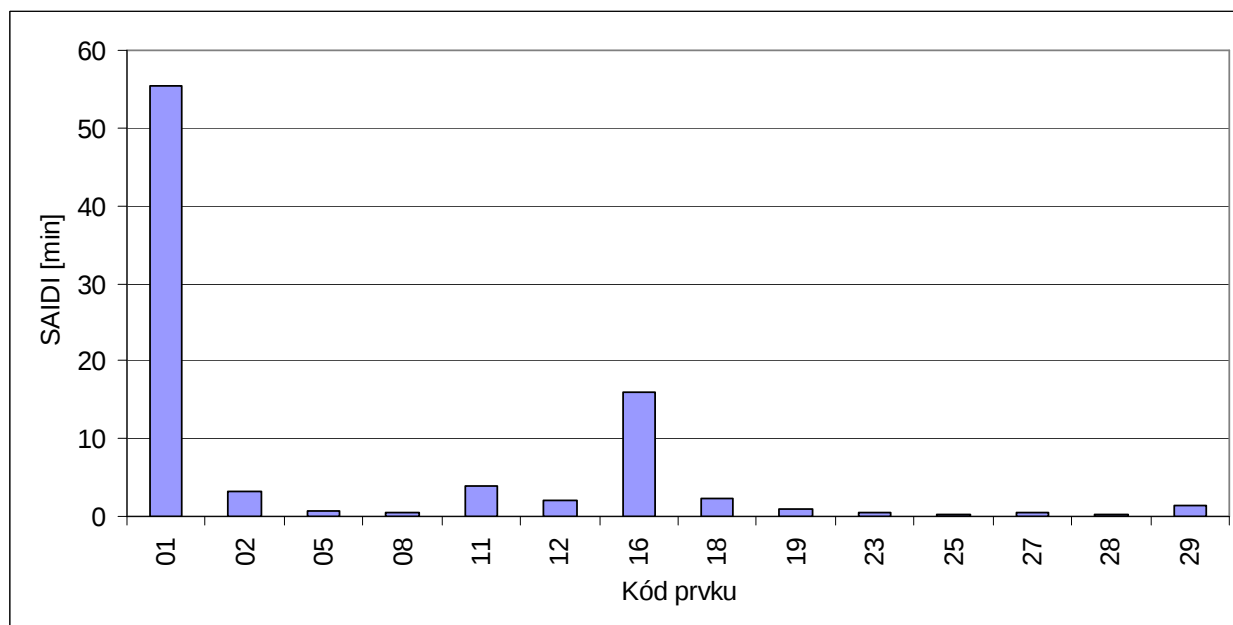
Porovnáním Obr. 7-21 a Obr. 7-20 lze odhalit značné snížení vlivu poruch venkovních neizolovaných vedení – 01 a izolátorů – 16 a naopak zvýšení vlivu poruch kabelových vedení

podzemních – 02 na SAIFI hladiny nn. Snížení je dáno větším počtem zákazníků hladiny nn. Zvýšení může být způsobeno větším počtem zákazníků nn vázaných na kabelová podzemní vedení vn, která se nacházejí především v Brně, ale i v dalších městech.

Dopad poruch prvků na SAIFI určené pro obě napěťové hladiny je na grafu Obr. 7-23.



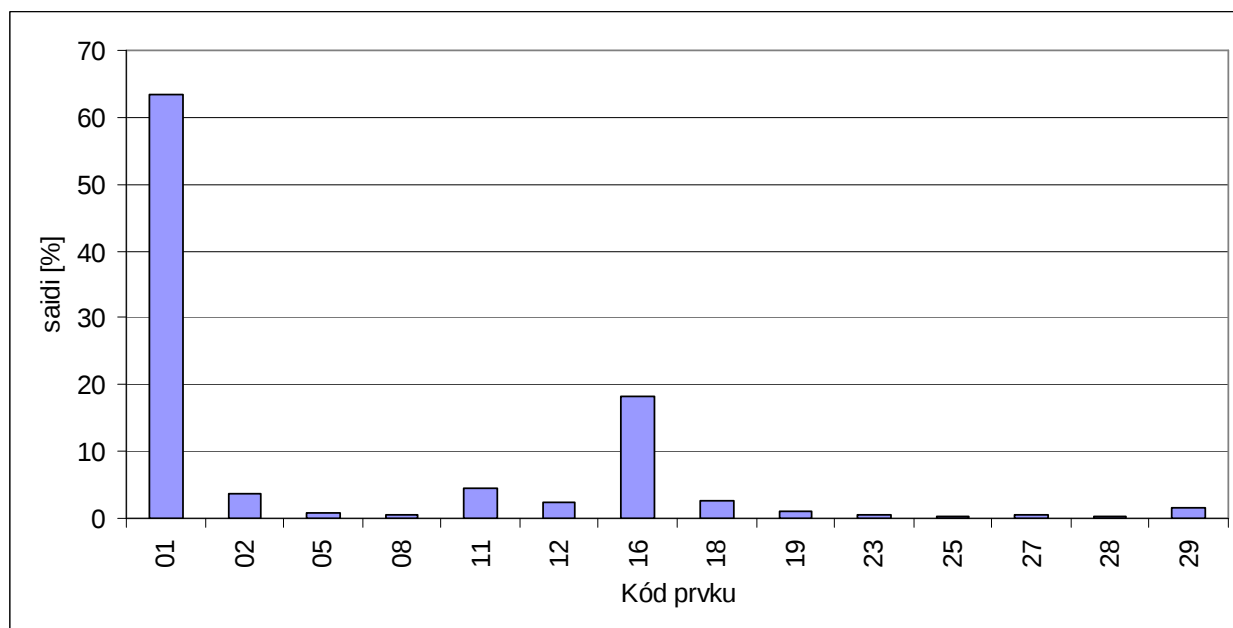
Obr. 7-23 SAIFI podle prvku – obě hladiny



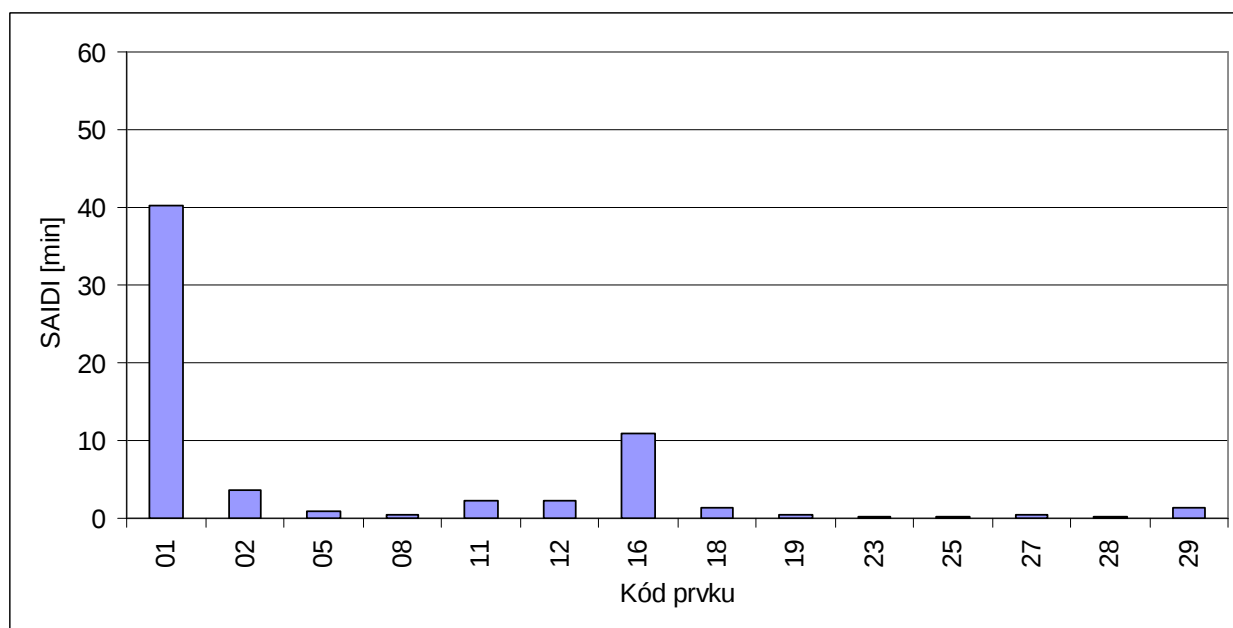
Obr. 7-24 SAIDI podle prvku – hladina vn

Už na první pohled je zřejmý daleko menší podíl poruch podzemních kabelů – 02 na celkovém SAIDI této hladiny Obr. 7-24. Tento jev je dán především tím, že jsou kabely zakopáním v dostatečné hloubce pod povrchem chráněny před klimatickými vlivy. Dále použitím kabelů především ve městech, a tím menší dojezdové vzdálenosti od výjezdových čt, jež bývají

umístěny právě ve větších městech. Za část snížení rovněž může umístění kabelů v podzemních kolektorech v centru města Brna, čímž se značně snižuje doba vyhledání poruchy a následné opravy a taktéž použití okružní sítě v tomto městě. Použitím tohoto typu sítě lze i při přetrvávající poruše pomocí přepojování zajistit napájení části zákazníků z jiného vývodu. Výrazněji se také oproti Obr. 7-20 projevily poruchy spojovačů, svorek a připojovacích vodičů – 29. Aby se těmto poruchám předešlo, dochází k pravidelné kontrole spojů pomocí termovize. Procentuální zastoupení prvků souvisejících s venkovními vedeními neizolovanými uvedených v popisu Obr. 7-20 na celkovém SAIDI se zásadně nezměnilo – 11, 12, 16, 18. Podíl ostatních prvků na vzniku poruch je stejně jako v případě SAIFI minimální Obr. 7-25.

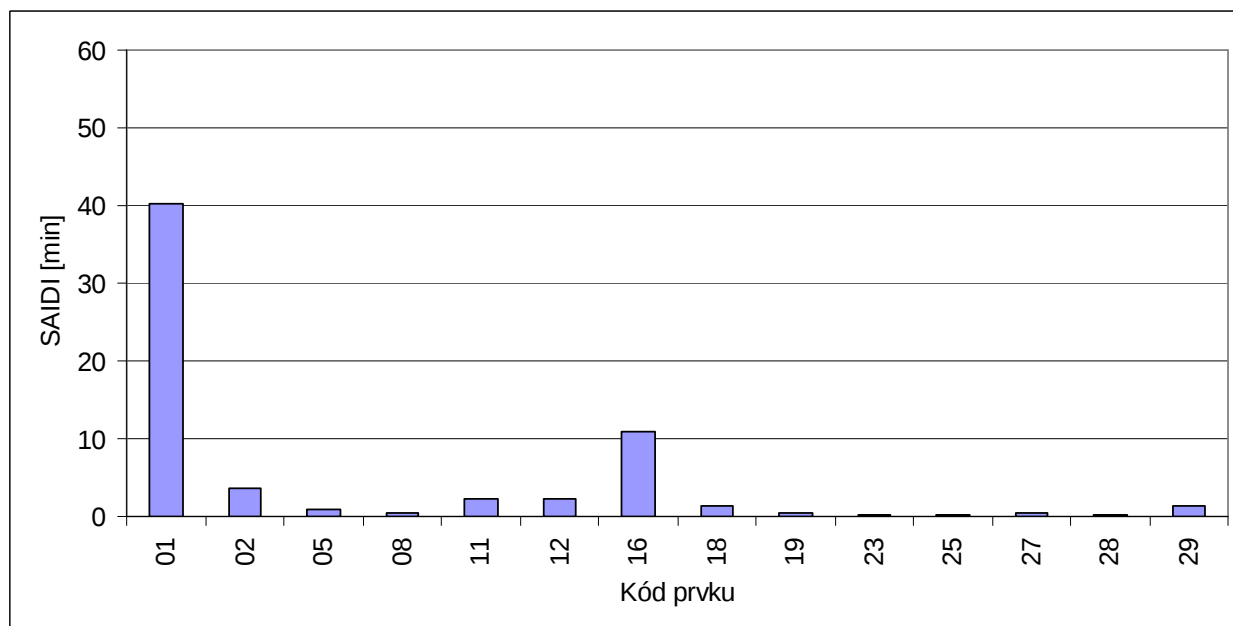


Obr. 7-25 Podíl prvků na celkovém SAIDI – hladina vn

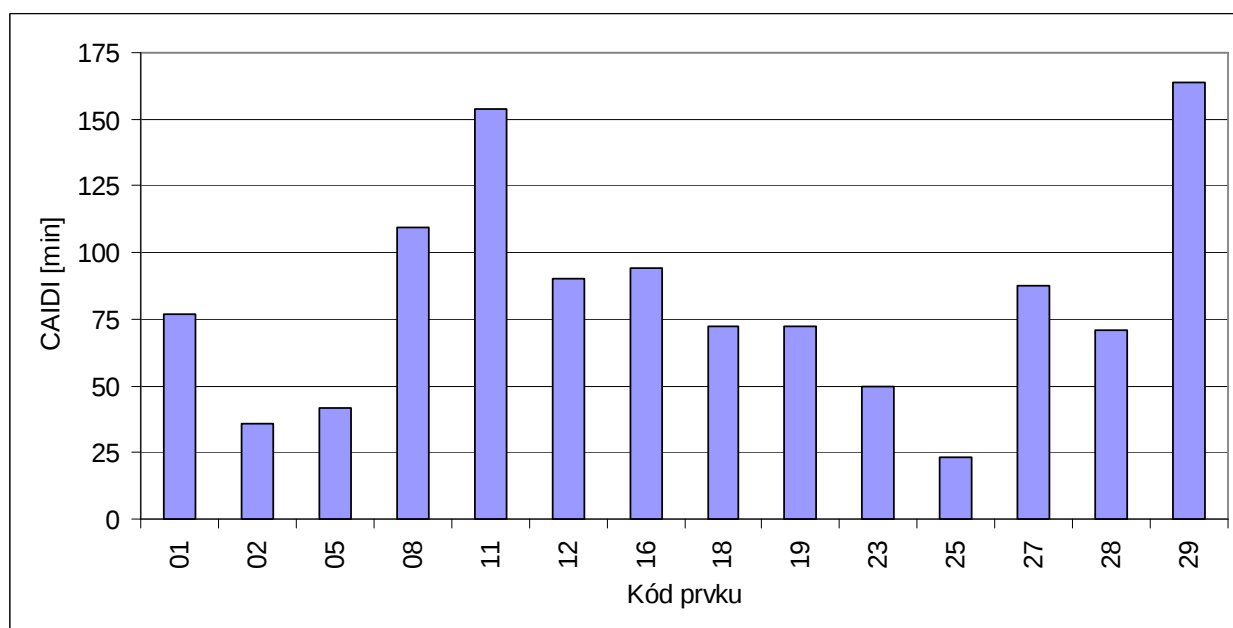


Obr. 7-26 SAIDI podle prvku – hladina nn

Tento graf Obr. 7-26 se opět zásadně neliší od grafu SAIDI pro hladinu vn Obr. 7-24, SAIDI dosahuje nižších hodnot v důsledku vyššího počtu zákazníků umístěných na této hladině.



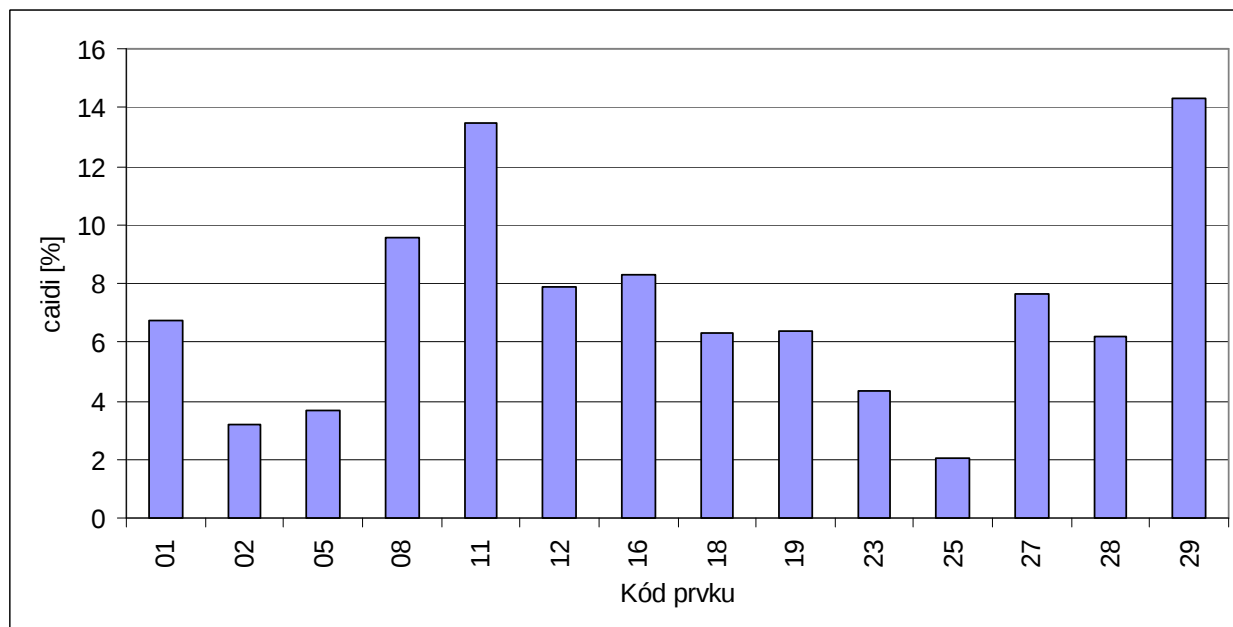
Obr. 7-27 SAIDI podle prvku – obě hladiny



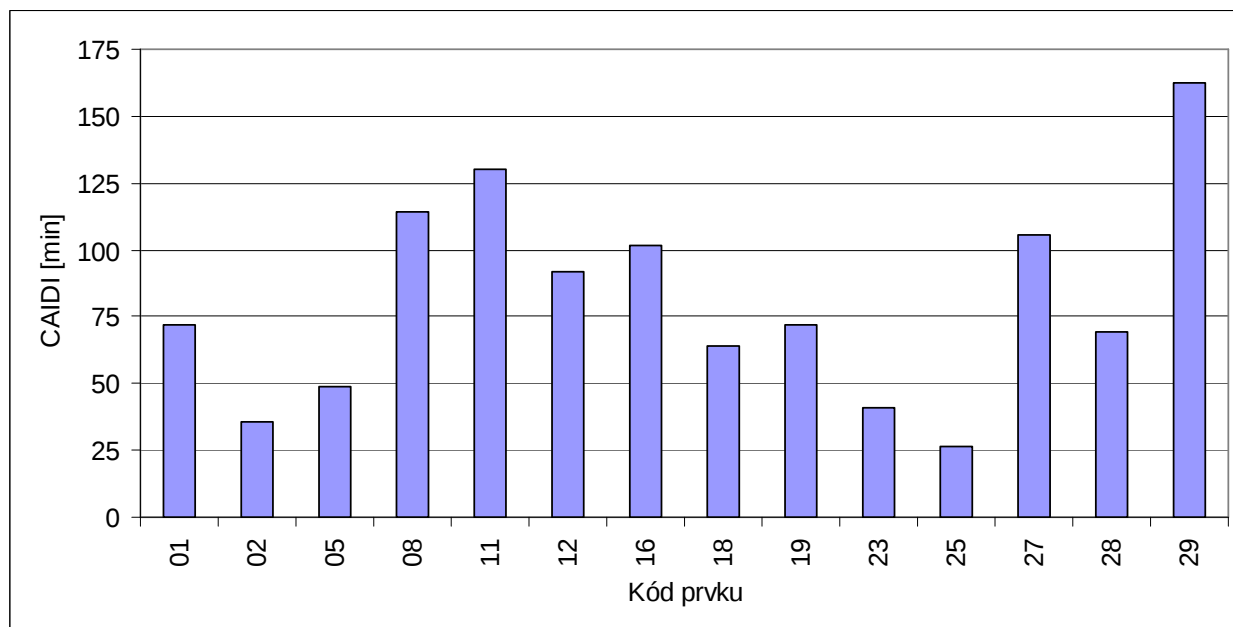
Obr. 7-28 CAIDI podle prvku – hladina vn

Na grafu CAIDI pro hladinu vn Obr. 7-28 je vidět přibližně poloviční hodnota ukazatele CAIDI způsobeného poruchami podzemních kabelů – 02 oproti hodnotě způsobené poruchami venkovních neizolovaných vedení – 01, důvody snížení byly popsány u Obr. 7-24, jedinou nevýhodou podzemních kabelů (tedy kromě ceny) je nutnost zemních prací při jejich opravách (pokud nejsou umístěny v kolektorech), čímž se hodnota ukazatelů CAIDI i SAIDI naopak zvyšuje. Vysoká hodnota CAIDI u pojistek – 08 je dána existencí jedné události s dopadem na větší počet zákazníků. Nejvyšších hodnot dosahuje CAIDI při poškození stožárů, sloupů

a střešníků – 11 a poruchách spojovačů, svorek a připojovacích vodičů – 29, což je způsobeno složitými opravami těchto závad. Velmi nízká hladina CAIDI při poruše izolovaného vedení – 25 je důsledkem jednoduššího uchycení izolovaných lan na stožáry, čímž se zkracuje doba nutná pro opravu.

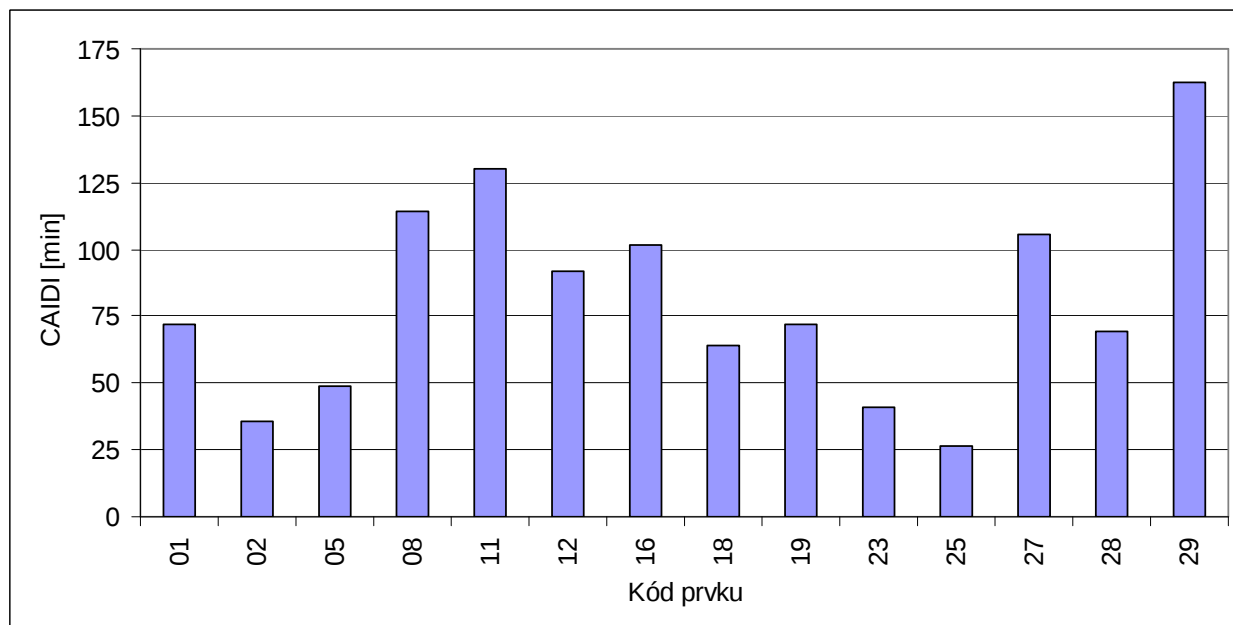


Obr. 7-29 Podíl prvků na celkovém CAIDI – hladina vn



Obr. 7-30 CAIDI podle prvku – hladina nn

Graf CAIDI na Obr. 7-30 se výrazněji neliší od grafu na Obr. 7-29, pouze je patrný výrazný vzrůst CAIDI způsobený svodem venkovního kabelu – 27. Tento vzrůst byl vyvolán jednou déletrvající poruchou a malým počtem poruch vzniklých na tomto prvku.

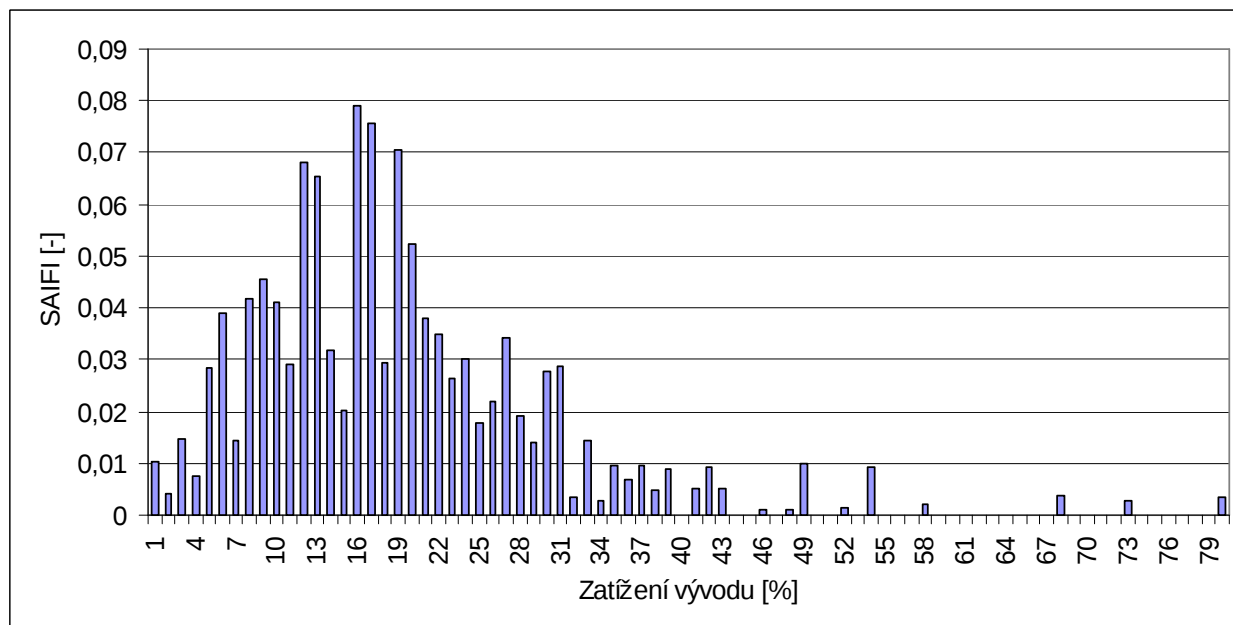


Obr. 7-31 CAIDI podle prvku – obě hladiny

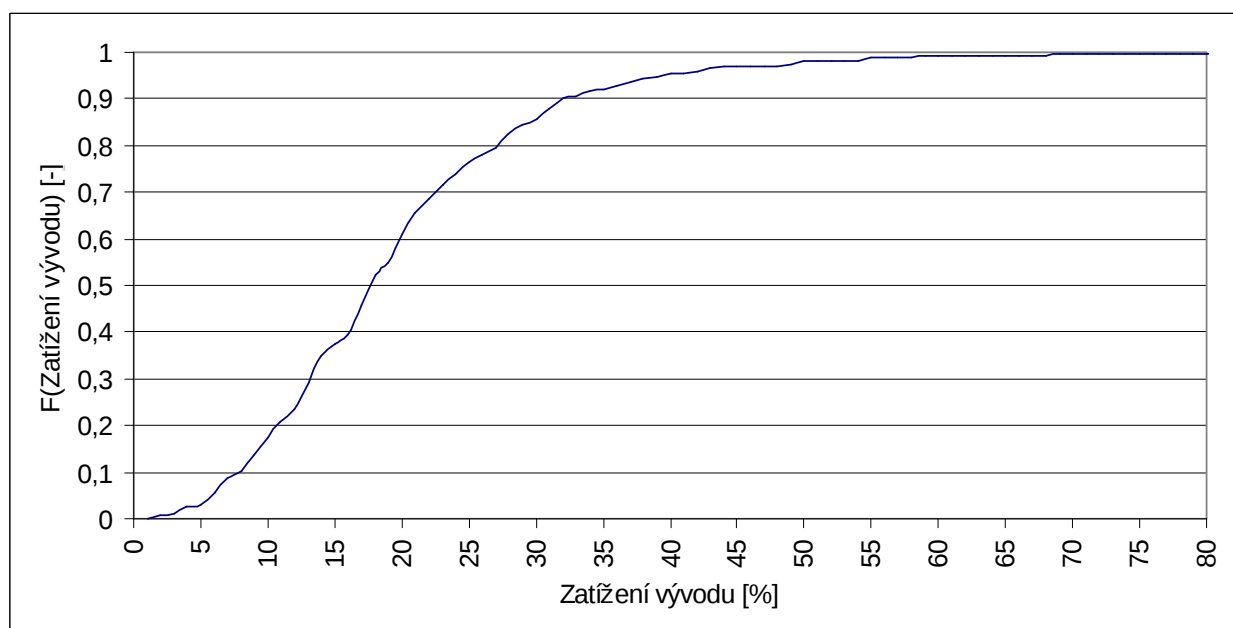
7.4 Analýza výpadků podle zatížení vývodu v okamžiku vzniku události

Pro tvorbu analýzy bylo určeno procentuální zatížení každého událostí postiženého vývodu v okamžiku, kdy na něm vznikla událost. Toto zatížení bylo vypočítáno jako poměr proudu protékajícího vývodem v okamžiku vzniku události a hodnoty maximálního proudu nastaveného na ochraně tohoto vývodu, přičemž následně byla každá hodnota zatížení zaokrouhlena na celá procenta. Proud protékající vývodem, na němž vznikla porucha, byl vyhledán podle času vzniku a místa poruchy v dispečerském centru pomocí grafického rozhraní aplikace RIS JME Brno. Pomocí této aplikace se dají získat data o stavu rozvodny v trojminutových časových intervalech měření stará i několik let (záleží na době modernizace dané rozvodny). Pomocí stejné aplikace byla získána i hodnota maximálního proudu nastaveného na ochraně tohoto vývodu. U některých rozvodnách ovšem údaje nastavení ochrany chyběly, v tom případě byly chybějící údaje dodány ředitelem dispečinku Ing. Petrem Vaculíkem.

Každý výpadek byl poté přiřazen k příslušnému procentuálnímu zatížení vývodů. Pro výpočet ukazatele SAIFI byl použit počet výpadkem postižených zákazníků v okamžiku jeho vzniku. Pro výpočet SAIDI byla použita střední doba trvání přerušení pro zákazníka postiženého danou událostí vzniklou na hladině vn. Všechny grafy končí úrovní zatížení vývodu 80 %, neboť se v datech nevyskytuje hodnota zatížení, která by tuto úroveň přesáhla. Pro každý ukazatel a napěťové hladiny vn a nn budou navíc uvedeny grafy distribuční funkce zatížení vývodu. Distribuční funkce $F(x)$ udává pravděpodobnost toho, že náhodná veličina X nabude menších hodnot než x .

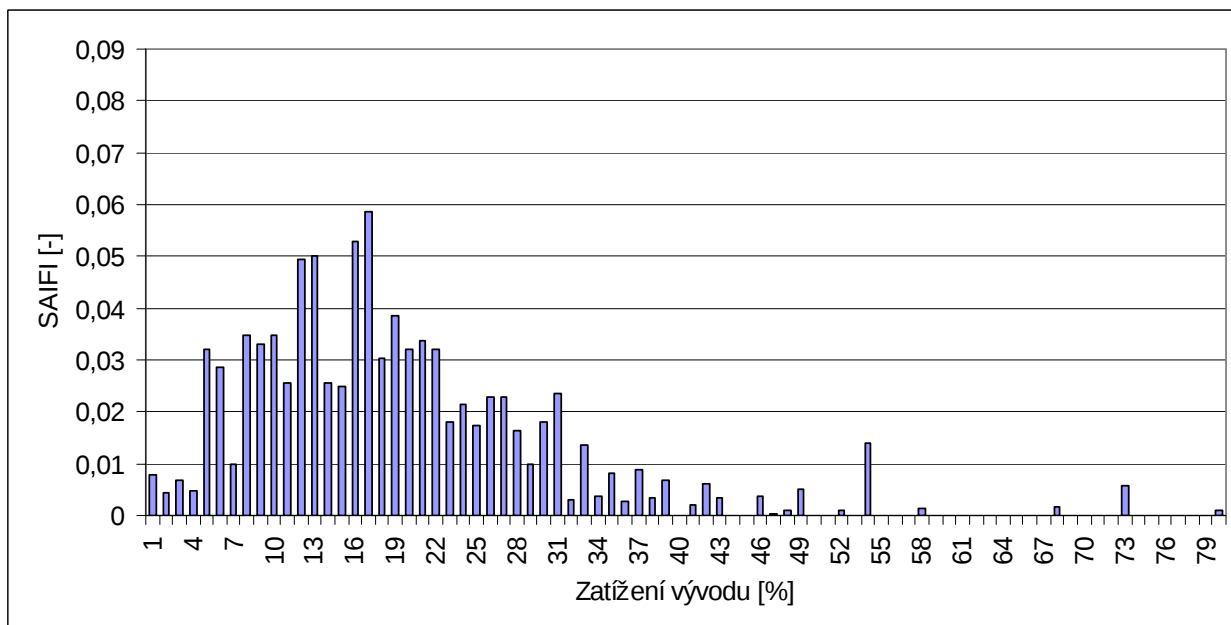


Obr. 7-32 SAIFI podle zatížení – hladina vn

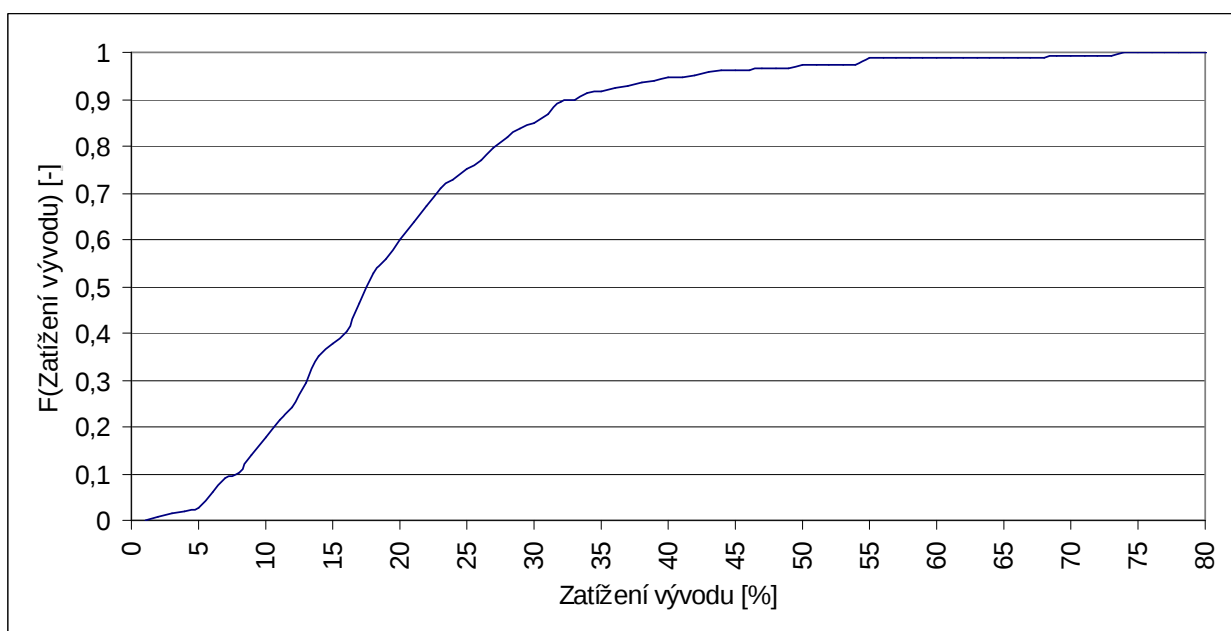


Obr. 7-33 Distribuční funkce zatížení vývodu podle ukazatele SAIFI – hladina vn

Z grafu na Obr. 7-32 je patrné, že největších hodnot dosahuje ukazatel SAIFI až na pár výjimek při zatížení vedení mezi 5 ÷ 45 %. Z distribuční funkce zobrazené na Obr. 7-33 byl stanoven celkový podíl událostí v tomto rozmezí na hodnotě celkového SAIFI – 91,5 %. Což odpovídá obvyklé praxi, kdy se vedení zatěžují v normálním provozu maximálně na 50 % přenositelného výkonu. Děje se tak především ze dvou důvodů, prvním je vzájemné zálohování rozveden, tím druhým výkonová výpomoc v určité oblasti napájené z více vývodů. Nižší zatížení také nepůsobí tak velké tepelné namáhání vedení, na které jsou nejcitlivější jejich spoje. Zatížení vývodu 68, 73 a 80 % jsou tedy s nejvyšší pravděpodobností dány nestandardním provozem v důsledku poruchy na jiném vývodu.

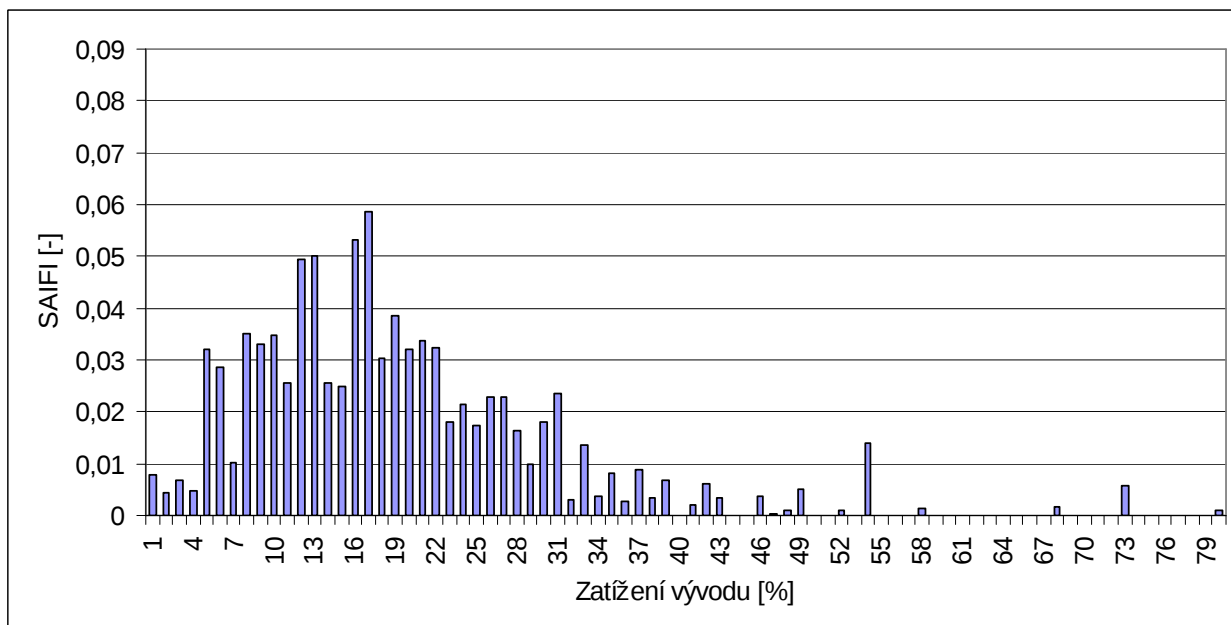


Obr. 7-34 SAIFI podle zatížení – hladina nn

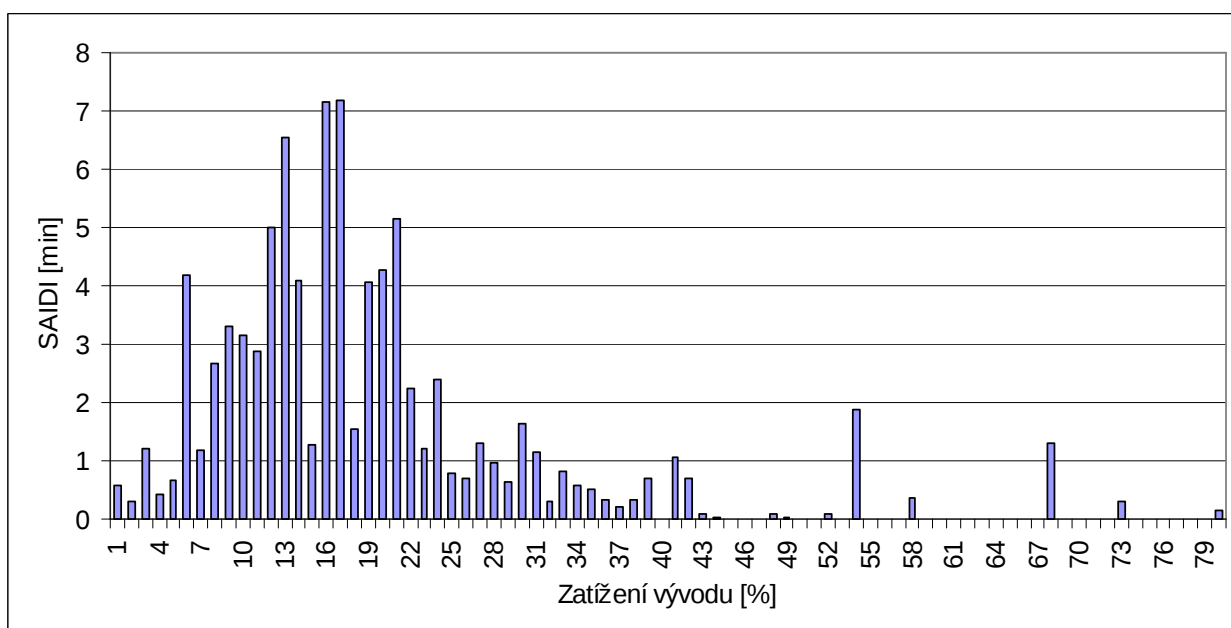


Obr. 7-35 Distribuční funkce zatížení vývodu podle ukazatele SAIFI – hladina nn

SAIFI hladiny nn Obr. 7-34 je opět nižší než SAIFI hladiny vn Obr. 7-32, neboť je rozděleno mezi daleko větší počet zákazníků. Největších hodnot dosahuje SAIFI stejně jako u hladiny vn mezi 5 ÷ 45 % zatížení vývodu v okamžiku vzniku události. Celkový podíl událostí v tomto rozmezí na hodnotě celkového SAIFI určený z distribuční funkce zobrazené na Obr. 7-35 je nižší než v předchozím případě, dosahuje 90,0 %. Zajímavá je hodnota SAIFI při poruše vzniklé při zatížení vývodu 54 %, v tomto okamžiku došlo k přerušení dodávky elektřiny u téměř 15 000 zákazníků. Tento schod je zřetelně vidět i na Obr. 7-35.

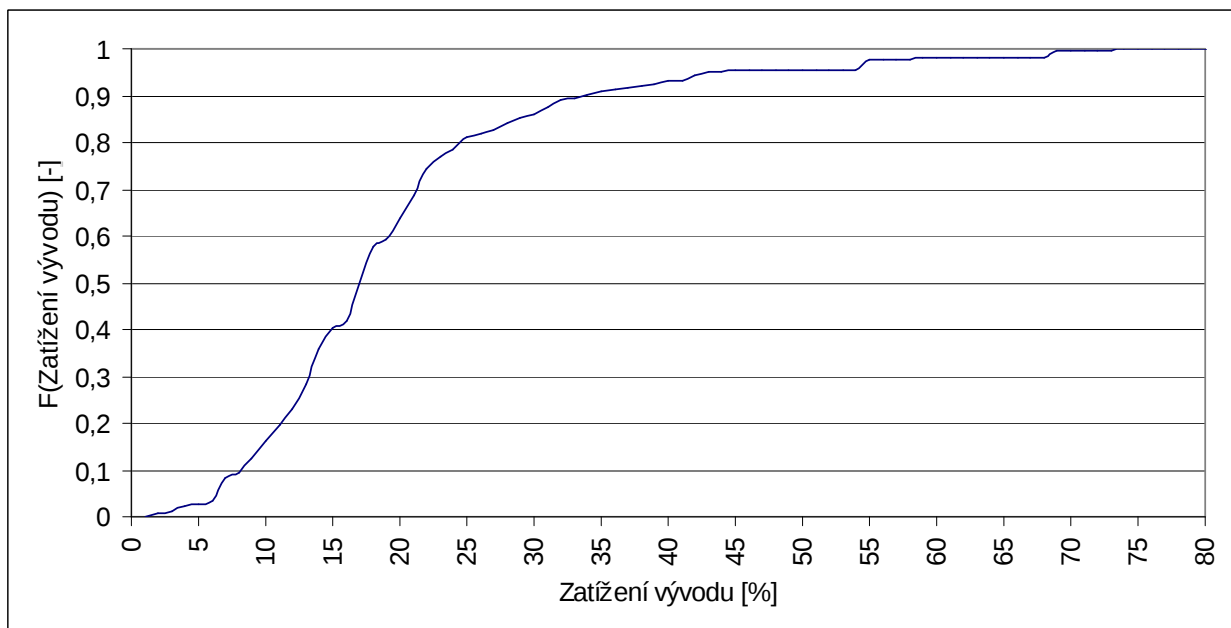


Obr. 7-36 SAIFI podle zatížení – obě hladiny

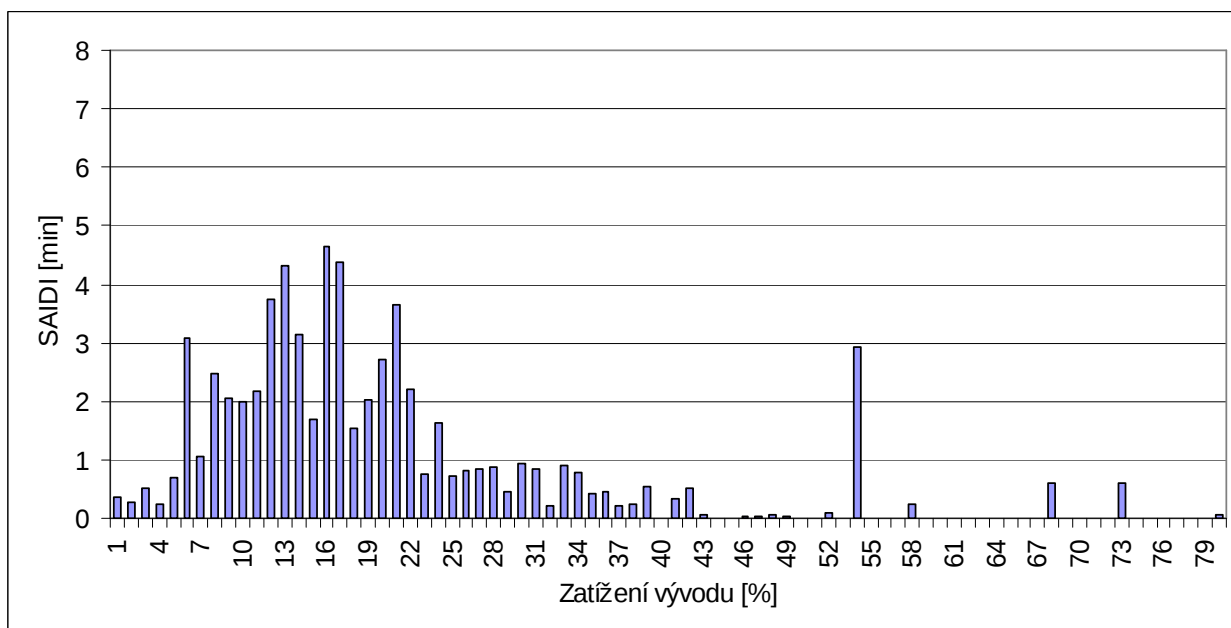


Obr. 7-37 SAIDI podle zatížení – hladina vn

Pro graf Obr. 7-37 platí stejné poznámky jako pro graf SAIFI stejné hladiny Obr. 7-32. Za zmínku stojí vysoká hodnota SAIDI pro události na vedeních při 6 % zatížení vývodů, na nichž jsou umístěny. Za zvýšení může opět rozsáhlejší výpadek, stejná situace nastala při 68 % zatížení vývodů. Příčina vysokého SAIDI při 54 % zatížení vývodu byla popsána u Obr. 7-35. Dopad všech tří zmíněných událostí je zřetelně vidět rovněž na Obr. 7-38. Mezi 5 a 45 % zatížení v okamžiku vzniku události se nachází 91,8 % celkové hodnoty SAIDI hladiny vn Obr. 7-38.

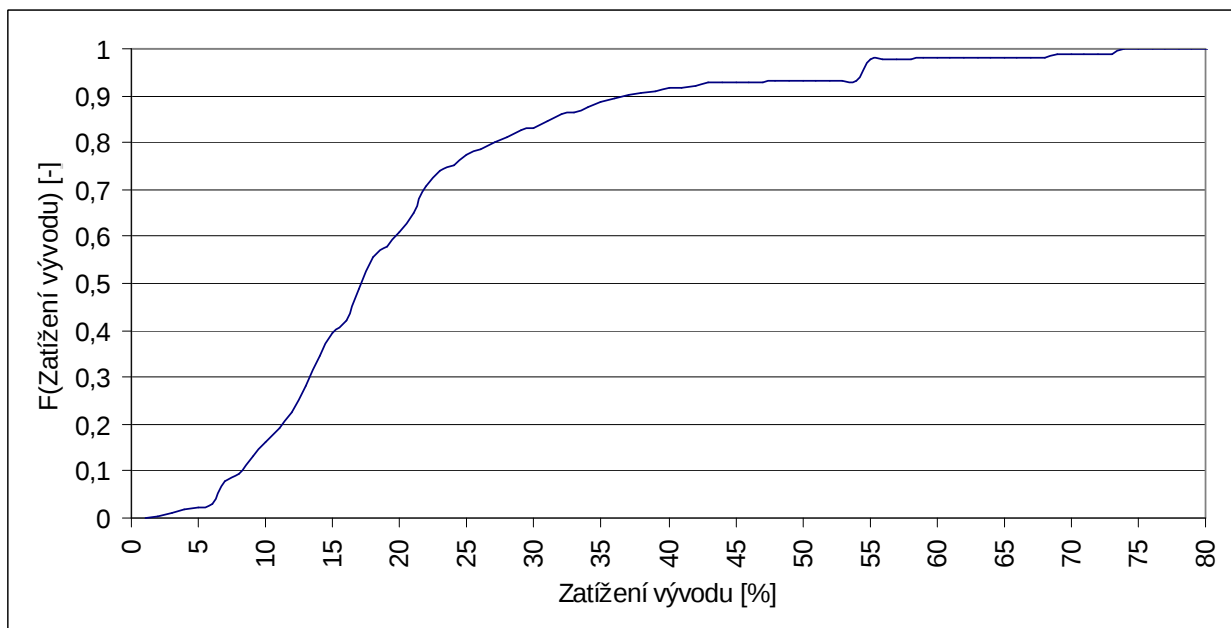


Obr. 7-38 Distribuční funkce zatížení vývodu podle ukazatele SAIDI – hladina vn

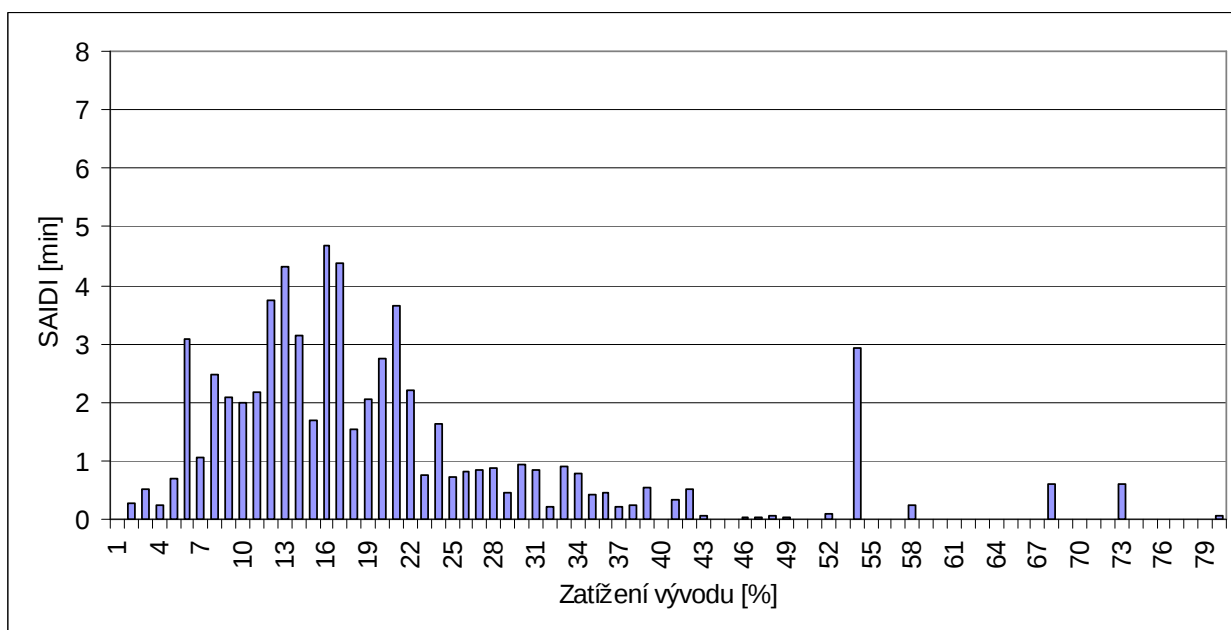


Obr. 7-39 SAIDI podle zatížení – hladina nn

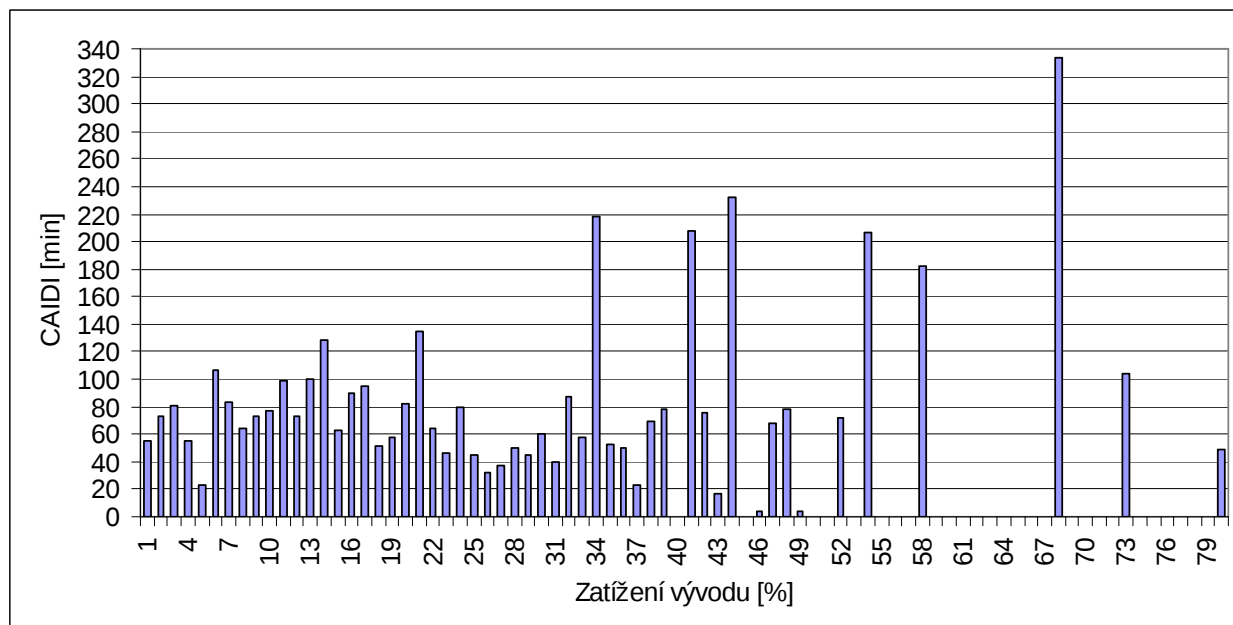
Ke grafu na Obr. 7-38 lze snad už doplnit jen to, že je oproti grafu SAIFI pro stejnou hladinu Obr. 7-33 pozvolnější. Výkyvy u 6% a 53 % byly popsány už výše. Mezi 5 a 45 % se nachází 89,8 % celkové hodnoty SAIDI této hladiny Obr. 7-40.



Obr. 7-40 Distribuční funkce zatížení vývodu podle ukazatele SAIDI – hladina nn



Obr. 7-41 SAIDI podle zatížení – obě hladiny

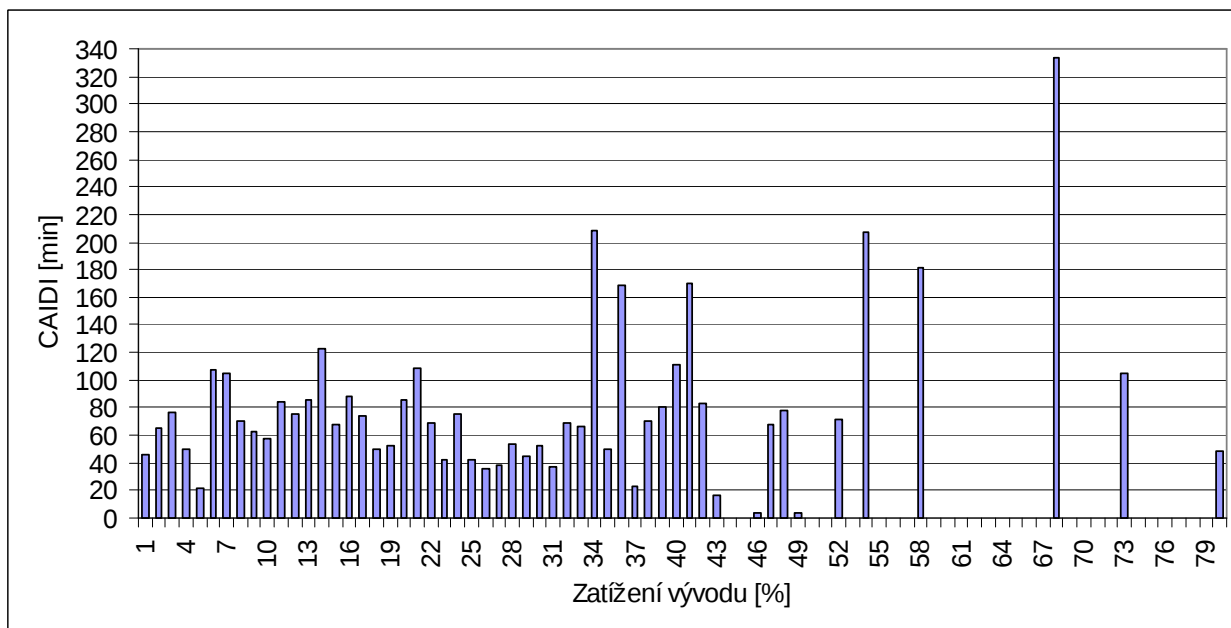


Obr. 7-42 CAIDI podle zatížení – hladina vn

Z grafu na Obr. 7-43 lze konstatovat, že se CAIDI se zatížením velmi nemění, a proto je možno usuzovat, že je na zatížení vývodu při vzniku události nezávislé. Naprostá většina hodnot CAIDI je v rozmezí 30 až 90 min. Největších kladných výkyvů dosahuje ukazatel CAIDI pro zatížení vývodů 34, 41, 44, 54, 58 a 68 %. Pokud se podrobně podíváme na výchozí data pro analýzu, tak zjistíme, že kromě zatížení vývodů na 34 % jsou všechny tyto výkyvy dány pouze jednou událostí příslušnou k danému zatížení. Výpočet ukazatele je tedy ovlivněn značnou statistickou chybou. Pohled na Obr. 7-45 tyto závěry potvrzuje, až do 45 % zatížení vývodů je víceméně lineární, potom je ovlivněn absencí dat z důvodů popsaných u Obr. 7-32.

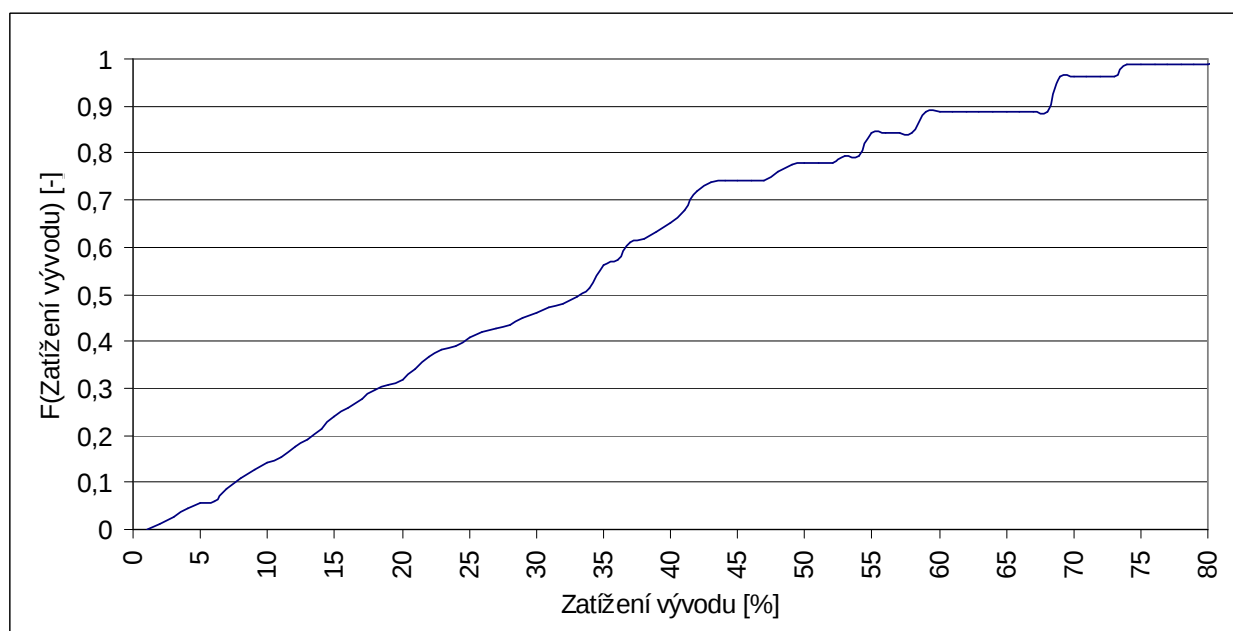


Obr. 7-43 Distribuční funkce zatížení vývodu podle ukazatele CAIDI – hladina vn

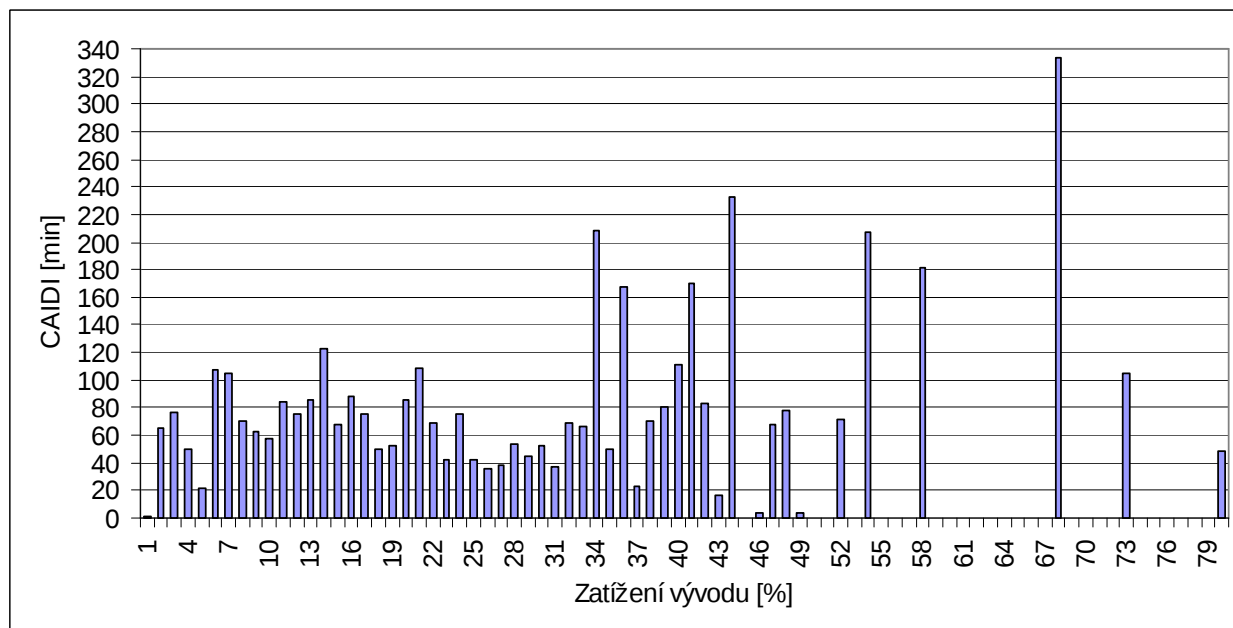


Obr. 7-44 CAIDI podle zatížení – hladina nn

Oproti grafu na Obr. 7-43 jsou na tomto grafu pouze dvě zásadní změny. Nově se tu objevuje vysoká hodnota CAIDI při zatížení vývodů v okamžiku vzniku události 36 %, která je způsobena jedním velmi dlouhým výpadkem. Naopak zde absentuje vysoká hodnota ukazatele CAIDI při zatížení vývodu 44 %. Událost, která jí způsobila, neměla dopad na zákazníky umístěné na hladině nn.



Obr. 7-45 Distribuční funkce zatížení vývodu podle ukazatele CAIDI – hladina nn



Obr. 7-46 CAIDI podle zatížení – obě hladiny

8 ZÁVĚR

Úvodní části diplomové práce jsou koncipovány jako teoretický základ nezbytný k stěžejní části práce, kterou je analýza dat o výpadcích vzniklých za dobu jednoho roku na venkovních nebo kabelových vedeních hladiny vn. V jednotlivých kapitolách jsou rozebrány hlavní vlivy na nepřetržitost dodávky, základy a způsoby zvyšování spolehlivosti elektrických sítí a regulace nepřetržitosti dodávky elektrické energie.

Pro analýzu bylo použito 583 událostí odpovídajících výše uvedeným požadavkům. Analýza byla provedena pomocí spolehlivostních ukazatelů SAIFI, SAIDI a CAIDI. Nyní zde budou uvedeny závěry jednotlivých analýz.

Výsledky analýzy výpadků podle hodin dne, v nichž se vyskytovaly, odpovídají společenským a pracovním návykům obyvatelstva. Výjimkou jsou vysoké hodnoty spolehlivostních ukazatelů SAIFI a SAIDI mezi 22. a 1. hodinou, důvod tohoto jevu není zcela jasný. Příčinou by mohly být poruchy pokračující z předchozích hodin, pomalejší manipulace a složitější postup vyhledání přesného místa poruchy a opravy v nočních hodinách a rovněž menší počet opravářů pracujících v této době. Při analýze se neuvažovaly provedené provozní manipulace. Pokud by se uvažovaly, byl by postup výpočtu enormně složitý. Díky tomuto zjednodušení jsou výsledky ukazatelů vyšší, než odpovídá reálnému stavu. Hodnota ukazatele CAIDI se během dne velmi nemění, což je dáno principem analýzy.

Závěry uvedené u předchozí analýzy platí i pro grafy ukazatele SAIFI a SAIDI vytvořené podle hodin dne, ve kterých došlo ke vzniku události. Pouze dochází k posunu začátku výše zmíněných vysokých hodnot SAIDI z 22. na 21. hodinu. Hodnota ukazatele CAIDI v rámci dne velmi kolísá.

Analýzou výpadků podle prvků zodpovědných za jejich vznik bylo potvrzeno, že nejporuchovějším prvkem sítě jsou neizolovaná venkovní vedení a zařízení s nimi související, což jsou především izolátory, stožáry a úsečníky. Je to dáno nejen jejich větší zranitelností, ale i větší celkovou délkou než v případě podzemních kabelů. Podzemní kabely se na celkové hodnotě SAIFI obou hladin podílí 11,6 %, jejich celková délka je však 16,5 % všech vedení. V případě SAIDI obou hladin zapříčiňují dokonce pouze 5,6 % všech poruch. Hlavní nevýhodou jejich použití je cenová náročnost při výstavbě a nutnost zemních prací při jejich opravách (vyjma kabelů umístěných v kolektorech). Hodnota CAIDI způsobená poruchami podzemních kabelů je přibližně poloviční ve srovnání s hodnotou ukazatele způsobenou poruchami neizolovaných venkovních vedení. Nejvyšších hodnot dosahuje ukazatel CAIDI v případě událostí vzniklých na prvcích, u kterých je velká náročnost opravy, tj. např. při poškození stožárů, sloupů, střešníků a poruchách spojovačů, svorek a připojovacích vodičů. Podle nízké hodnoty CAIDI se zdá být výhodné použití izolovaných vedení.

Při analýze výpadků podle zatížení vývodu v okamžiku vzniku události bylo zjištěno, že se události vzniklé při zatížení vývodu mezi 5 a 45 % podílí na celkové hodnotě ukazatelů SAIFI, SAIDI z $(90 \pm 2) \%$. Tento fakt odpovídá obvyklé praxi, kdy se vedení zatěžují v normálním provozu maximálně na 50 % přenositelného výkonu. Děje se tak z důvodu provozních manipulací. CAIDI se se zatížením mění velmi málo, a proto je možno usuzovat, že je na zatížení vývodu při vzniku události nezávislé.

Analýzy nepotvrdily závěry článku [5], které dávají vznik událostí do závislosti s denním diagramem zatížení. Analýza provedená v části 7.2 tomuto tvrzení dokonce odporuje. Důvodem

by mohly být rozdílné klimatické podmínky v ČR a Chorvatsku a také vyšší kvalita distribuční sítě v oblasti jižní Moravy. Je však nutno podotknout, že nebyla analyzována data o všech vzniklých událostech.

Pro zajímavost tu bude uvedena Tab. 8-1, ve které budou uvedeny hodnoty spolehlivostních ukazatelů SAIFI, SAIDI a CAIDI za celou společnost E.ON Česká republika, s.r.o. v roce 2008 [19] (v čase odevzdání práce nebyla ještě vydána zpráva za rok 2009) a hodnoty těchto ukazatelů určené z analyzovaných dat.

Tab. 8-1 Porovnání hodnot spolehlivostních ukazatelů

Spolehlivostní ukazatel	E.ON Česká republika, s.r.o.	Hodnoty určená z analyzovaných dat
SAIFI [-]	1,97	0,92
SAIDI [min]	333,10	66,26
CAIDI [min]	169,00	72,02

Velké rozdíly jsou dány zúžením oblasti analyzovaných dat zmíněným výše v textu závěru, jakožto i jiným časovým obdobím, za které byly spolehlivostní ukazatele určeny.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BLAŽEK, V., SKALA, P. *Distribuce elektrické energie*. Brno: VUT v Brně, 2003, 140 stran.
- [2] ČSN 01 0102. *Názvosloví spolehlivosti v technice*. Praha, 1974.
- [3] ČSN 33 0122. *Normalizovaná napětí IEC*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [4] ČSN EN 50 160 (33 0122). *Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [5] JADRIJEV, Z., MAJSTROVIC, M., MAJSTROVIC, G. *The Relationship between Reliability Indices and Daily Load Curve*. Praha: konference CIRED, 2009.
- [6] LAKOMÝ, V. *Návrh rozvoje sítě 22 kV v zadané části Brna*. Diplomová práce. Brno: FEKT VUT, 2008, 82 stran.
- [7] ORSÁGOVÁ, J. *Rozvodná zařízení*. Brno: VUT v Brně, 2007, 151 stran.
- [8] *Pravidla provozu distribučních soustav*. Praha: Energetický regulační úřad, 2008.
- [9] *Pravidla provozu distribučních soustav. Příloha 2: Metodika určování plynulosti distribuce elektřiny a spolehlivosti prvků distribučních sítí*. Praha: Energetický regulační úřad, 2008.
- [10] SKALA, P. *Spolehlivost dodávky elektrické energie zákazníkům*. Brno: VUT v Brně, 2008, 61 stran.
- [11] SZÖRÉNYI, G. A KOL. *Third Benchmarking Report on Quality of Electricity Supply 2005*. Bruxeless: CEER, 2005.
- [12] ŠPAČEK, J. *Hodnocení spolehlivosti zadané distribuční sítě*. Diplomová práce. Brno: FEKT VUT, 2006, 72 stran.
- [13] ŠTROBLOVÁ, M., HEJTMÁNKOVÁ, P. *Elektrické sítě městské a průmyslové*. Plzeň: ZČU Plzeň, 1994, 149 stran, ISBN 80-7082-154-X.
- [14] VINKLER, B., GRULING, Š., RATAJ, F., DĚTRICH, V., SKALA, P., PIJÁK, V. *Příčiny kalamitních a extrémně dlouhých výpadků na venkovních vedeních 22 kV*. Tábor: konference ČK CIRED, 2006.
- [15] Vyhláška č. 540/2005 Sb. o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice. Praha: Energetický regulační úřad, 2005.
- [16] Vyhláška č. 540/2005 Sb. o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice, v platném znění. Praha: Energetický regulační úřad, 2010.
- [17] Zákon 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), v úplném znění. Praha, 2009.
- [18] *Závěrečná zpráva Energetického regulačního úřadu o metodice regulace III. regulačního období včetně základních parametrů regulačního vzorce a stanovení cen*. Praha: Energetický regulační úřad, 2009.
- [19] *Zpráva o dosažené úrovni dodržování standardu plynulosti přenosu a distribuce elektřiny za rok 2008* [online]. 2009, [cit. 2010-05-17]. Dostupné z: <<http://eru.cz/>>.