

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**NÁZEV KATEDRY
Katedra technologií a měření**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Porovnání kabelového a venkovního vedení 110kV

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Adam ČEČÁK**
Osobní číslo: **E10N0009P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Porovnání kabelového a venkovního vedení 110 kV**
Zadávající katedra: **Katedra technologií a měření**

Zásady pro vypracování:

1. Popište vznik a historii sítě VVN na území Hlavního města Prahy.
2. Zdokumentujte technické parametry venkovního a kabelového vedení.
3. Proveďte porovnání provozních vlastností obou druhů vedení VVN.
4. Zhodnoťte efektivnost variant včetně vlivu veřejnoprávního projednání.



A handwritten signature in blue ink, likely belonging to the supervisor or the student.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Miloslava Tesařová, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **17. října 2011**

Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2012**

Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Vlastimil Složil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Anotace

Diplomová práce je zaměřena na porovnání kabelového a venkovního vedení velmi vysokého napětí 110 kV na území hlavního města Prahy. Zohledňuje obecné vlastnosti, technické parametry a provozování obou typů vedení. V práci jsou popsány specifické podmínky provozovatele distribučních sítí Pražská energetika, a.s., za jakých v současné době provozuje, udržuje a buduje nové sítě. Na dvou konkrétních realizovaných akcích je porovnána investiční náročnost, která jasně dokládá povinnost respektovat vyšší celospolečenské zájmy.

Abstract

Comparison of 110 kV cable and overhead power lines. Diploma thesis is focused on the comparison of cable and overhead power line of very high voltage 110 kV in the Capital of Prague. It takes into account the general characteristics, technical specifications and operation of both types of lines. The thesis describes the specific conditions of distribution network provider Pražská energetika a.s., in which the company is operating, maintaining and building new lines. There is a comparison of two investments in two particular realizations, which clearly demonstrates an obligation to respect higher society interests.

Klíčová slova

Vedení velmi vysokého napětí, kabelová vedení 110 kV, vrchní vedení 110 kV, kabelové tunely, hlavní město Praha, investice do výstavby vedení 110 kV, ekonomické zhodnocení

Key words

very high voltage lines, cable power lines 110 kV, overhead power lines 110 kV, cable tunnels, Prague, investment to construction of 110 kV power lines, economic evaluation

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni dne 8.5.2012

Bc. Adam Čečák

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí diplomové práce doc. Ing. Miloslavě Tesařové, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále panu inženýru Nováčkovi, kolektivu pracovníků PREdistribuce, a.s. a panu Tichému ze společnosti EGE s.r.o. za ochotu poskytnutí potřebných materiálů.

Dík také patří mé rodině, která mi poskytuje všeobecnou podporu ke studiu.

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM SYMBOLŮ	9
ÚVOD	10
1 VZNIK A HISTORIE SÍTĚ VVN NA ÚZEMÍ HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY	11
1.1 HISTORIE VÝSTAVBY TRANSFORMAČNÍCH STANIC HL. M. PRAHY	14
1.2 STÁVAJÍCÍ SITUACE	15
1.3 DISTRIBUČNÍ SPOLEČNOSTI V ČR.....	17
1.4 POROVNÁNÍ MAJETKU ENERGETICKÝCH SPOLEČNOSTÍ.....	17
1.5 VÝSTAVBA KABELOVÝCH TUNELŮ	19
1.6 PLÁN VÝSTAVBY NOVÝCH TUNELŮ	21
2 TECHNICKÉ PARAMETRY VENKOVNÍHO A KABELOVÉHO VEDENÍ	22
2.1 ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY VENKOVNÍHO VEDENÍ	22
2.2 ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY KABELOVÉHO VEDENÍ.....	24
2.2.1 Uložení kabelů do země	25
2.2.2 Průřezu kabelu 110/64 kV s XLPE izolací.....	26
2.3 ZTRÁTY NA VENKOVNÍCH A KABELOVÝCH VEDENÍ	26
3 POROVNÁNÍ PROVOZNÍCH VLASTNOSTÍ OBOU VEDENÍ VVN	29
3.1 ZKRUHOVANÝ PROVOZ, ZÁLOHA Z DRUHÉHO MÍSTA	29
3.2 PROVOZ UZLU TRANSFORMÁTORU 110/22 kV	29
3.3 STOŽÁRY VEDENÍ A JEJICH VÝZBROJ	31
3.3.1 Stožáry	31
3.3.2 Zemní lana	32
3.3.3 Ochranné pásmo	32
3.3.4 Izolátory	34
3.4 KONTROLA OTEPLENÍ KABELU	35
3.5 PORUCHY V SÍTI SPOLEČNOSTI PRE A.S.	37
3.5.1 Poruchy na venkovním vedení	37
3.5.2 Poruchy na kabelovém vedení	38
3.5.3 Délka opravy poruch	38
4 ZHODNOCENÍ EFEKTIVNOSTI VARIANT VČETNĚ VLIVU VEŘEJNOPRÁVNÍHO PROJEDNÁNÍ	39
4.1 UKAZATELE SPOLEHLIVOSTI DODÁVKY ELEKTRICKÉ ENERGIE	39
4.1.1 Grafy ukazatelů SAIDI a SAIFI na hladině NN.....	41
4.2 PRŮBĚH REALIZACE PROJEKTU	43
4.3 NÁKLADY, INVESTICE	43
4.3.1 Investice do trasy venkovního vedení 110 kV	44
4.3.2 Investice do linky kabelového vedení 110 kV.....	46
5 ZÁVĚR	48

6	BIBLIOGRAFIE A CITOVANÁ LITERATURA.....	49
7	SEZNAM OBRÁZKŮ	50
8	SEZNAM TABULEK	50
9	SEZNAM PŘÍLOH.....	50
9.1	PŘÍLOHA Č. 1 STÁVAJÍCÍ STAV VENKOVNÍ VEDENÍ 110 kV [11]	51
9.2	PŘÍLOHA Č. 2 ROZVOJ SÍTÍ DO ROKU 2023 NA ÚZEMÍ HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY [11]..	52
9.3	PŘÍLOHA Č. 3 PODÉLNÝ ŘEZ KABELOVÉHO TUNELU TR JIH- TR SLAVIE [6]	53
9.4	PŘÍLOHA Č. 4. UKAZATELE NEPŘETRŽITOSTI DODÁVKY ELEKTRINY V ROCE 2009	54

Seznam symbolů

PRE, a.s.	Pražská energetika, akciová společnost
PREdi, a.s.	Pražská energetika distribuce
VN	vysoké napětí
VVN	velmi vysoké napětí
ZVN	zvlášť vysoké napětí
SS	stejnoseměrný
Sř	střídavý
Cu	měď
KT	kabelový tunel
TR	transformační stanice
R	odpor [Ω/km]
L	provozní indukčnost [H/km]
C	provozní kapacita [F/km]
G	svod [S/km]
X	induktivní reaktance [Ω/km]
B	kapacitní susceptance [S/km]
EIA	dokumentace vlivu na životní prostředí

Úvod

Diplomovou práci si nechala vypracovat společnost Pražská energetika a.s. za účelem zpracování technických informací týkající se vrchního vedení a kabelového vedení 110 kV na území hlavního města Prahy. Účelem práce je zpracovat hlavní důvody, proč v následujících letech například ponechávat stávající vrchní vedení, které je ekonomicky výhodnější a neměnit ho za kabelové vedení, které je ekonomicky náročnější, ale pro širokou veřejnost přijatelnější. Dle obyvatel nemá kabel položený v zemi takový dopad na vzhled krajiny jako velké stožáry vedoucí přes pole nebo zalesněné oblasti. Skutečnosti jsou takové, že někdy není možnost volby a například z geologických důvodů krajiny je povoleno vyprojektovat vrchní vedení, která se v dnešní době nebudují tak masivně, jako kabelové vedení. V diplomové práci jsou zpracovány všechny důvody, výhody, nevýhody obou variant k výstavbě nových sítí na území hlavního města.

1 Vznik a historie sítě VVN na území hlavního města Prahy

Počátky elektrizace do roku 1918

Začátky vzniku elektrizačních soustav se počítají od poloviny devatenáctého století. Tato skutečnost souvisí s objevem dynamoelektrického principu, který poprvé umožnil přeměnu mechanické energie v elektrickou. V počátcích se elektrická energie přenášela v podobě SS proudu ke všem odběratelům. Úroveň používaných spotřebičů se velice rychle zvyšovala a tím vznikaly první problémy s přenosem vyšších výkonů a vyššího napětí SS proudem. Využívány byly troj a pětivodičové systémy s vyšším napětím krajních vodičů pro motory a nižším napětím pro malé spotřebiče. V roce 1870 by již znám proud střídavý a následovaly další objevy. Synchronní alternátor, transformátor a díky objevu točivého pole panem Nikolou Teslou asynchronní motor. Kolem roku 1890 vznikly kolem Prahy první čtyři stejnosměrné elektrárny. [1]

V roce 1897 byla vybudována první elektrická dráha, která byla napájena elektrárnou na Vinohradech. Ta původně sloužila k napájení osvětlení Národního domu. Otázkami dalších modernizací využití technických vlastností střídavého proudu, jeho transformace a přenosu se koncem devatenáctého století zabývala zvláštní komise pro elektrické dráhy. Tato organizace byla později přejmenována na Elektrické podniky královského hlavního města Prahy. V roce 1897 tehdejší profesori, inženýři a odborníci schválili další kroky k elektrizaci Prahy s využitím ústřední elektrárny, kterou nechali vybudovat v Holešovicích. Tehdy také vznikl návrh o střídavém trojfázovém proudu s frekvencí 50 Hz, vysokém napětí 3 kV a nízkém napětí 3x120 V.

Až do roku 1918 je síť budována převážně jako kabelová s napětím 3x3 kV o průřezech 3x95 mm² Cu z elektrárny Holešovice do jednotlivých měníren. Jištěny byly samočinnými olejovými vypínači a mechanismy byly ovládány proudovou cívkou přímého relé. [1]

Velké problémy v dodávce elektrické energie způsobila první světová válka, kdy se zastavil růst odběratelů, polovina zaměstnanců byla povolána do války a 8. února 1917 se dodávka elektrické energie zastavila z důvodu spotřebování veškerých uhelných zásob. [1]

Rozvoj elektrizační soustavy v letech 1918 – dodnes

V září roku 1920 zavedlo ministerstvo veřejných prací výnos, který určoval tehdejší podmínky elektrizace. Trojfázový proud o frekvenci 50 Hz, normální napětí pro místní síť 380/220 V, přespolní síť 22 kV, pro dálkové síť 100 kV a pro generátory 6 kV v místě spotřeby. Na základě elektrizačního zákona byly založeny tak zvané všeužitečné společnosti:

- Ústřední elektrárny a.s. Praha
- Elektrické podniky hl města Prahy
- Elektrárenský svaz středolabských okresů s.r.o. Praha
- Elektrárenský svaz středolabských okresů s.r.o. Kolín
- Východočeská elektrárna a.s. Hradec Králové
- Východočeský elektrárenský svaz s.r.o. Pardubice
- Ploučnický elektrárenský svaz s.r.o. Česká Lípa
- Jihočeské elektrárny a.s. České Budějovice
- Povltavský elektrárenský svaz s.r.o. České Budějovice
- Lužnický elektrárenský svaz s.r.o. Tábor
- Otavský elektrárenský svaz s.r.o. Písek
- Posázavský elektrárenský svaz s.r.o. Německý Brod
- Západočeské elektrárny a.s. Plzeň

A dalších 12 závodů.

V roce 1923 vstoupily v platnost nové zásady ve výrobě elektrické energie. Elektrické podniky města Prahy vstoupily do společnosti Ústředních elektráren a.s., která byla zřízena za účelem výstavby elektrárny v Ervěnicích u Mostu. Cílem projektu dokončení výstavby bylo vzájemné propojení a vybudování prvního dálkového vedení 100 kV z této elektrárny v Ervěnicích do TR Sever Holešovice postavené v roce 1926. Vedení bylo délky 84,5 km o průřezu $2 \times 3 \times 95 \text{ mm}^2$. Toto vedení existuje dodnes v původním rozsahu včetně izolátorů i vodičů. Pro propojení soustavy Středočeských závodů byla v roce 1929 vybudována transformační stanice TR JIH, ke které byly později připojeny výroby na Vltavě. Tento rok je považován za počátek soustavné péče o zařízení VVN ve středních Čechách. V období druhé světové války se téměř opakovala situace jako z předchozí doby. Zařízení bylo využíváno na maximální zatížení a investice do obnov zařízení byly minimální. Elektrické podniky se připojily k decentrátu městských podniků pražských a správní rada byla zbavena všech pravomocí. [2]

Po válce se v řízení společnosti zakládají nové orgány. Komise pro Elektrické podniky. V roce 1945 byl vydán dekret prezidenta o „Znárodnění všech energetických podniků a zařízení sloužících k výrobě“. Společnost Elektrické podniky se stala součástí společnosti Středočeské elektrárny. Všechny tehdejší podniky byly řízeny generálním ředitelstvím Českých energetických závodů. [3]

Díky intenzivnímu rozvoji trafostanic a přenosových sítí VVN, VN a NN do roku 1958 bylo třeba rozplánovat koncepční rozvoj sítí do budoucnosti. Tento rok vznikl generel hlavního města Prahy v technickém oboru Středočeských energetických závodů, který vypracoval koncepci soustavy 110/22 kV do roku 1980. Protože bylo nutné vyhovět stále vyšším požadavkům na distribuční soustavu, bylo rozhodnuto počátkem 70. let o přeměně napětí z 3/0,1 kV na 22/0,4 kV pro celou zásobovanou oblast. Cena této plošné přeměny napětí byla odhadnuta 1,2 miliardy Kč. I přes tyto vysoké investice do rozvoje nebylo možné stíhat vše realizovat. První vystavěné části soustavy začínaly naopak stárnout a bylo třeba investovat také do obnov vedení. Stále docházelo k rozšiřování jednotlivých obcí, počtu přípojných míst a také se začínala rozvíjet dopravní problematika hlavního města, která vyžadovala další specifické podmínky jako kabelové tunely a kolektory. Další náklady vznikaly ze strany personálního obhospodařování. Bylo nutné zařídit investice pro provoz, údržbu, stavební a montážní činnosti nových linek. Z tohoto důvodu vznikl v roce 1982 koncernový podnik Pražské energetické závody. [3]

Po roce 1989 bylo nutné podnik přizpůsobit evropskému trhu. To znamenalo změnit politiku společnosti, orientovat podnik na konečného spotřebitele a zvýšit konkurenceschopnost. V roce 1990 začal probíhat proces příprav pro samostatnou existenci podniku a k 1. 1. 1994 vznikla privatizační společnost Pražská energetika a.s.

Rozsah sítí ve vlastnictví PRE k datu 31. 12. 1994 je uveden v následující tabulce:

Tab. 1.1 Rozsah sítí PRE a.s. k 1. 1. 1994 [4]

Druh zařízení	Měrné jednotky	Rozsah
Vedení VVN	km	174,6
Vedení VN	km	3 324
Vedení NN	km	7 600
Transformovny VVN/NN	ks	15
Rozpínací stanice VN/NN	ks	165
Distribuční transformační stanice	ks	2 936

V následujících letech se společnost dále rozrůstala a vylepšovala svou pozici na trhu. Pod její záštitou vznikly dceřiné a holdingové společnosti, které svou existencí upevňují stálou pozici na trhu a pomáhají k prosperitě pražské energetice a.s. Za své působení dále získala řadu ocenění: Investor roku, 100 nejobdivovanějších firem v ČR, za informační otevřenost, za

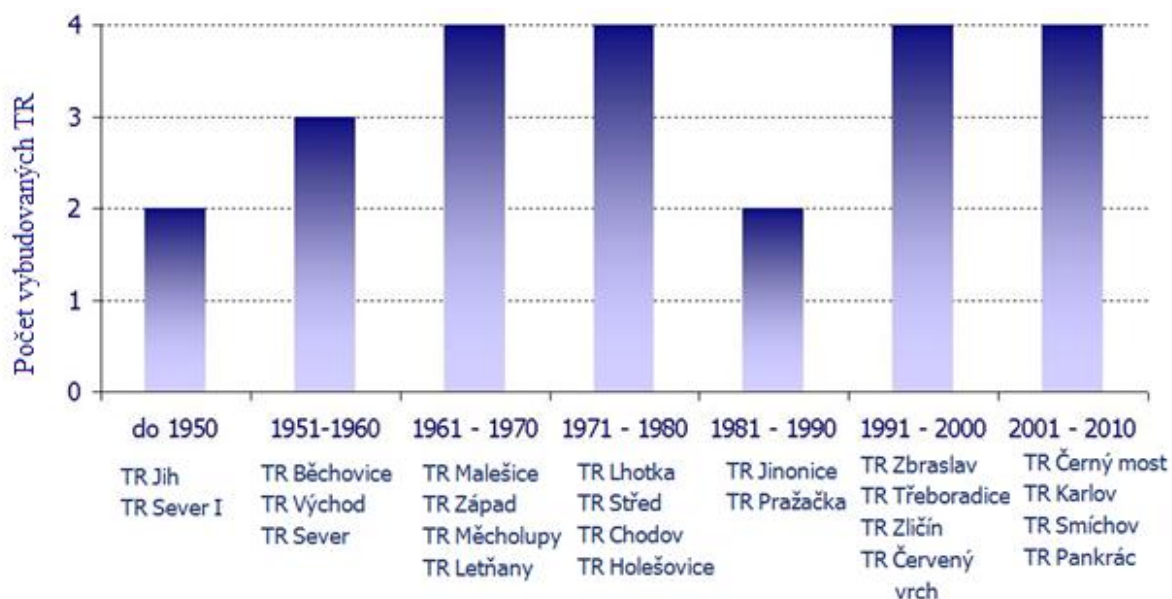
internetovou prezentaci. [5]

Transformační stanice

Výstavba prvních transformačních stanic na území hlavního města Prahy začala ve 20. letech minulého století. Jednalo se o stanice TR Jih a TR Sever i na hladině VVN. Od roku 1956 do roku 2012 zprovoznila společnost PRE distribuce (dále PREDi) dalších 21 stanic. Rozvoj zasíťování hlavního města je znát i na maximálním zatížení soustavy v jednotlivých letech. V roce 1989 bylo maximální zatížení soustavy PREDi 797 MW, v roce 1999 bylo 1069 MW a o deset let později v roce 2009 se možné zatížení soustavy zvýšilo na hodnotu 1207 MW.

1.1 Historie výstavby transformačních stanic Hl. m. Prahy

1928 TR Jih	1979 TR Chodov
1956 TR Běchovice	1980 TR Holešovice
1957 TR Východ	1985 TR Pražačka, TR Jinonice
1958 TR Sever	1991 TR Zbraslav
1963 TR Malešice	1993 TR Třeboradice
1966 TR Západ	1994 TR Zličín
1967 TR Měcholupy	1998 TR Červený vrch
1970 TR Letňany	2004 TR Černý most, TR Karlov
1973 TR Lhotka	2008 TR Pankrác, TR Smíchov
1974 TR Střed	



Obr. 1.1 TR 110/22 kV postavené v časových rozmezích [6]

1.2 Stávající situace

Vstupní branou do systému PREDi je venkovní vedení 110 kV. Její součástí jsou 4 hlavní napájecí body TR Chodov, TR Řeporyje, TR Malešice a TR Sever. Poslední jmenovaná stanice patří nyní mezi nejstarší stanice soustavy PREDi, jelikož provozuje úseky z roku 1928, 1947, 1957 a je to jediné zařízení, na jehož řízení se podílí energetická společnost ČEZ distribuce, a.s. Na vnějším okruhu vedení VVN, jsou situovány venkovní rozvodny R 110. Směr do centra je veden kabely 110 kV, které jsou napojeny na zapouzdřené stanice. Rozvodny R 110 jsou venkovní, nebo zapouzdřené a až na výjimky mají dvojitý systém přípojnic. Vybaveny jsou transformátory 110/22 kV o instalovaném výkonu 40 MVA nebo 63 MVA. Z důvodu ekologie a omezení hluku se dnes nová trafostánčí staví nebo rekonstruují zpravidla na vnitřní nebo venkovní krytá.

Rozvodny R 22 kV obsahují až na výjimky stejně jako R 110 dvojitý systém přípojnic dělený na dvě nebo více sekcí. Využívá se především kobkových, skříňových nebo kompaktních provedení. Všechny stanice jsou koncipovány jako bezobslužné stanice, řízené z centrálního pracoviště.

Stávající situace vedení 110 kV

Na území hlavního města se využívá pro venkovní vedení 110 kV příhradových konstrukcí a vedení je z velké části tzv. dvojnásobné. To znamená, že na každém stožáru jsou osazena dvě

vedení. Dále se využívá také vedení jednoduchá a v nejmenší míře vedení čtyřnásobná. Hlavní město Praha v dnešní době obsahuje venkovní linky všech generací. Posledních přibližně 10 kilometrů vedení pochází 30. let a poslední venkovní linky byly zrekonstruovány minulý rok. Nejstarší venkovní vedení 110 kV postavené v letech 1928 – 1945 se nachází mezi TR Měcholupy a TR Jih, druhý úsek je mezi TR Jih a TR Malešice a poslední úsek nejstaršího vedení se nachází mezi transformačními stanicemi TR Východ a TR Sever.

Druhá nejstarší generace vedení pochází z let 1945 – 1965. Jedná se přibližně o 1 km vedení ze stanice TR Lochkov a 5 kilometrů vedení mezi TR Červený vrch a TR ČD Roztoky. Přibližně 20 kilometrů vedení je z let 1965 – 1985. Převážná část tohoto vedení se nachází na východním okraji hlavního města. Propojuje stanice TR Měcholupy s TR Malešice, dále pokračuje přes TR Černý Most do TR Letňany, TR Sever a TR Třeboradice. Nejdelší úsek vedení tvoří linky postavené po roce 1985, které je vybudováno na jihozápadě hlavního města. Propojuje transformační stanice TR Červený Vrch, TR Západ, TR Zličín, TR Řeporyje, TR Zbraslav, TR Lhotka, TR Chodov a TR Jih.

V současnosti společnost PRE nemá v plánu stavět nová venkovní vedení. Při výstavbě se jedná pouze o výjimky, kdy není možná z geologických důvodů pokládka kabelového vedení. Dochází tedy pouze k rekonstrukcím stávajících linek.

Kabelové vedení 110 kV

Na území hlavního města Prahy je zásobováno z vedení VVN, VN a NN. Venkovní vedení 110 kV je vystavěno na vnějším okruhu Prahy, směrem do centra se využívá především kabelového vedení. Z důvodu zajištění bezpečnosti a dodržení norem ochranných pásem, není možné, aby zastavěnou oblastí, či centrem města vedla venkovní linka vysokého napětí. Společnost Pražská energetika v současnosti provozuje přibližně 60 km kabelového vedení 110 kV. Dříve se využívalo olejových kabelů. Tento typ se v dnešní době již nepoužívá a na území hlavního města není žádný z nich připojený. V majetku společnosti je položen poslední kus tohoto vedení a z ekologických důvodů se vedení PRE a.s. rozhodlo kabel postupně vytěžit i přes velmi vysoké náklady na likvidaci. Ostatní staré již dožitě kabely se standardně nechávají v zemi.

V současnosti používá PREdi nejčastěji kabely s izolací XLPE (křížený zesílený polyetylen). Uložení jednožilových kabelů je voleno v těsném trojúhelníkovém trojsvazku či vedle sebe s danými mezerami. Vždy záleží na podmínkách trasy, délce vedení a například nutnosti použití svorek, které také zabírají část prostoru. Konfiguraci do trojúhelníku využívá společnost PRE a.s. převážně při uložení do země, kdy jsou menší ztráty ve stínění, menší

prostorové nároky, v okolí kabelu se udržuje homogenní pole, což je dobré pokud jsou v blízkosti sdělovací prostředky. Ploché uložení vedle sebe je naopak možné využít k vyššímu zatížení kabelu díky nižšímu vnějšímu tepelnému odporu.

V kabelových tunelech (dále jen „KT“) se nejčastěji na lávku pokládají dva svazky kabelů vedle sebe. Lávka je široká 60 cm. KT jsou dimenzovány na 3 svazky kabelů 110 kV, maximální kapacity se z provozních důvodů nevyužívá. Nejčastěji bývají uloženy v KT kabely dva.

1.3 Distribuční společnosti v ČR

Z následující tabulky 2 je vidět, že společnost PRE, a.s. dodává elektrickou energii v porovnání s ostatními dodavateli energií do znatelně menší obydlené plochy. Jelikož se jedná o hlavní město, jsou zde jiné podmínky s hustotou obyvatel na 1 km². Proto jsou podmínky Pražské energetiky v dodávce energie jedinečné a mnohdy se nedají srovnávat s podmínkami ostatních gigantů.

Tab. 1.2 Statistiky zásobovací oblasti za rok 2010

PRE	EON	ČEZ
505 km ²	26 499 km ²	52 697 km ²
1 261 603 obyvatel	2 764 074 obyvatel	6 493 713 obyvatel

1.4 Porovnání majetku energetických společností

V tabulkách 1.3–1.5 je porovnán rozsah majetku energetických společností v České republice. Hodnoty byly pořízeny z jednotlivých výročních zpráv společností, které jsou veřejně ke stažení na internetových stránkách www.cez.cz, www.eon.cz a www.pre.cz. Porovnáním jednotlivých údajů zjistíme, že společnost E.ON, a.s. provozuje 14ti násobek a společnost ČEZ, a.s. 34 násobek délky vedení VVN oproti Pražské energetice. VVN vedení je situováno pouze okolo Prahy a několik kilometrů je vedeno kabelovým vedením směrem do centra. Zatímco konkurence tímto vedením propojuje města vzdálená desítky i stovky kilometrů od sebe.

Délka vedení VN a NN jsou samozřejmě u PRE a.s. také kratší než u ostatních. Vedení vysokého napětí u PRE, a.s. je téměř 13x kratší než u společnosti ČEZ a pouze 5,5 krát kratší než společnosti E. ON.

V porovnání vedení nízkého napětí je u PRE a.s. délka 12,5 krát kratší oproti ČEZ a.s. a téměř 5 krát kratší než E.ON a.s.. Vezmeme-li v úvahu kolik příměstských částí a měst je propojeno na rozloze společností ČEZ a E.ON, rozdíly rozložených délek jednotlivých vedení, až na výjimku velmi vysokého napětí, nejsou v porovnání o tolik kratší. Můžeme tedy konstatovat, že na území hlavního města je málo míst, kde pod zemí nevede kabelové vedení, či na okraji města vedení velmi vysokého napětí.

Tab. 1.3 Délka vedení PRE, a.s. ke dni 31. 12. 2011

Druh zařízení	Měřené jednotky	Rozsah
Vedení VVN	km	289,2
Vedení VN	km	3 863
Vedení NN	km	7 836
Kabelové tunely	km	34,5
Instalovaný výkon	MVA	2 870
Transformátory VVN/VN	ks	22

Tab. 1.4 Délka sítí ČEZ, a.s. ke dni 31. 12. 2010

Druh zařízení	Měřené jednotky	Rozsah
Vedení VVN	km	9 799
Vedení VN	km	49 697
Vedení NN	km	97 985
Transformační stanice	ks	55 314
Rozvodny	ks	220

Tab. 1.5 Délka sítí E.ON, a.s. ke dni 31.12.2008

Druh zařízení	Měřené jednotky	Rozsah
Vedení VVN venkovní	km	3 874,8
kabelové	km	1,3
Vedení VN venkovní	km	18 631
kabelové	km	3 114
Vedení NN venkovní	km	19 631
kabelové	km	19 206
Transformovny VVN/NN	ks	78

V tabulce 1.6 je znázorněn součet délek vedení jednotlivých distributorů elektrické energie v České republice. Pro PREdi platí specifické podmínky provozování, jelikož se jedná o provoz sítě jednoho města oproti konkurentům, kteří poskytují elektrickou energii mnohem větší oblasti.

Tab. 1.6 Porovnání délky vedení VVN a VN poskytovatelů el. energie

Společnost	VVN 110 kV	VN 22 kV	NN
ČEZdistribuce	9 799 km	49 697 km	97 985
E.ON	3 874,8 km	21 745 km	38 837
PRE a.s.	289,2	3 863 km	7 836

1.5 Výstavba kabelových tunelů

Kabelové tunely jsou neodmyslitelnou součástí transformoven 110/22 kV na území hlavního města Prahy. V centru města je toto řešení nutností, jelikož v mnoha případech není možné kvůli majetkoprávním vztahům a již existujícím sítím technické a dopravní infrastruktury vystavět venkovní vedení 22 kV nebo vedení kabelu v kopané trase. Hlavní výhodou tunelů je jejich kapacita, kdy je provozovateli umožněno umístit do tunelu až 36 kabelových svazků 22kV a 3 vedení VVN 110kV. U nových rozveden slouží KT ke snazšímu zasmyčkování kabelů 22 kV. Všechny kabelové tunely jsou průchozí, což umožňuje lepší manipulaci při servisní činnosti. Společnost PREdi v současné době má v majetku a provozuje kabelové tunely o délce 22 km a nyní připravuje podklady pro výstavbu dalších čtyř kilometrů.

Dva způsoby realizace

Odkrytí zeminy shora: Jednodušší a levnější řešení pro realizaci. Dochází k vybagrování koryta pro tunel, následuje příprava podloží pro položení tubusů pro uložení kabelů. Tohoto řešení se využívá v místech, kde není potřeba ukládat kabel do velké hloubky a není nutné překonávat silniční či vodní dopravní cesty.



Obr. 1.2 Výstavba Kabelového tunelu Zlín [7]

Hornický způsob: Hornické řešení je finančně náročnější. Přípravy pro výstavbu trvají mnohem déle. Je třeba geologických průzkumů podloží, určení hloubky, vyjádření vlastníků nemovitostí a všech dotčených organizací a institucí.



Obr. 1.3 Kabelový tunel Holešovice [6]

1.6 Plán výstavby nových tunelů

Společnost PREDI a.s. svou distribuční síť stále vylepšuje a investuje mnoho prostředků do zlepšení spolehlivosti a zvýšení kapacity dodávky elektrické energie svým zákazníkům.

V dnešní době jsou ve výstavbě dva kabelové tunely. První je kabelový tunel ze Smíchova na TR Sever a druhý z TR Jih na TR Slavie. Realizace dalších dvou tunelů je projekčně zpracovaná a předložena k územnímu rozhodnutí. Jedná se o kabelový tunel Uhřetěves a kabelový tunel Karlín I a II.

Ve střednědobém výhledu do budoucnosti plánuje vystavět společnost PRE další 4 kabelové tunely. Předběžné plány jsou do roku 2020, kdy by měly být tyto tunely realizovány.

Stávající rozestavěné úseky a záměr do roku 2020, prodlouží stávající délku provozovaných KT o 6 km. Hlavním městem po té povede 28 km KT pro kabely.

2 Technické parametry venkovního a kabelového vedení

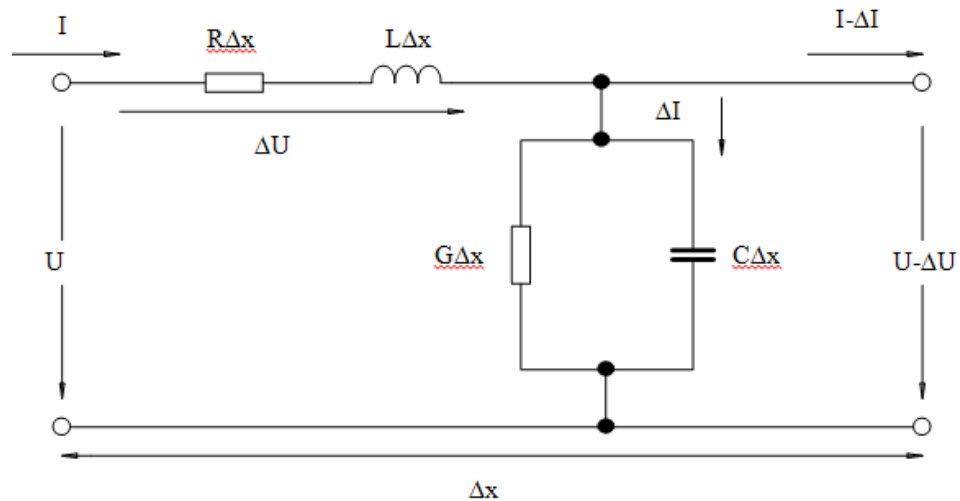
Kabely se dimenzují na základě zadaných parametrů dle normy ČSN IEC 183+A1. Pro návrh průřezů kabelů 110 kV platí ČSN IEC 287-1-1 a ČSN IEC 287-2-1. [8]

Při výstavbě nebo při rekonstrukci venkovního vedení společnost PREdi a.s. preferuje průřez 680 mm² respektive průřez 450 mm² AlFe. Všechny linky jsou dimenzovány na zatížení 1000 A.

Kabelová síť 110 kV na území hlavního města je stejně jako venkovní vedení dimenzována na 1000 A trvalého zatížení. Dříve se pokládaly kabely o průřezu 1200 až 1600 mm² v kopané trase a 1000 až 1400 mm² v kabelovém tunelu. Zpřesňováním koeficientů pro výpočet průřezu se v dnešní době pokládají kabely s vyššími průřezy. To znamená 1600 a 1400 mm². Nyní dle dalších specifických požadavků specialistů na kapacitní vlastnosti kabelů vychází vypočtené povolené průřezy až na 2000 mm², což samozřejmě několikanásobně zvyšuje investice do realizace projektů. Společnost PREdistribuce proto začala s měřením teplot na kabelech, aby ověřila jejich dimenzování a nedocházelo ke zbytečnému předimenzování. [9]

2.1 Základní technické parametry venkovního vedení

Mezi základní parametry vedení patří činný odpor R [Ω/km], provozní indukčnost L [H/km], provozní kapacita C [F/km], svod G [S/km]. K odvozeným parametrům vedení patří induktivní reaktance $X = \omega * L$ [Ω/km] a kapacitní susceptance $B = \omega * C$ [S/km]. Tyto parametry obsahuje každá část dl a jsou rovnoměrně rozloženy podél celého vedení. Dále jsou rozděleny na parametry podélné a příčné. Podélné parametry způsobují úbytky napětí, což jsou činný odpor R a induktivní reaktance X . Zatímco provozní kapacita C a svod G způsobují úbytky proudu a patří mezi parametry příčné.



Obr. 2.1 Schéma venkovního vedení Γ článku

Vliv těchto parametrů závisí na délce vedení a velikosti přenášeného napětí. U vedení NN se počítá při výpočtech pouze s činným odporem. U krátkých vedení VN se do výpočtu zavádí vliv provozní indukčnosti a při výpočtech delších vedení VN a VVN je třeba počítat s provozní kapacitou.

Průchodem proudu podélnou větví dochází k vytvoření úbytku napětí

$$\Delta U = I * (R + j\omega L) * \Delta x \quad (2.1)$$

Příčná větev způsobuje úbytek proudu na vedení

$$\Delta I = U * (G + j\omega C) * \Delta x \quad (2.2)$$

Mezi sekundární parametry vedení patří komplexní veličina vlnová impedance

$$Z_{vl} = \sqrt{\frac{R + jX_L}{(G + jX_C)^{-1}}} = \sqrt{\frac{\omega L}{\omega C}} = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (2.3)$$

Indukčnost na hladině VVN se uvádí přibližně 0,4 Ω/km

Kapacita venkovního vedení se uvádí 10 $\mu\text{F}/\text{km}$

2.2 Základní technické parametry kabelového vedení

Pro kabelové vedení obecně platí odlišné podmínky na rozdíl od vedení venkovního. Nachází se ve zcela jiných fyzikálních podmínkách, proto jsou jejich technické parametry rozdílné.

Jako základní parametry zde uvádíme činný odpor, kapacitu, indukčnost a svod.

Činný odpor zde má obdobné vlastnosti jako u vedení venkovních, přičemž u jednožilových kabelů se zde odpor může navýšit vlivem vířivých proudů a hysterezními ztrátami. Jedná-li se o kabel trojžilový, který je souměrně zatížen, je možné tento jev zanedbat.

Kabelové vedení rozlišujeme podle tří hledisek

- jednožilové s vlastním kovovým obalem
- vícežilové se společným kovovým pláštěm všech žil
- celoplastové

Společnost PREDI a.s. v praxi používá na vedení VVN výhradně jednožilové kabely s vlastním kovovým obalem. Pro výpočet dané kapacity se dnes empiricky uvádí výpočtový vzorec:

$$C = \frac{0,0242 * \epsilon_r}{\log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \quad (2.4)$$

kde	C	kapacita kabelu [$\mu\text{F}/\text{km}$]
	ϵ_r	poměrná permitivita izolační hmoty mezi vodičem a kovovým obalem [-]
	r_1	poloměr vodiče [mm]
	r_2	vnitřní poloměr kovové obálky [mm]

Vlivem menší vzdálenosti vodičů a jejich vyšší permitivity je kapacita kabelového vedení vyšší než kapacita venkovních vedení. Mluvíme o kapacitním charakteru na rozdíl od venkovního vedení, kde mluvíme o induktivním charakteru.

Indukčnost kabelového vedení lze vypočítat obdobně jako u vedení venkovního. Oproti kapacitě vedení jsou hodnoty indukčnosti díky vyšší permitivitě a malé vzdálenosti vodičů tak

malé, že je lze zanedbat. Velikost induktivní reaktance se zde pohybuje okolo 0,1 Ω/km .

2.2.1 Uložení kabelů do země

Kabelová vedení se do země ukládají několika způsoby. Projektované vedení nevede vždy jen po poli nebo louce, ale je třeba překonávat různé překážky, jako jsou silniční komunikace, železniční trasy, teplovodní potrubí a telekomunikační sítě, kde jsou problémy se vzájemným rušením sítí.

- uložení do pískového lože s cementovou výplní
- uložení v kabelové chráničce
- uložení v kabelových žlabech
- uložení pomocí pokládacího stroje (pluhu)
- uložení kabelu v podvrtnu

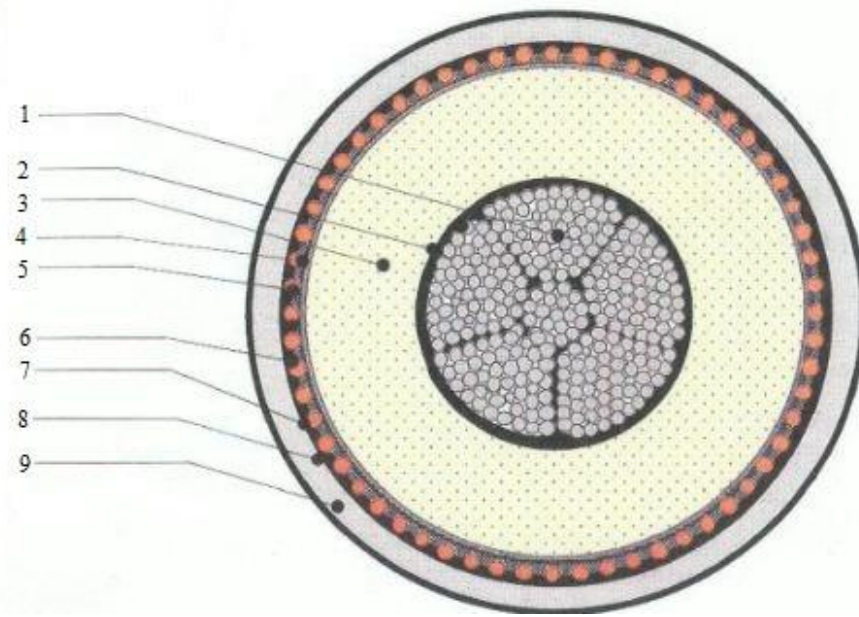
Nejčastěji využívanou metodou je v přímé trase pokládka kabelu do pískového lože s cementovou výplní pro zpevnění.

Pokud je třeba přechodu dopravní komunikace využívá se metody podvrtnu nebo uložení v kabelové chráničce.

Uložení do kabelových žlabů je použito v případě, kdy geologická stavba podloží nezaručuje dostatečnou mechanickou ochranu položeného kabelu.

Nejmodernější, nejrychlejší a investičně zajímavá je pokládka kabelu bezvýkopové metody pomocí pokládacího pluhu. Kabely lze uložit do hloubky 2,25 metru s rychlostí až 50 metrů za minutu. Tato metoda se tedy vyplatí použít při pokládce kabelového vedení delšího než 500 metrů.

2.2.2 Průřezu kabelu 110/64 kV s XLPE izolací



Obr. 2.2 Průřez kabelu 110 kV [Brugg cables katalogový list]

1. Hliníkové jádro, kruhové, komprimované
2. Polovodivé stínění jádra, extrudované
3. XLPE izolace, extrudovaná
4. Polovodivé stínění izolace, extrudované
5. Polovodivá vodoblokující páska
6. Měděné stínění s protispirálou. Průřez 204 mm², 90 drátů, 1,7 mm
7. Polovodivá vodoblokující páska
8. Hliníková fólie
9. Plamen retardující bezhalogenový plášť extrudovaný polovodivou vnější vrstvou (ohniodolný)

2.3 Ztráty na venkovních a kabelových vedeních

Korona

Vyskytuje se v rozvodech velmi vysokého napětí. Výpočet hodnoty fázového napětí, kdy dojde k výboji, se provádí podle empirického Peekova vzorce:

$$U_k = 49,2 - m_1 * m_3 * r * \rho * \log\left(\frac{d}{r}\right) [kV] \quad (2.5)$$

kde m_1 je součinitel drsnosti vodiče (pro lana 0,87 až 0,83)
 m_2 je součinitel počasí (1,00 pro sucho, 0,80 pro déšť, mlhu nebo sněh)
 r je poloměr vodiče v cm
 ρ je relativní hustota vzduchu (0,97 až 0,82 podle nadmořské výšky)
 d je střední vzdálenost vodičů

$$d = \sqrt[3]{d_1 * d_2 * d_3} \text{ [cm]} \quad (2.6)$$

Pro ztráty elektrické energie třífázového vedení délky L_v v km způsobené korónou za rok provozovaného po T [hodin/rok], platí

$$W_{Zt1} = 3 * PZ_{t1} * L_v * T * 10^{-3} \text{ [MWh]} \quad (2.7)$$

U vedení VVN 110 kV s průřezem nad 95 mm² je možné tyto ztráty zanedbat.

Svod

Uplatňuje se v rozvodech všech napěťových úrovní. Každým izolantem protéká daný proud, jelikož jeho odpor není nekonečně veliký. Velikost proudu vypočteme:

$$I = \frac{U_0}{R_k} \text{ [A/km]} \quad (2.8)$$

kde U_0 je napětí vůči zemi v kV
 R_k je odpor izolace v kW/km

Svod je u venkovních vedení způsoben povrchovým svodovým proudem. Nejvyšších hodnot dosahuje zejména při vlhkém počasí, zvláště je-li povrch izolátoru pokryt nečistotami.

Pro ztráty třífázového vedení délky L_v [km] provozovaného za dobu T [hodin/rok] platí:

$$W_{zt2} = 3 * P_{zt2} * L_V * T * 10^{-3} [MWh] \quad (2.9)$$

Ztráty v dielektriku

Tyto ztráty se vyskytují ve všech napěťových úrovních. U kabelů představují ztráty svodem, pokud nabíjecí proud dosahuje hodnoty dané:

$$I_0 = U_f * 2P * f * C * 10^{-3} \left[\frac{A}{km} \right] \quad (2.10)$$

kde U_f je fázové napětí v kV,
 X_c je kapacitní reaktance kabelu W/km
 C je kapacita kabelu F/km

Činné ztráty v dielektriku:

$$P_{zt3} = U_{f2} * 2 * P * f * C * tg\Delta * 10^{-3} \left[\frac{kV}{km} \right] \quad (2.11)$$

kde d je ztrátový úhel

Jouleovy ztráty

Jedná se o ztráty přenášeného rozvodu, které jsou způsobené přeměnou elektrické energie na teplo ve vedeních, transformátorech a kompenzačních prvcích.

Ztráta výkonu na vedení délky l

$$\Delta P = \frac{2 * l * I}{\gamma * S * U} * 100 [\%] [10] \quad (2.12)$$

kde l je délka vedení
 γ je vodivost [S/m]
 S je průřez vodiče [mm²]

Přibližné ztráty, které uvádí společnost PREDi a.s., jsou pro výkon 200MW na kabelovém vedení 1%.

3 Porovnání provozních vlastností obou vedení VVN

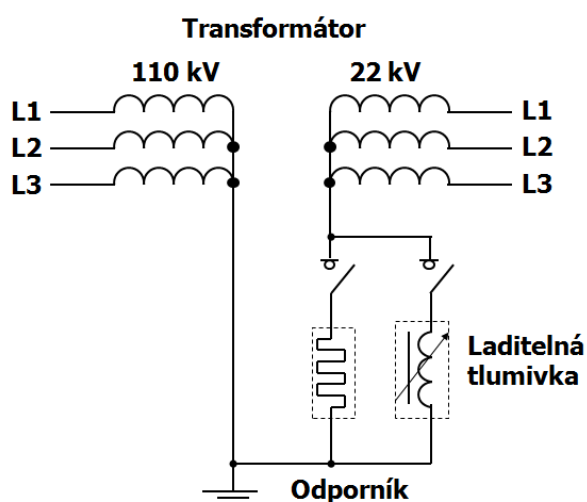
Veškerá elektrická vedení budovaná v ČR, musí být konfigurována na maximální spolehlivost dodávek elektrické energie distribuční soustavou. Nová vedení se projektují s ohledem na optimální přenosové vlastnosti a maximální životnost. Samozřejmostí je plnění všech podmínek, danými platnými normami.

3.1 Zkruhovaný provoz, záloha z druhého místa

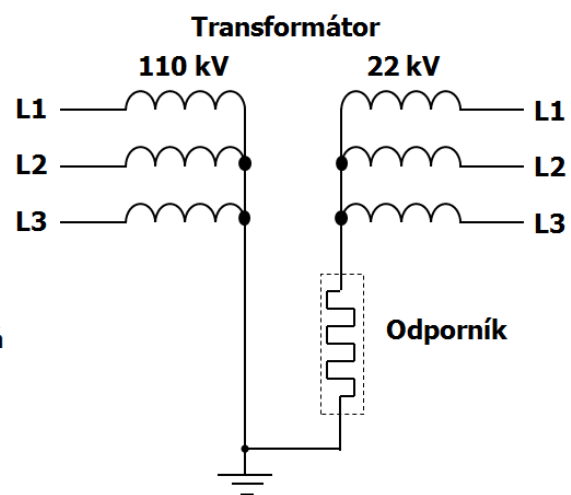
Transformační stanice a rozvodny na území hlavního města jsou vždy propojeny minimálně ze dvou míst. Tím je zajištěna záloha dodávky energie. Pokud dojde k poruše na venkovním vedení nebo na kabelovém vedení, ochranné prvky zareagují a odpojí porušený úsek. Díky zkruhovanému provozování sítí je možné dodávku energie obnovit z druhé strany.

3.2 Provoz uzlu transformátoru 110/22 kV

Dříve byla síť 110/22 kV provozována jako neúčinně uzemněná pomocí tlumivek. V 70. letech se začalo přecházet na provoz přes odporníky díky nárůstu kabelových sítí a vznikajících poruch na nich vlivem kompenzace. Postupem času došlo k likvidaci téměř všech tlumivek. V provozu jako záloha zůstalo jen pár kusů nyní v majetku ČEZ Distribuce, kdy je možné tlumivku volitelně připojit k transformátoru.



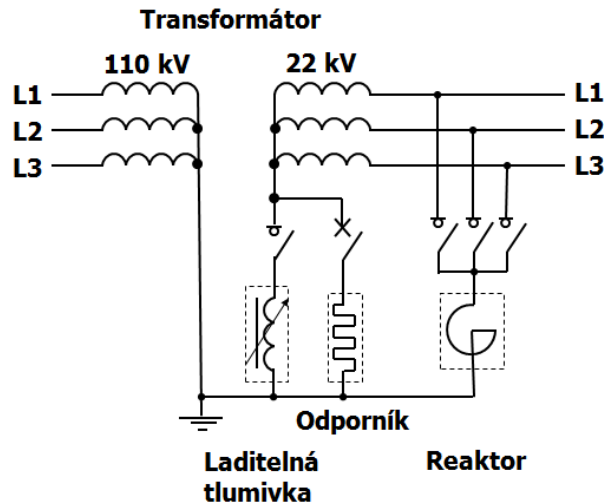
Obr. 3.1 Provoz uzlu-venkovní vedení [6]
[6]



Obr. 3.2 Provoz uzlu-kabelové vedení

Jedním ze základních parametrů je ukazatel spolehlivosti a minimální doby bezproudí. V síti

jsou připojeny výrobní podniky a další důležité organizace, které jsou na dodávce závislé. Výpadkem energie by došlo k přerušení výroby. V TR Běchovice se nyní zkouší nový systém provozu „šentování“. Jde o provoz venkovního vedení i kabelového vedení VN se zemním spojením kompenzovaným tlumivkou řízenou proudovou injektáží s uzemněnou postiženou fází. [6]



Obr. 3.3 Provoz uzlu-kabelová i venkovní VN [6]

Neúčinně uzemněná soustava

Uzel transformátoru je spojen se zemí přes velkou impedanci, kterou může být tlumivka nebo odporník. V případě zemního spojení jedné fáze dojde ke kompenzaci poruchového proudu proudem induktivního charakteru, který kompenzuje poruchový proud v místě poruchy. Aby se tato síť dala takto provozovat, indukčnost tlumivky musí být nastavena na hodnotu

$$L = \frac{1}{3 * \omega^2 * C}$$

Uzemníme-li uzel transformátoru přes odporník, omezíme velikost poruchového proudu. Při zemním spojení jedné fáze je poruchový proud kabelového i venkovního vedení kapacitního charakteru. Je potřeba zvýšit činnou složku poruchového proudu. Zhášecí tlumivka je doplněna o paralelně připojený odporník, který zvýšením činné složky proudu docílí lepšího působení ochran vypnutí sítě.

3.3 Stožáry vedení a jejich výzbroj

Stožáry a jejich výzbroj jsou nedílnou součástí energetické soustavy venkovních vedení. Jejich konstrukce zajišťuje dodržení normovaných vzájemných vzdáleností jednotlivých vodičů mezi sebou a také bezpečné vzdáleností vůči zemi.

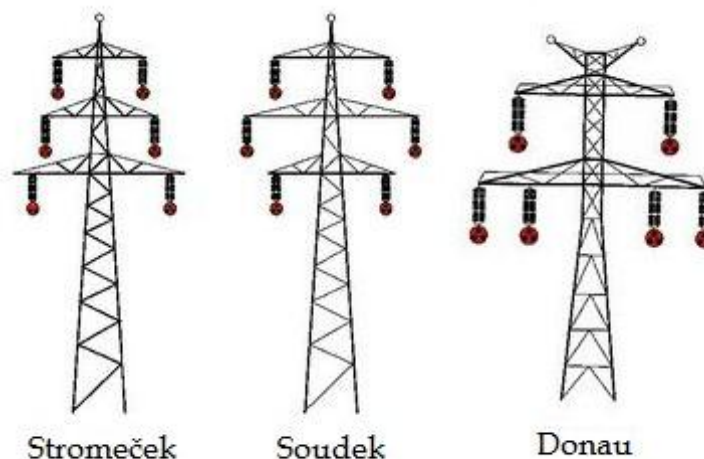
Stavba stožárů se liší dle napěťových hladin a přenášených výkonů, které ovlivňují jejich dimenzovanou konstrukci.

3.3.1 Stožáry

Stožáry vedení jsou vyrobeny z klasické konstrukční oceli. V osmdesátých letech minulého století se využívala povrchová úprava oceli *Atmofix*. Tato úprava byla převzata z USA a přibližně po deseti letech od realizace se ukázalo, že tento typ materiálu není vhodný ve zdejších podmínkách. Začala se objevovat spárová koroze, která narušovala statiku stožáru, a bylo nutné stožáry vyměnit. Přešlo se tedy na pozinkovanou ocel opatřenou nátěrem.

Nejčastěji používaným typem stožáru je takzvaný „Soudek“ s konfigurací pro dvojité vedení. Vodiče jsou umístěny na třech konzolách tedy ve třech úrovních. Každá konzole je jinak dlouhá. Vrchní konzole je nejúžší, prostřední je nejširší a spodní konzole je opět úzká. Tvar tedy připomíná soudek.

Dále se na vedení VVN v Praze využívá stožáru typu „Donau“ a „Stromeček“. První jmenovaný má dvě konzole. Horní je užší pro dvě fáze a na spodní jsou umístěny fáze čtyři. Druhý jmenovaný typ má tři konzole do tvaru stromu. Horní je nejúžší, střední je o něco delší a spodní konzole je nejširší.



Obr. 3.4 Nejčastěji používané stožáry VVN v Praze [10]

Každý úsek vedení je vybaven dvěma druhy stožárů. Prvním typem jsou stožáry kotevní, které se využívají k zajištění torzní tuhosti vedení a používají se v případech, kdy je třeba změnit směr vedení, dle při přechodu z údolí na vrch kopce, či naopak a především na začátku a na konci vedení před rozvodnou či transformovnou. Plní tedy funkci, kdy je vedení potřeba ukotvit, aby tažná síla vodičů stožár nestrhla k zemi.

Druhým typem jsou stožáry nosné. Vodiče u těchto stožárů jsou uloženy v nosné svorce izolátorových závěsů pod konzolí stožáru. Tento typ se využívá v místech, kdy nedochází k tahům ve vedení, nedochází ke změnám směru.

3.3.2 Zemnicí lana

Zemnicí lana u vedení 110 kV jsou připojena k uzemňovací síti v koncových rozvodnách. Jejich konstrukce a průřez se odvíjí od zkratových poměrů jednotlivých vedení. Společnost PREdi, a.s. dříve využívala průřez 240 mm², dnes se používá průřez 120 mm² AlFe (hliníkový pletený obal se železnou dutinou). Nyní již dožívající jsou v malé míře ocelová lana Fe.

S tímto typem lan se vyskytovaly občasné problémy. Docházelo ke krádežím, kdy při zapnutém vedení odváží zloději kradli tyto zemnicí lana. Tuto závadu lze odhalit pouze při měsíční kontrole vedení, kdy se vizuálně kontroluje technický stav. Nyní se u stávajících rekonstrukcí tyto obyčejné zemnicí lana nahrazují kombinovaným zemnicím lanem, kdy je v dutině AlFe zabudované optické vlákno. Toto optické lano slouží ke komerčním účelům. Operátoři a distributoři kabelových televizí si toto pásmo pronajímají pro přenos kabelových televizí, internetu a telefonních linek. Tímto se podařilo odradit možné zloděje, protože pokud dojde k narušení optického vlákna, distributor ihned lokalizuje poruchu.

3.3.3 Ochranné pásmo

Ochranné pásmo je dané území, ve kterém je povoleno dělat pouze ty činnosti, kterým je z bezpečnostních důvodů prostor určen. Ochranná pásma se zřizují okolo dopravních staveb, elektrických rozvodů, plynovodů, ropovodů, telekomunikačních sítí, okolo vodních zdrojů, podél chráněných krajinných území atd. V naší problematice nás zajímají především ochranná pásma inženýrských sítí. Jednotlivé vzdálenosti jsou určeny zákonem č. 458/2000 Sb. Ve vymezené oblasti je zakázáno stavět nové stavby, umisťovat vysoké konstrukce, uskladňovat hořlavé a výbušné látky, vysazovat porosty s výškou vyšší než 3m.

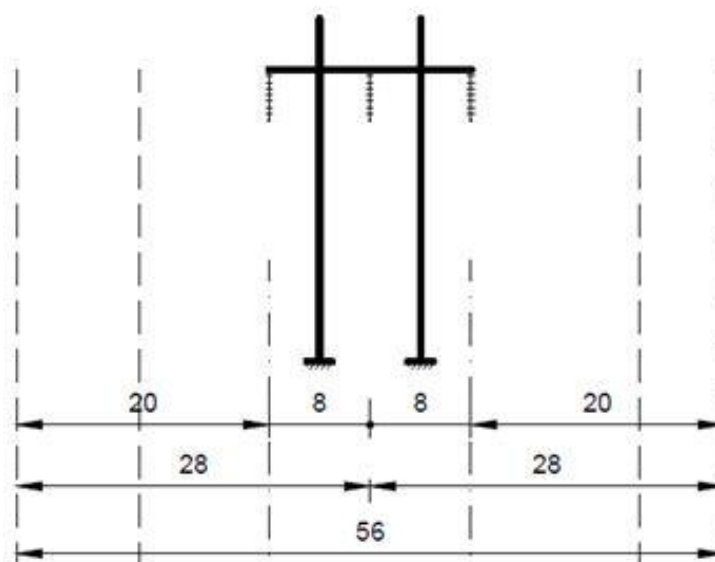
Ochranné pásmo venkovního vedení je vymezené svislými rovinami vedenými po obou

stranách vedení od krajních vodičů. Jednotlivé vzdálenosti se určují podle velikosti přenášeného napětí. Jednotlivé limity jsou uvedeny v následující tabulce 3.1:

Tab. 3.1 Velikosti ochranných pásem venkovních vedení [10]

Velikost napětí	Délka ochranného pásma od krajního vodiče
Nad 1 kV do 35 kV	7 m
Nad 35 kV do 110 kV	12 m
Nad 110 kV do 220 kV	15 m
Nad 220 kV do 440 kV	20 m
Nad 440 kV	30 m

Na obr. 10 jsou znázorněna ochranná pásma pro vedení od 110 kV.



Obr. 3.5 Ochranné pásmo stožáru [11]

Na obrázku je vidět, že velikost ochranného pásma se musí počítat na obě strany. Pro výstavbu je tedy potřeba odkoupit pozemky o šířce minimálně 56 metrů. Tato situace se mnohdy komplikuje soudními spory, které trvají řadu let. Může se tedy stát, že je soudem určeno věčné břemeno, které musí respektovat.

U kabelového vedení je ochranné pásmo vymezeno svislou rovinou po obou stranách krajního kabelu. Vzdálenosti jsou určeny v tabulce 3.2:

Tab. 3.2 Velikosti ochranných pásem kabelových vedení

Velikost napětí	Délka ochranného pásma
Do 110 kV	1 m
Nad 110 kV	3 m

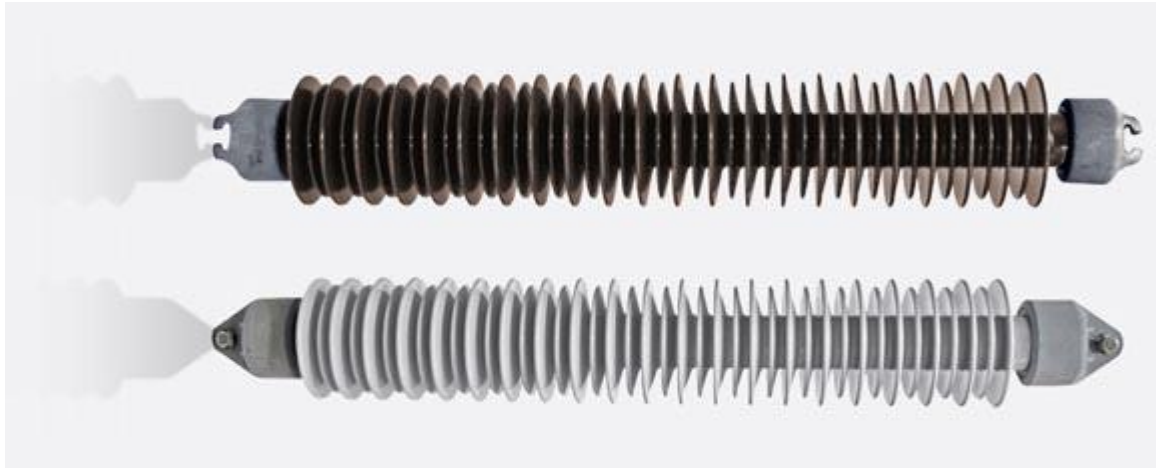
V ochranném pásmu kabelového vedení je zakázáno provádět bez souhlasu výkopové práce, zřizovat stavby a umisťovat konstrukce, které by znemožnily přístup k vedení, nesmí se vysazovat trvalé porosty a přejíždět trasu dopravní technikou těžší než 3 tuny.

Pokud je situace vážná a výrazně omezuje činnost vlastní v blízkosti venkovního nebo kabelového vedení, je možné zažádat si o výjimku na Ministerstvu obchodu a průmyslu. [12]

3.3.4 Izolátory

V současnosti se pro vedení používají tři druhy izolátorů s rozdílnými materiály. První jsou porcelánové, druhé skleněné a třetím nejnovějším typem jsou kompozitní. Každý druh disponuje svými výhodami i nevýhodami. Nejlepší vlastností keramických izolátorů je jejich samočisticí schopnost. Když prší, nebo sněží, nanesený prach steče po glazovaném povrchu. Jejich nevýhodou je při potřebných rozměrech jejich váha. Manipulace s tímto izolátorem je potom náročná. Limitujícím faktorem u izolátorů je životnost. Vlivem stárnutí materiálu dochází k praskání izolátorů, zejména vlivem změny klimatických podmínek. Významně ovlivňují spolehlivost dodávky.

Skleněné izolátory mají velkou výhodu ve své konstrukci, která nedovoluje jejich přetržení. Je třeba často měnit prasklé jednotlivé talíře a jejich nevýhodou je vysoká váha. Nová vedení, která se rekonstruují, jsou vybaveny kompozitní izolátory, které jsou nyní nejmodernější a nejlhčí.



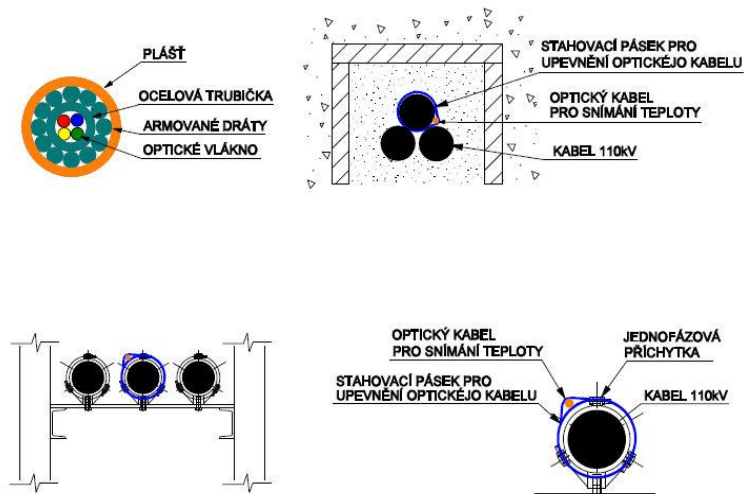
Obr. 3.6 Keramický izolátor Langstab [13]

3.4 Kontrola oteplení kabelu

Používá se kontinuálně optickým vláknem nebo bodově pomocí teplotního čidla. Měření pomocí optického vlákna umožňuje on-line měřit teplotu kabelu v každém místě. Používá se tam, kde dochází k častým změnám tepelných podmínek uložení kabelu: [8]

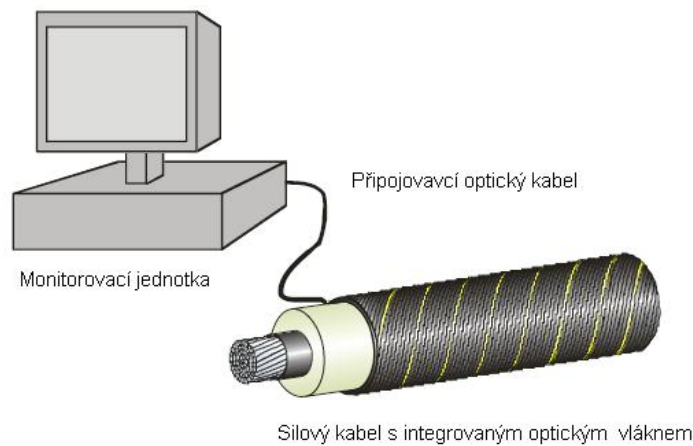
Druhy uložení optického vlákna pro měření teplot:

I. Optický kabel je dodatečně instalován na plášť kabelu 110 kV



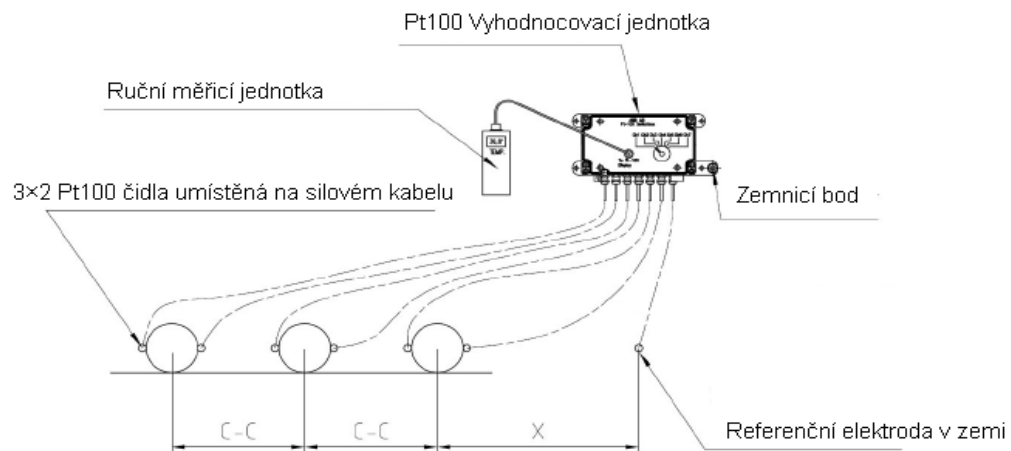
Obr. 3.7 Uložení optického kabelu vně [8]

II. Optické vlákno je přímo integrované ve stínění kabelu 110kV



Obr. 3.8 Optické vlákno integrováno do pláště [9]

III. Měření teploty pomocí čidla. Princip měření spočívá ve změně elektrického odporu drátu v závislosti na teplotě



Obr. 3.9 Bodové měření teploty [9]

Měření oteplení kabelu, jak již bylo řečeno, bylo zavedeno z důvodu ověření dimenzování průřezu kabelu. Odborníci postupným zpřesňováním výpočtů omezujících vlivů na kabelové vedení docházejí k závěru, že je nutné využívat kabelů s velkými průřezy. Hlavní omezující vlivy na trase, kde dochází k výrazným změnám teplot, jsou:

- souběhy VVN a VN
- křížení kabelových tras

- křížení s parovody
- přechod komunikací, kdy je třeba využít speciálního uložení

Realizace takového projektu si žádá mnohem vyšší investice a kabely jsou mnohdy předimenzované a nevyužívá se jejich plná přenosová kapacita. Pokud by si odběratel vyžádal kabel o nižším průřezu, dodavatel nemusí potvrdit záruku, která se na produkt vztahuje. Hlavním důvodem tedy je předat dodavateli relevantní informace zaznamenaných teplot, které dokazují, že je kabel předimenzovaný a není potřeba o stupeň vyššího průřezu.

3.5 Poruchy v síti společnosti PRE a.s.

Statistiky poruch ve společnosti PRE má na starosti oddělení diagnostiky. Zaznamenávají se poruchy na kabelovém vedení, venkovním vedení a doba bezproudí. Doba bezproudí je čas, kdy zareagoval prvek na přepojení dodávky energie z jiného místa. Není to tedy doba opravy. Dle statistik od roku 1996 do roku 2011 bylo zaznamenáno na kabelovém vedení 110 kV celkem 13 poruch. Doba bezproudí byla 360 minut. Na venkovním vedení 110 kV bylo zaznamenáno pouze 5 poruch s dobou bezproudí 92 minut.

Pro vyhledání poruch se využívá kabelových vozů, které vysíláním VF signálů do vodičů a doby jejich odezvy dokáží pomocí parametrů kabelu určit vzdálenost porušeného místa.

3.5.1 Poruchy na venkovním vedení

Na venkovním vedení vznikají poruchy s větší četností, ale především přechodného charakteru. Většinou jsou způsobeny vlivem povětrnostních podmínek, kdy dochází například k úderu bleskem. Zareaguje OZ, kdy se vypínač pokusí obnovit dodávku. Pokud se nejedná o závažnější problém jako třeba pád stromu na vedení, OZ problém vyřeší a obnoví dodávku energie. Na venkovním vedení je lokalizace poruchy jednodušší, časově méně náročná a ekonomicky méně náročná oproti poruše na kabelovém vedení.

Podmínky provozování venkovních sítí VVN města Prahy jsou velice rozdílné od ostatních míst, kam dodávají elektrickou energii ostatní distributoři. V okolí venkovního VVN vedení nejsou nebezpečné stromy, které mohou při vichřici spadnout na vedení, protože je vedení umístěno na okruhu města. Dosud se například nevyskytl problém s pádem stožáru vlivem silného větru. Protože se na území města vyskytuje velké množství vysokých budov, nevyskytují se problémy vlivem atmosférických jevů do stožárů vedení VVN.

Další problémy vznikají na většině vedení v zimních obdobích. Na konzolích se tvoří námrazy a může tak dojít k poruše. Dle statistik je v okolí Prahy teplota o něco vyšší než okolí. Díky tomu nebývají tak časté ani poruchy vzniklé vlivem námrazy.

3.5.2 Poruchy na kabelovém vedení

Pokud dojde k poruše na kabelu, který je ve výkopu, je vše mnohem náročnější. Oproti venkovnímu vedení, není porucha kabelu pod zemí vizuálně objevitelná. Porucha kabelového vedení je většinou dlouhodobější záležitostí, kdy dochází k fázovému zkratu a nehoda má trvalejší následky. energii odběratelům je třeba dodat ze záložních míst. Další problémy nastávají při získání povolení výkopu, vede-li porušený kabel pod pozemní komunikací, nebo pozemkem cizího vlastníka. Finanční nároky na opravu mnohonásobně převyšují opravu venkovní linky.

3.5.3 Délka opravy poruch

Délku opravy jednotlivých poruch ovlivňuje několik faktorů. Zejména na jakém typu vedení se stala a o jaký typ poruchy se jedná. Jde-li o poruchu na venkovním vedení, bylo již zmíněno, že opravy jsou krátkodobějšího charakteru. Pokud dojde k přetržení lana na vedení velmi vysokého, nebo vysokého napětí, ochrana odpojí porušené větve a dodávka elektrické energie se obnoví z druhé strany, jelikož se 98% hlavního města jedná o okružní síť. Místo poruchy je lokalizováno dispečinkem a je možné zahájit v co nejkratší době opravu. Montážní četa dorazí na místo, lano nasvorkuje a oprava je realizována během dvou nebo tří dnů.

Dojde-li k poruše na kabelovém vedení, jedná se o poruchy dlouhodobé. Je tím myšleno 3 týdny, maximálně měsíc opravy. Poruchy na kabelovém vedení jsou velice výjimečné. Evidované problémy byly v roce 2000 a to na motaných spojkách kabelů. Nyní se využívají spojky prefabrikované a k poruše od té doby nedošlo. Délka opravy se navyšuje z důvodu nutnosti odborníka z dodavatelské společnosti, který musí na opravu dohlížet, kvůli potvrzení záruční doby. Je třeba vyjednat řadu povolení k výkopu lokalizované poruchy.

4 Zhodnocení efektivnosti variant včetně vlivu veřejnoprávního projednání

Projektování a zahájení výstavby nových linek 110kV je obecně dlouhodobou záležitostí. Pro schválení vytvořeného projektu k realizaci je potřeba velké množství dokumentů, vyjádření a řízení od všech dotčených subjektů. To znamená, že každá právnická či fyzická osoba, která v okolí plánované výstavby vlastní pozemek, datovou síť, kanalizační síť, nemovitost či cokoliv jiného musí vydat souhlas k povolení stavby. Plánovaná výstavba nesmí žádným způsobem kolidovat, omezovat nebo ohrožovat funkčnost cizího majetku.

4.1 Ukazatele spolehlivosti dodávky elektrické energie

Ukazatelé spolehlivosti dodávky elektrické energie slouží ke zhodnocení kvality dodané elektřiny. Každý distributor je povinen energetickému regulačnímu úřadu (dále jen „ERU“) poskytovat informace o plánovaných přerušeních dodávky a hlavně o poruchách na distribuční síti, která určuje vyhláška číslo 540/2005 Sb.

Kvalita je hodnocena dle kategorií přerušení:

A. Dle doby trvání přerušení

- a. Dlouhodobé – s dobou trvání delší než tři minuty (distributor je povinen toto přerušení hlásit ERU)
- b. Krátkodobé – s dobou trvání alespoň 1 sekunda do tří minut

B. Dle příčiny přerušení

- a. Neplánované
 - i. Poruchové
 - ii. Vynucené
 - iii. Mimořádné
 - iv. V důsledku události mimo přenosovou nebo distribuční soustavu provozovatele soustavy výrobce
- b. Plánované

Výpočet ukazatelů nepřetržitosti dodávky elektřiny

Výpočet ukazatelů se vztahuje na kteroukoliv kategorii přerušení. Vypočtená hodnota musí být označena kategorií, která jí přísluší. Do výpočtu jsou započteny hodnoty, které vychází ze stavu, který vedl k přerušení dodávky elektrické energie, jsou počítány pouze z dlouhodobých přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny. Začátek přerušení je dán okamžikem přerušení dodávky nebo časem, kdy se mohl nebo měl o přerušení distributor dozvědět.

Vztahy pro výpočet ukazatelů distribuce elektřiny (převzato z [14])

- a) Hladinové ukazatelé (udávají počet přerušení distribuce elektřiny u odběratelů na napěťové hladině v hodnoceném období)

Průměrný počet přerušení distribuce elektřiny na napěťové hladině h

$$SAIFI_h = \frac{\sum_j n_{jh}}{N_{sh}} \quad (4.1)$$

- kde h je označení hodnocené napěťové hladiny (NN, VN, VVN)
 j pořadové číslo události v hodnoceném období
 n_{jh} je celkový počet zákazníků přímo napájených z hladiny h , jimž byla přerušena distribuce v důsledku j -té události
 N_{sh} je celkový počet zákazníků napájených z hladiny h ke konci předchozího kalendářního roku

Průměrná souhrnná doba trvání přerušení dodávky elektřiny na hladině h

$$SAIDI_h = \frac{\sum_j t_{sj}}{N_{sh}} \quad (4.2)$$

- kde t_{sj} je součet všech dob trvání přerušení distribuce elektřiny v důsledku j -té události u jednotlivých odběratelů z hladiny h jimž byla přerušena distribuce elektřiny stanovené jako:

$$t_{sj} = \sum_i t_{ji} * n_{jhi} \quad (4.3)$$

- kde i je pořadové číslo manipulačního kroku v rámci j -té události
 t_{ji} je doba trvání i -tého manipulačního kroku v rámci j -té události
 n_{jhi} počet odběratelů na hladině h , jimž bylo způsobeno přerušení distribuce elektřiny v i -tém manipulačním kroku j -té události

Průměrná doba trvání jednoho přerušení distribuce u odběratelů na napěťové hladině h

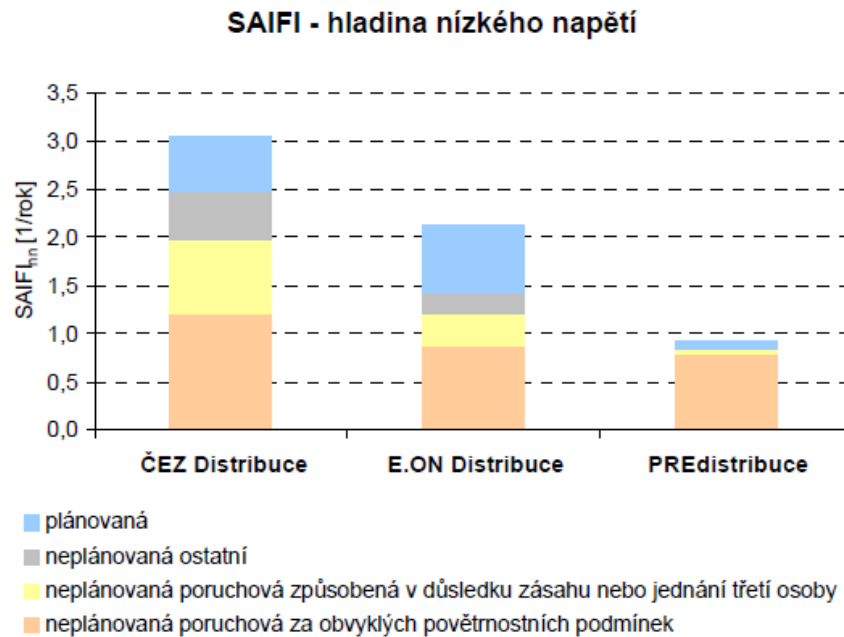
$$CAIDI_h = \frac{SAIDI_h}{SAIFI_h} \quad (4.4)$$

- b) Systémové ukazatelé (udávají počet přerušení distribuce elektřiny u odběratelů v celé soustavě hodnoceného období).

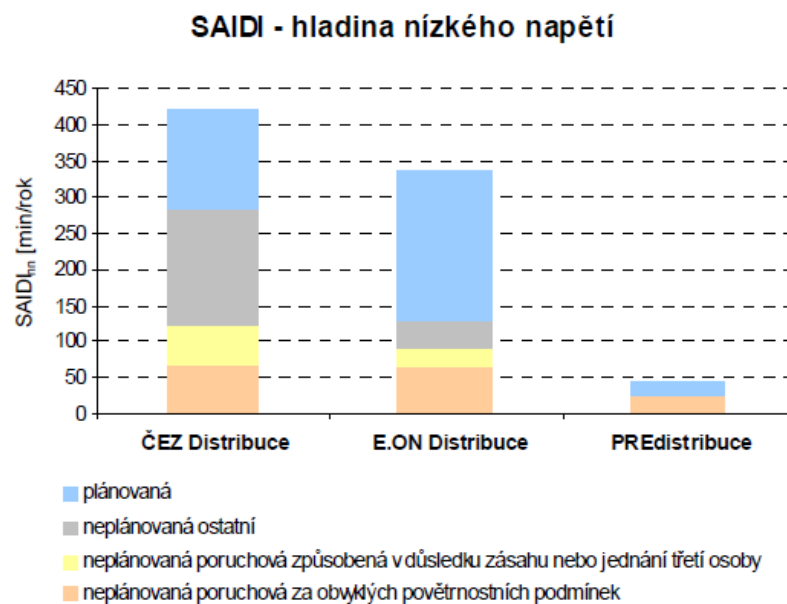
Výpočet vychází z výpočtu hladivých ukazatelů. Změna je pouze v rovnicích pro SAIDI a SAIFI, kdy je do čitatele rovnice přidán součet jednotlivých napěťových hladin. [14]

4.1.1 Grafy ukazatelů SAIDI a SAIFI na hladině NN

Z grafů je patrné, že společnost Pražská energetika podléhá mnohem méně vlivům ohrožující distribuční soustavu NN. Není možné tedy přímo porovnávat jednotlivé výsledky, jelikož je velký rozdíl v charakteru sítí. Je nutné zdůraznit malý rozdíl v neplánovaných poruchových přerušeních, která jsou způsobena za obvyklých povětrnostních podmínek. Toto je způsobeno stochastickým jevem při poruchovosti prvků v distribuční síti.



Graf 1 Ukazatel SAIFI na Hladině NN z roku 2009 [15]



Graf 2 Ukazatel SAIDI na hladině NN z roku 2009 [15]

V příloze č. 4 jsou uvedeny jednotlivé hodnoty ukazatelů na všech hladinách poskytnuté regulačním úřadem ČR z roku 2009. Z přílohy je patrné, že ukazatele spolehlivosti PREdistribuce jsou mnohem nižší než u konkurence. Tento jev je způsobený, jak již bylo zmíněno rozdílným charakterem a provozování sítě.

4.2 Průběh realizace projektu

Prvním podkladem pro schválení projektu je Územní plán. Ten je důležitý především pro prvotní určení trasy venkovního a kabelového vedení, zejména s ohledem na dodržení ochranných pásem.

Druhý doklad je Územní rozhodnutí. Ten se týká konkrétní stavby, kdy je třeba dodat doložku EIA- vliv stavby na životní prostředí. Zde se zohledňuje, zda výstavba nenarušuje ráz krajiny a neohrožuje životní prostředí. Získání EIA dokumentace trvá přibližně 1 rok.

Třetím podkladem pro schválení výstavby je Stavební povolení. Tento doklad je nejčastěji časově nejnáročnějším dokumentem. V přípravném řízení je třeba souhlasu všech dotčených subjektů. V současné době vznikají větší problémy s projektováním vrchního vedení z důvodu výraznějšího narušení rázu krajiny a znehodnocení hodnoty pozemků.

Při porovnání časové náročnosti výstavby obou variant, vychází příznivěji realizace kabelového vedení. Doba pro získání stavebního povolení se udává přibližně jeden a půl roku. Reálná doba realizace kabelové linky se udává do 4 let.

Celková doba realizace venkovního vedení představuje i 10 let.

4.3 Náklady, investice

Měrné náklady, které má společnost vypočítané, se vztahují na kilometr každého vedení. Cena zahrnuje veškeré investice, které je nutno do realizace vložit. Každý typ stavby provází své výhody a nevýhody. Dnes si Pražská energetika nemá možnost vybírat, jaké vedení postaví. Z pohledu ceny, jsou příznivější ukazatele pro venkovní vedení, které je výrazně levnější. Je třeba se řídit územním plánem, který ukládá povinnost realizovat vedení venkovní nebo kabelové.

Při realizaci venkovního vedení jsou tedy započítány položky základy pro stožáry, konstrukce stožáru, izolátory, svorky, zemní lano a v neposlední řadě vodiče samotného vedení, které je dvojitě. Měrný náklad na výstavbu dvojitého venkovního vedení je cca 20 mil. Kč na kilometr.

Investice do kabelového vedení je při porovnání mnohem vyšší. Cena zahrnuje výkopy půdy, úpravu podloží, uložení kabelu dle normy plus připojení. Měrný náklad pro realizaci kabelového vedení je 25 mil. Kč na kilometr při realizaci jedné linky. Pro porovnání s venkovním vedením, které má na jednom stožáru dvě linky, musíme počítat, že investice dosáhne na 50 mil. Kč na kilometr, pokud ukládáme kabelové vedení do země.

Dále pokud kabel není možné dle územního plánu uložit do země, je nutné v zastavěných

oblastech realizovat kabelový tunel, který má měrné náklady prvním způsobem 200 tis. Kč na kilometr a druhým hornickým způsobem 500 tis. Kč na kilometr.

Jak bylo již zmíněno, každá realizace má své výhody a nevýhody. Venkovní vedení, ač se zdá mnohem levnější, se může nákladům kabelového vedení hodně přiblížit. Společnost Pražská energetika vede dlouhé soudní spory s majiteli pozemků, kteří chtějí za prodej pozemku nemalé finanční částky. Soud v dnešní době má možnost nařídit majiteli pozemku věcné břemeno, ale nelze to takto řešit v každém případě, ovšem případ od případu se liší.

4.3.1 Investice do trasy venkovního vedení 110 kV

Jak již bylo zmíněno, měrné náklady na jeden kilometr venkovního vedení 110 kV jsou přibližně 20 mil. Kč na kilometr. Následující výpočet se týká I. etapy rekonstrukce vrchního vedení z TR Sever do TR Červený Vrch. Jedná se o úsek 5,5 kilometru z TR Sever po stožár číslo 56. Rekonstrukce byla dokončena v roce 2010. Staré vedení bylo demontováno a nahrazeno novým. Z důvodu ochrany zveřejňování údajů není možné rozepsat náklady na jednotlivé položky, ale pouze na výčet souhrnných finančních nákladů prací. Cílem výpočtu investice do výstavby je přiblížit se měrným nákladům, které jsou uváděny.

Rozpočet stavby nového vrchního vedení je rozčleněn do čtyř částí:

- Demontáž stávajícího vedení z 30. let
- Montáž základů, stožárů
- Montáž kombinovaného zemního lana
- Zařízení oblasti stanoviště

Každá část výstavby je v rozpočtu definována takzvanými hlavami, kterých je jedenáct.

Výběr hlav: *Hlava 1. projekty, hlava 2. technologie, hlava 3. stavební část, hlava 6. staveniště, hlava 8. rezervy, hlava 11. provozní náklady.* Nejdůležitější jsou hlavy 2., 3. a 6.

Celková suma nákladů je součtem vynaložených finančních prostředků jednotlivých hlav.

1. Demontáž starého vedení

Likvidace stávajícího vedení se skládá celkem ze čtyř částí počítané do hlavy číslo 3 týkající se stavebních částí.

Tab. 4.1 Investice na demontáž starého vedení

Druh práce	Cena [mil. Kč]
Demontáž stožárů	8,8
Demolice betonových základů	9,6
Rozvoz materiálů na skládku	1
Zisk z prodeje železa	-0,58
Celkem	18,8

Dále je nutné k demontáži nákladů připočítat hlavu číslo 6., která se týká nákladů na zařízení staveniště. Tato částka se činila přibližně **1,3 mil. Kč**.

Celkové náklady demolice jsou **20,1 mil. Kč**.

2. Montáž vedení

Výstavba vrchního vedení se řadí pouze do stavebních částí, tudíž spadá do hlavy číslo 3.

Tab. 4.2 Investice na montáž nového vedení

Druh práce	Cena [mil. Kč]
Zemní práce	0,205
Betonáž základů	15,5
Montáž stožáru + elektroinstalace	14,7
Ostatní částky	19,2
Celkem	49,6

Po připočítání nákladů na zařízení stanoviště, které činí přibližně **3 mil. Kč**, se dostaneme na částku přibližně **52,6 mil. Kč**. Z této částky se počítají náklady na projekty a zkoušky, které činí 10%. Tedy **5,26 mil. Kč**.

3. Montáž kombinovaného zemního lana

Montáž KZL je opět rozdělena na několik částí. Dodávka práce **3,2 mil. Kč**, ostatní položky (kotevní nosné spirály, tlumiče vibrací apod.) **2 mil. Kč**. Připočtením částky **330 tis. Kč**, což činní náklady na zařízení staveniště na realizaci dostaneme se na sumu **5,6 mil. Kč**.

Závěr:

Za I. etapu rekonstrukce 5,5 kilometru dvojitého vrchního vedení z TR Sever k 56. sloupu zaplatila společnost PREDi a.s. přibližně **83 milionů Kč bez DPH**.

V porovnání s měrnými náklady je částka přibližně o 20 mil. Kč nižší. Tento rozdíl je způsoben faktem, že zde nebyly vynaloženy náklady na věcná břemena a znalecké posudky jako obvykle u jiných staveb.

4.3.2 Investice do linky kabelového vedení 110 kV

Při budování kabelového vedení je pro porovnání investic s venkovním vedením, které je dvojité, nutné počítat s dvojnásobkem nákladů. Jeden systém kabelového vedení přijde dle měrných nákladů 25 mil. Kč, pro dva systémy tedy dvojnásobek. Pro výpočet investičních nákladů byla zvolena kabelová trasa přibližně odpovídající zvolené části vrchního vedení z předešlé kapitoly 4.3.1. Spojuje TR Karlov a TR Pankrác, délka kabelu je přibližně 4,5 kilometru. Delší část vedení cca 3,5 kilometru je položeno v zemi v pískovém loži s betonovou výztuží a přibližně jeden kilometr vede kabelovým tunelem.

Položení kabelového vedení je rozděleno na dvě části:

- Dodávka materiálu
- Montáž

1. Dodávka materiálu

Poptávku tvořila délka žíly 13,5 kilometru, což znamená 4,5 kilometru na jednu fázi. Kabel je rozdělen na dvě části. Uložení v zemi je vedení s plastovým HDPE pláštěm a v kabelovém tunelu je použita izolace ohnivzdorná z důvodu zamezení ohrožení požáru v KT.

Nejdražší položky z příslušenství k připojení kabelu představují: průběžné spojky, SF₆ koncovky, Cross Bonding spojky.

Tab. 4.3 Investice na dodávky kabelového vedení

Druh dodávky	Cena [mil. Kč]
Vodiče 13,5 km	66,9
Příslušenství	5,2
Doprava	4,76
Šéf montér na montáž	3,7
Zkoušky	2,33
Celkem	82,9

2. Pokládka

Položení kabelu je rozděleno na zemní práce, montáž v KT, připojení optiky pro měření teploty, chráničky a přeložky.

Tab. 4.4 Investice na pokládku kabelového vedení

Druh práce	Cena [mil. Kč]
Montáž kabelu	8,5
Zemní práce, pokládka	42
Optický kabel	3,2
Chráničky	3,7
Přeložky	4
Celkem	61,4

K dodávce a pokládce kabelu je třeba přičíst 10% na zařízení stavenišť, projekty a zkoušky. Výsledek investice do pokládky kabelového vedení činí přibližně 144,3 mil. Kč + 14,43 mil. Kč = **158,73 mil. Kč**. K ceně je nutné přičíst veřejnoprávní projednání a vyplácení výkupu pozemků, kdy společnost PRE a.s. udává cenu za běžný metr 500 Kč. Pro porovnání s investicí do vrchního vedení je třeba cenu zdvojnásobit, jelikož kabelové je pouze jeden systém. Cena pro dva kabelové systémy činí přibližně **317,46 mil. Kč**.

5 Závěr

V diplomové práci zaměřené na porovnání ceny realizace vrchního a kabelového vedení 110 kV na území hlavního města Prahy investorem PRE, a.s. Praha jsou zakomponovány všechny poznatky, které jsem měl možnost získat při studování podkladů poskytnutých distributorem. Při zadaných parametrech, kdy parametry a kapacita vrchního a kabelového vedení jsou shodné, představuje realizace kabelového vedení nákladově vyšší zatížení pro investora o 382,5 %. Je to dáno především specifickými podmínkami danými realizací akce v hlavním městě Praze, kde způsob řešení výrazněji, než kde jinde v České republice, ovlivňuje územní plán hlavního města Prahy, hustá městská zástavba, komunikační sítě a celá řada dalších specifických podmínek, které je třeba bezpodmínečně respektovat, případně získat množství výjimek.

Cílem práce nebylo vyhodnotit ekonomickou efektivnost realizace mezi vrchním a kabelovým vedením, ale dokázat nemožnost pro investora rozhodnout se pro ekonomicky levnější variantu a nutnost za mnohonásobně vyšší cenu realizovat projekty a stavby dle přísných podmínek.

6 Bibliografie a citovaná literatura

- [1] **PRE, a.s.** Kapitola I. Průmyslová revoluce, počátky elektrizace...do roku 1918. [Online] [Citace: 15. 1 2012.] <http://www.pre.cz/pre/nase-spolecnost/vice-o-pre/historie/kapitola-1-prumyslova-revoluce-pocatky-elektrizace.html>.
- [2] **PRE, a.s.** Kapitola II. - Rozvoj elektrizační soustavy ... v letech 1918-1945. *Kapitola II. - Rozvoj elektrizační soustavy ... v letech 1918-1945.* [Online] PRE, a.s. <http://www.pre.cz/pre/nase-spolecnost/vice-o-pre/historie/kapitola-2-rozvoj-elektrizacni-soustavy-v-letech-1918-1945-.html>.
- [3] **PRE, a.s.** Kapitola III. Období poválečné a období centrálně řízené ekonomiky 1945-1989. [Online] PRE, a.s. <http://www.pre.cz/pre/nase-spolecnost/vice-o-pre/historie/kapitola-3-obdobi-povalecne-a-obdobi-centralne-rizene-ekonomiky-1945-1989.html>.
- [4] **PRE, a.s.** Kapitola IV. - Období příprav na liberalizaci trhu s elektřinou ... 1989-2001. [Online] PRE, a.s. [Citace: 15. 2 2012.] <http://www.pre.cz/pre/nase-spolecnost/vice-o-pre/historie/kapitola-4-obdobi-priprav-na-liberalizaci-trhu-s-elektřinou-1989-2001.html>.
- [5] **PRE, a.s.** Hlavní mezníky v historii společnosti. *Hlavní mezníky v historii společnosti.* [Online] <http://www.pre.cz/pre/nase-spolecnost/vice-o-pre/historie/hlavni-mezniky-v-historii-spolecnosti.html>.
- [6] **Stanislav Votruba, M.Sc.RWTH.** *Transformovny březem 2011.* [Microsoft Office Powerpoint] Praha, Praha, Česká Republika : autor neznámý, 2010.
- [7] **Radko Rieger, Petr Coupal.** ita-aites.cz. [Online] 1 2010. [Citace: 15. 1 2012.] http://www.ita-aites.cz/files/tunel/komplet/tunel_1_10.pdf.
- [8] **Vočko, ing. Jan.** *Podniková normaenergetiky pro rozvod elektrické PNE 34 1050.* Praha, Česká Republika : autor neznámý, 11. 3 2011.
- [9] **Hamouz, Petr.** *Teplotní on-line monitoring kabelu 110 kV.* [CD] Tábor : Konference ČK CIRED, 2010.
- [10] **Ing. Dr. Jiří Kozák, CSc.** *Ocelové stožáry a věže.* Praha : SNTL- Nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN 80-03-00374-1.
- [11] **Procházka, Ing. Radek.** Stožáry VVN (III)-TZB info. *Konstrukční řešení stožárů.* [Online] 18. 6 2007. [Citace: 25. 3 2012.] <http://www.tzb-info.cz/4192-stozary-vvn-iii>.
- [12] **Zlatník, Ing. arch. Tomáš.** Stavocentrum: server o bydlení a stavebnictví. *Co to je a jaká ochranná pásma.* [Online] 12. 1 2005. [Citace: 20. 3 2012.] http://www.stavocentrum.cz/index.php?none=1&action=clanek&c_id=635.
- [13] **Lapp insulators.** Lapp Insulators. *langstabisolatoren.* [Online] [Citace: 10. 4 2012.] <http://www.lappinsulator.de/home/csrv/base.php?id=234&lid=1>.
- [14] **Energetický regulační úřad.** *Příloha č.5 k vyhlášce č. 540/2005 Sb.* [dokument .pdf] místo neznámé : ERU a.s., 2009.
- [15] **Energetický regulační úřad.** *Vyhodnoce kvality.* [pdf soubor] místo neznámé : ERU, 2010.
- [16] **Ibler, Zdeněk.** *Energetika v příkladech: technický průvodce energetika.* Praha : BEN - technická literatura, 2003. str. 383. ISBN 80-7300-097-0.
- [17] **Ibler, Zdeněk.** *Technický průvodce energetika.* Praha : BEN - technická literatura, 2002. str. 614. Sv. 1. ISBN 80-7300-026-1.
- [18] **Tůma, Jan.** 3pól polidštěné stožáry. [Online] 4. 4 2012. [Citace: 23. 4 2012.] <http://3pol.cz/1213-polidstene-stozary>.

7 Seznam obrázků

Obr. 1.1 TR 110/22 kV postavené v časových rozmezích [6].....	15
Obr. 1.2 Výstavba Kabelového tunelu Zličín [7].....	20
Obr. 1.3 Kabelový tunel Holešovice [6].....	20
Obr. 2.1 Schéma venkovního vedení Γ článků	23
Obr. 2.2 Průřez kabelu 110 kV [Brugg cables katalogový list].....	26
Obr. 3.1 Provoz uzlu-venkovní vedení [6]	
Obr. 3.2 Provoz uzlu-kabelové vedení [6].....	29
Obr. 3.3 Provoz uzlu-kabelová i venkovní VN [6].....	30
Obr. 3.4 Nejčastěji používané stožáry VVN v Praze [10].....	31
Obr. 3.5 Ochranné pásmo stožáru [11].....	33
Obr. 3.6 Keramický izolátor Langstab [13].....	35
Obr. 3.7 Uložení optického kabelu vně [8].....	35
Obr. 3.8 Optické vlákno integrováno do pláště [9].....	36
Obr. 3.9 Bodové měření teploty [9].....	36

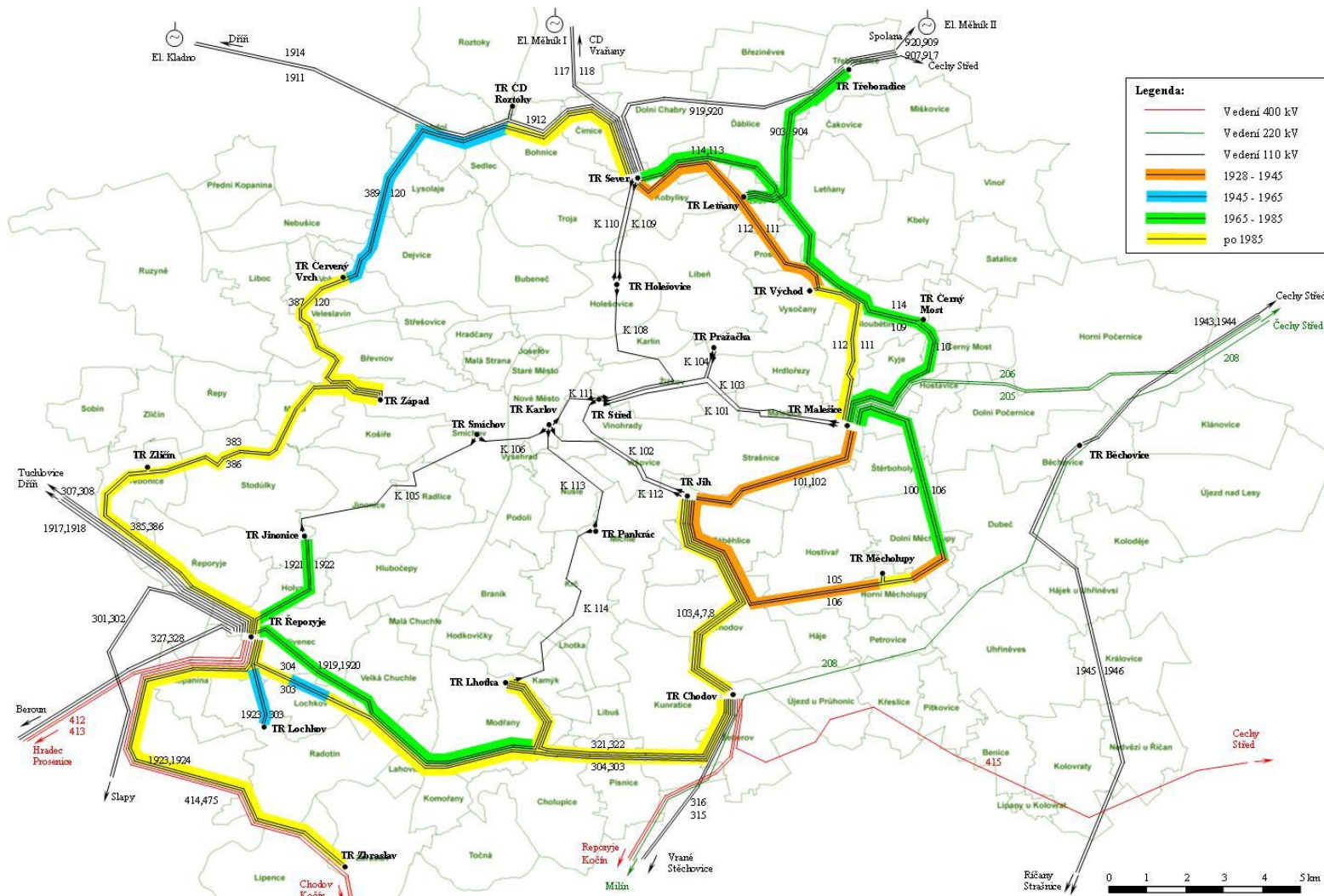
8 Seznam tabulek

Tab. 1.1 Rozsah sítí PRE a.s. k 1. 1. 1994 [4].....	13
Tab. 1.2 Statistiky zásobovací oblasti za rok 2010.....	17
Tab. 1.3 Délka vedení PRE, a.s. ke dni 31. 12. 2011	18
Tab. 1.4 Délka sítí ČEZ, a.s. ke dni 31. 12. 2010	18
Tab. 1.5 Délka sítí E.ON, a.s. ke dni 31.12.2008	18
Tab. 1.6 Porovnání délky vedení VVN a VN poskytovatelů el. energie.....	19
Tab. 3.1 Velikosti ochranných pásem venkovních vedení [10].....	33
Tab. 3.2 Velikosti ochranných pásem kabelových vedení.....	34
Tab. 4.1 Investice na demontáž starého vedení	45
Tab. 4.2 Investice na montáž nového vedení.....	45
Tab. 4.3 Investice na dodávky kabelového vedení	47
Tab. 4.4 Investice na pokládku kabelového vedení	47

9 Seznam příloh

Příloha č.1 Stávající stav venkovní vedení 110 kV
Příloha č.2 Rozvoj sítí do roku 2023 na území Hlavního města Prahy
Příloha č.3 Podélný řez kabelového tunelu TR Jih- TR Slavie
Příloha č.4 Ukazatele nepřetržitosti dodávky elektřiny v roce 2009

9.1 Příloha č. 1 Stávající stav venkovní vedení 110 kV [11]



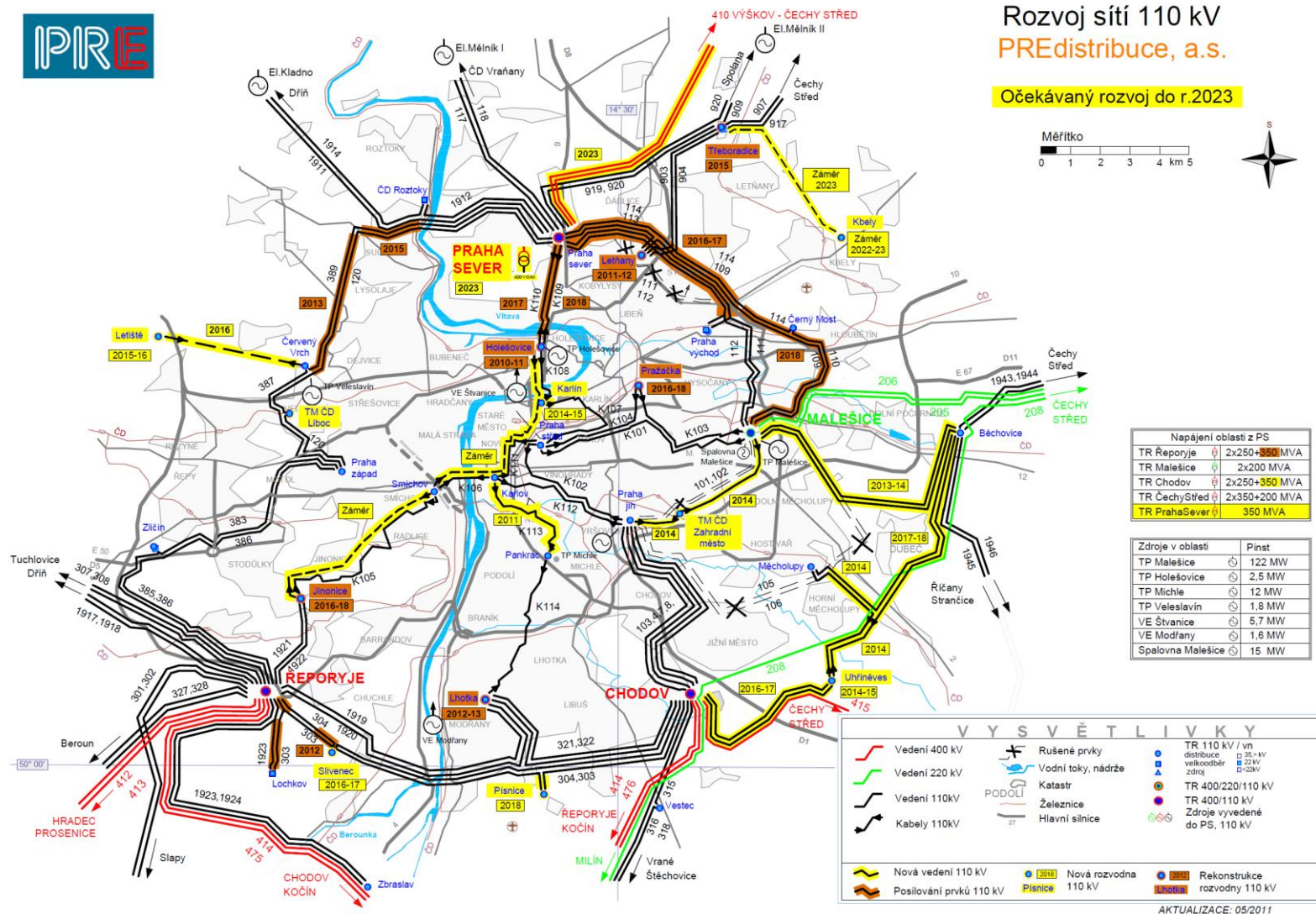
Příloha 9.1 Mapa vedení 110 kV hl.m. Prahy

9.2 Příloha č. 2 Rozvoj sítí do roku 2023 na území Hlavního města Prahy [11]



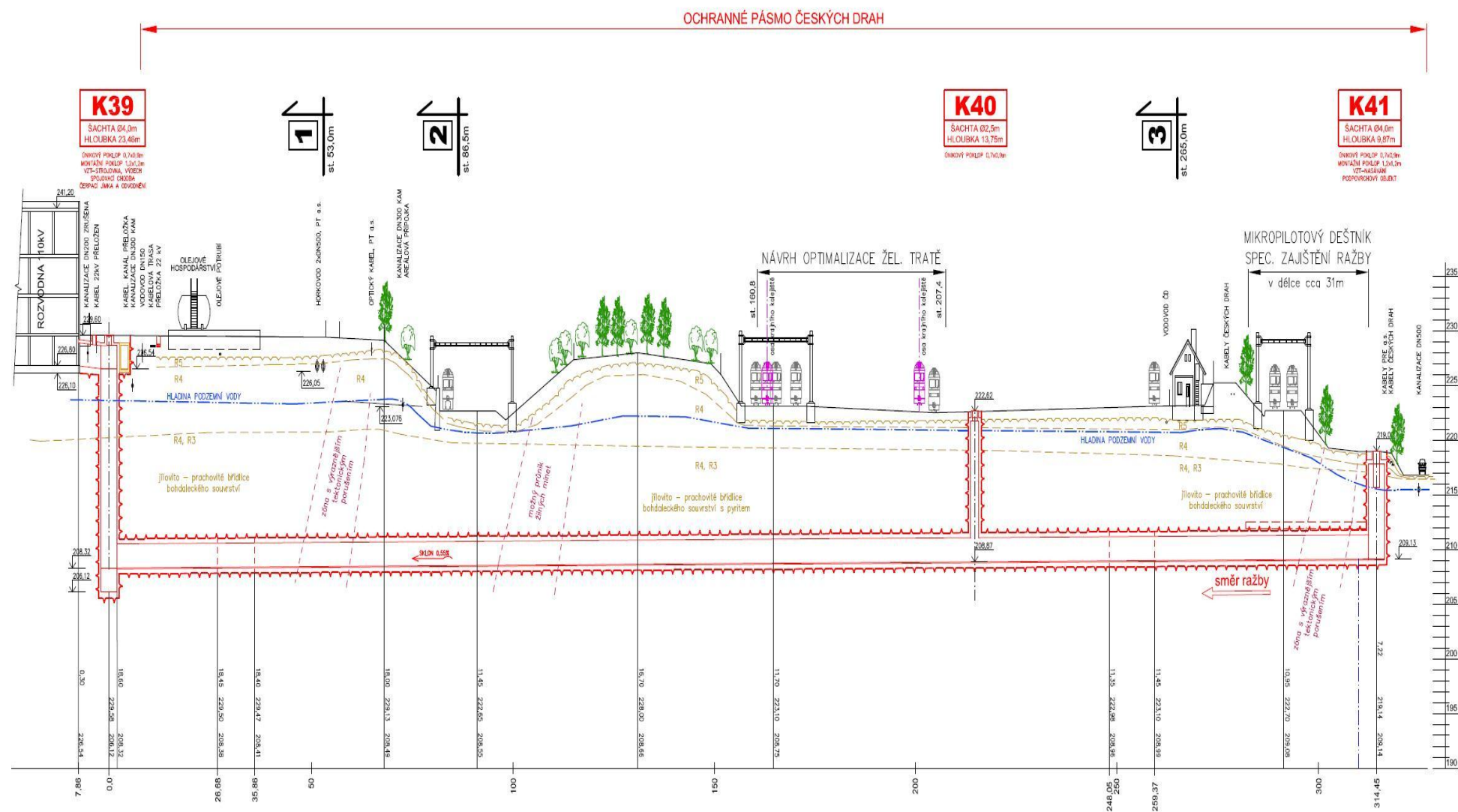
Rozvoj sítí 110 kV
PREdistribuce, a.s.

Očekávaný rozvoj do r.2023



Příloha 9.2 Očekávaný rozvoj sítí do roku 2023

9.3 Příloha č. 3 Podélný řez kabelového tunelu TR Jih- TR Slavia [6]



Příloha 9.3 Podélný řez kabelového tunelu Jih – Slavia

9.4 Příloha č. 4. Ukazatele nepřetržitosti dodávky elektřiny v roce 2009

ČEZ Distribuce

Zahrnutá přerušení distribuce elektřiny	Průměrný počet přerušení			Průměrná souhrnná doba			Průměrná doba trvání		
	nn	vn	vvn	nn	vn	vvn	nn	vn	vvn
	SAIFI _{nn}	SAIFI _{vn}	SAIFI _{vvn}	SAIDI _{nn}	SAIDI _{vn}	SAIDI _{vvn}	CAIDI _{nn}	CAIDI _{vn}	CAIDI _{vvn}
	[1/rok]			[min/rok]			[min]		
neplánovaná	2,48	2,87	0,67	282,84	285,20	0,92	113,97	99,41	1,38
z toho poruchová za obvyklých povětrnostních podmínek	1,21	1,37	0,02	67,24	78,42	0,20	56,49	57,24	11,49
z toho poruchová způsobená jednáním třetí osoby	0,76	0,86	0,01	56,55	65,95	0,17	74,38	76,72	15,40
z toho ostatní neplánovaná	0,51	0,64	0,64	159,05	140,83	0,55	312,10	220,31	0,85
plánovaná	0,57	0,62	0,00	137,85	170,95	0,00	242,80	275,86	0,00
celkem - hladinové ukazatele	3,05	3,49	0,67	420,69	455,25	0,92	137,96	130,62	1,38
celkem - systémové ukazatele	3,05			420,78			137,92		

E.ON Distribuce

Zahrnutá přerušení distribuce elektřiny	Průměrný počet přerušení			Průměrná souhrnná doba			Průměrná doba trvání		
	nn	vn	vvn	nn	vn	vvn	nn	vn	vvn
	SAIFI _{nn}	SAIFI _{vn}	SAIFI _{vvn}	SAIDI _{nn}	SAIDI _{vn}	SAIDI _{vvn}	CAIDI _{nn}	CAIDI _{vn}	CAIDI _{vvn}
	[1/rok]			[min/rok]			[min]		
neplánovaná	1,42	1,50	0,02	130,31	147,94	0,33	91,57	98,36	14,00
z toho poruchová za obvyklých povětrnostních podmínek	0,87	0,92	0,00	66,39	67,67	0,00	76,22	73,29	0,00
z toho poruchová způsobená jednáním třetí osoby	0,33	0,38	0,00	23,58	30,02	0,00	71,45	79,00	0,00
z toho ostatní neplánovaná	0,22	0,20	0,02	40,34	50,25	0,33	181,72	250,40	14,00
plánovaná	0,71	0,58	0,00	208,40	184,15	0,00	293,53	315,01	0,00
celkem - hladinové ukazatele	2,13	2,09	0,02	338,71	332,10	0,33	158,80	159,00	14,00
celkem - systémové ukazatele	2,13			338,67			159,00		

PREdistribuce

Zahrnutá přerušení distribuce elektřiny	Průměrný počet přerušení			Průměrná souhrnná doba			Průměrná doba trvání		
	nn	vn	vvn	nn	vn	vvn	nn	vn	vvn
	SAIFI _{nn}	SAIFI _{vn}	SAIFI _{vvn}	SAIDI _{nn}	SAIDI _{vn}	SAIDI _{vvn}	CAIDI _{nn}	CAIDI _{vn}	CAIDI _{vvn}
	[1/rok]			[min/rok]			[min]		
neplánovaná	0,85	0,91	0,25	26,88	33,94	1,35	31,74	37,51	5,40
z toho poruchová za obvyklých povětrnostních podmínek	0,79	0,82	0,25	23,79	30,17	1,35	29,96	36,66	5,40
z toho poruchová způsobená jednáním třetí osoby	0,04	0,07	0,00	2,22	3,24	0,00	56,92	44,32	0,00
z toho ostatní neplánovaná	0,01	0,01	0,00	0,87	0,54	0,00	62,43	60,11	0,00
plánovaná	0,08	0,02	0,00	18,12	3,29	0,00	238,37	149,32	0,00
celkem - hladinové ukazatele	0,92	0,93	0,25	45,00	37,23	1,35	48,75	40,16	5,40
celkem - systémové ukazatele	0,92			44,98			48,70		

Příloha 9.4 Ukazatele nepřetržitosti provozu [15]

