

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

PROJEKT

Návrh sítě SDH

Vypracoval: Jan HLÍDEK

V rámci předmětu: Přenosové systémy (X32PSY)

Semestr: letní 2008

Cvičení: pondělí od 14:30 do 16:00

1. LOKALITY A PROVOZ

Lokality umístění jednotlivých uzlů sítě SDH, kterou je třeba navrhnout jsou shrnuty v tabulce:

Číslo uzlu	Lokalita uzlu
1	Cheb
2	Františkovy Lázně
3	Lázně Kynžvart
4	Kynšperk
5	Sokolov
6	Mariánské Lázně
7	Bečov nad Teplou
8	Horní Slavkov
9	Aš
10	Kraslice

V této lokalitě (západní Čechy) jsou zadány následující požadavky na provoz:

Dvojice uzlů pro E1	Počet okruhů E1	Dvojice uzlů pro E3	Uzly pro Ethernet toky	Ethernet jmen. Rychlost [Mbit/s]	Odpovídající kontejnery	Uzly pro připojení do páteře	Toky do páteře
1-3	4	1-10	2-4	100	2xVC-3	1	1x E3
2-10	2	6-8	3-5-1-7-8	10	5xVC-12	3	6x E1
9-5	6		4-10	100	2xVC-3	5	1x E3
2-8	5		5-9	10	5xVC-12		
1-2	8						
6-7	3						
3-7	1						
2-10	5						

Rozmístění jednotlivých uzlů je vidět na následujícím obrázku:

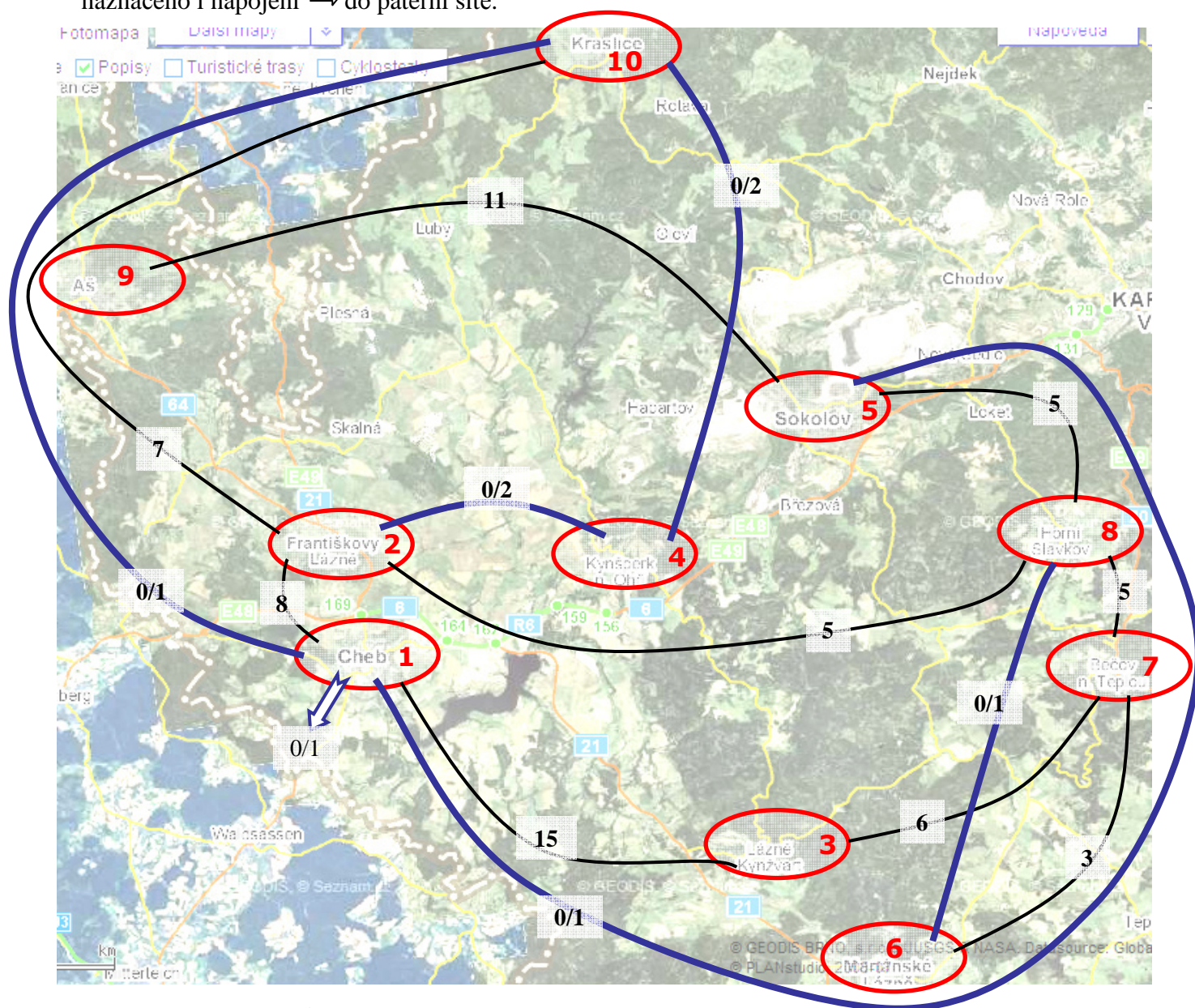


2. ROZBOR ZADÁNÍ

Nejdříve je důležité znát a znázornit rozložení toků na vrstvě okruhů – tedy nejvyšší vrstvě vrstevového modelu SDH. Požadavky na propojení sítí Ethernet jsou již přepočítány na toky E1* (10 Mbit/s Ethernet) případně E3 (pro 100Mbit/s Ethernet). Pro 100 Mbit/s Ethernet jsou zvoleny pro transport dvě E3, což sice plně nesplňuje jmenovitou rychlost 100 Mbit/s – je to:

$(2 \cdot 34,368 = 68,736 \text{ Mbit/s})$,

ale v praxi se volí např. i jen jedna E3, takže zvolení dvou je v pořádku. Zápis požadavků je proveden ve tvaru počtů E1/E3, v případě požadavku jen na E1 – jedno číslo. Pro názornost je naznačeno i napojení \Rightarrow do páteřní sítě.



Obr. 1 Vrstva okruhů

* Popis E1 apod. je zde použit, protože na vrstvě okruhů není logické pracovat s virtuálními kontejnery (viz obr. „Příklad uspořádání vrstev sítě SDH“ ve skriptech „Přenosové systémy 2“). Reálně se ale Ethernet samozřejmě mapuje do VC-12, případně VC-3.

suma

VC-12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1			15	0	21	0	0	0	0	21	57
2	8		0	42	0	0	0	5	0	7	62
3	15	0		0	0	0	6	0	0	0	21
4	0	42	0		0	0	0	0	0	42	84
5	21	0	0	0		0	0	5	11	0	37
6	0	0	0	0	0		3	21	0	0	24
7	0	0	6	0	0	3		5	0	0	14
8	0	5	0	0	5	21	5		0	0	36
9	0	0	0	0	11	0	0	0		0	11
10	21	7	0	42	0	0	0	0	0		70
	65	54	21	84	37	24	14	36	11	70	416

suma VC-12 add-
drop
416
suma VC-12 okruhy
208
suma VC-4 okruhy
3,302

Tab. 1 Matice provozních zájmů

3. VRSTVA PŘENOSOVÝCH MÉDIÍ

V předchozím pododdílu byly znázorněny přenosové toky, které je třeba přenést a nyní je třeba zajistit, aby bylo možno skutečně fyzicky uskutečnit přenos. Navržená topologie propojení optickým kabelem (který se většinou používá pro propojení jednotlivých uzlů) je naprosto zásadní pro funkci celé sítě. Je třeba uvažovat vzdálenosti mezi místy a také provoz, který má být přenesen. Uvažujme zjednodušující předpoklad – ohodnocení možných spojů vzdálenostmi mezi uzly a to podél komunikací (u tohoto návrhu postačilo uvažovat silnice), což zobrazuje tab. 2.

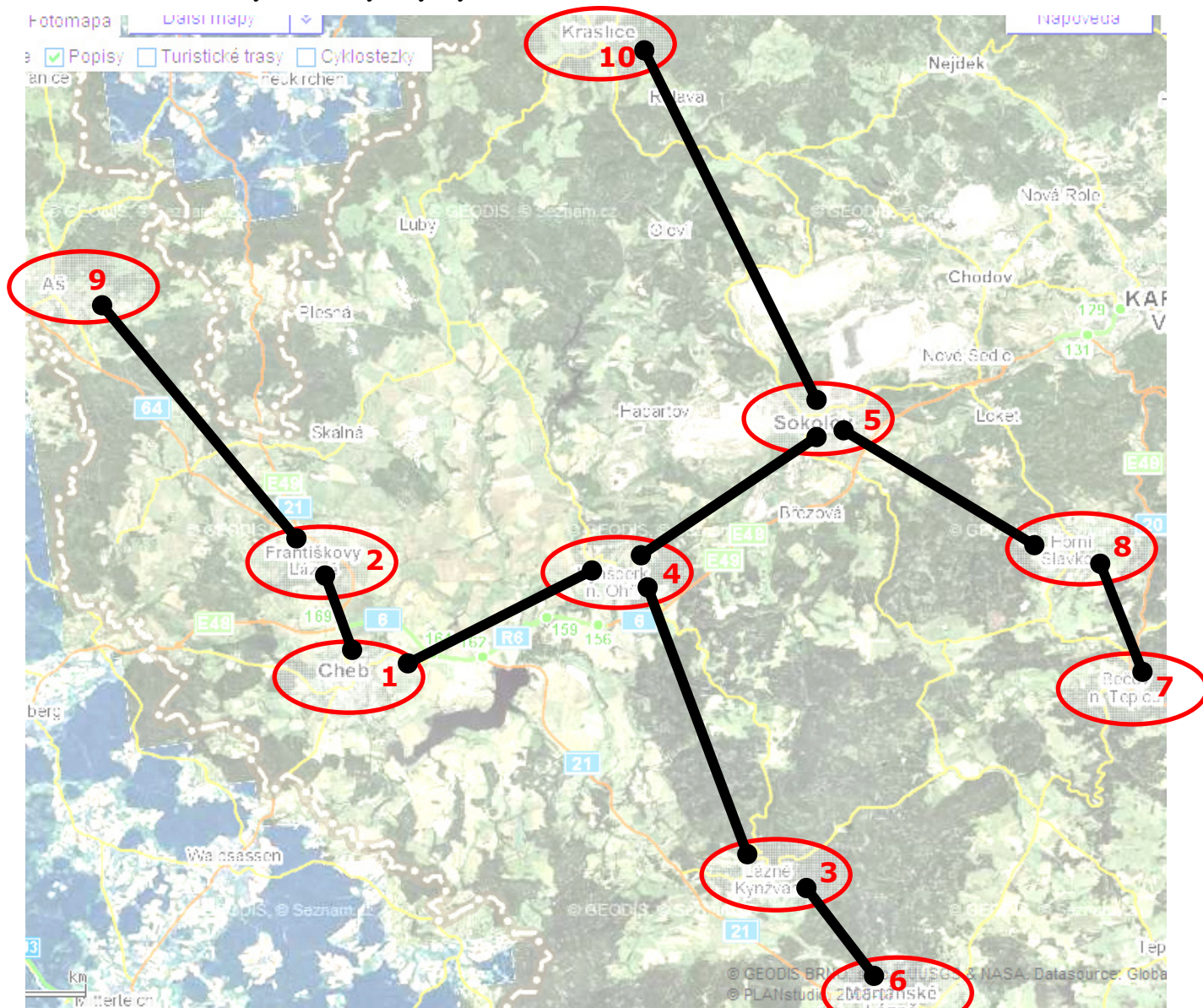
Zjednodušující je také to, že stavíme tzv. „na zelené louce“ – tedy úplně nově budujeme infrastrukturu. V praxi by však bylo nutné zjistit, kde jsou již např. položeny optické kabely a jaká je již v oblasti celkově vybudovaná infrastruktura. Co největší využití tohoto stávajícího vybavení by bylo nutné z ekonomických důvodů.

úplný graf

km	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		6,07	24,8	14,8	27	31,5	43,3	40,6	22,9	40,2
2	6,07		28,4	16	26	35,1	46,7	41,4	17,5	35,7
3	24,8	28,4		18,9	26,6	8,73	21,6	23,7	44,9	48,4
4	14,8	16	18,9		13,1	25,6	31,1	28	32,1	31,6
5	27	26	26,6	13,1		31	24,2	15,8	42	24,1
6	31,5	35,1	8,73	25,6	31		21,5	25,6	51,6	53,6
7	43,3	46,7	21,6	31,1	24,2	21,5		9,91	62,9	47,9
8	40,6	41,4	23,7	28	15,8	25,6	9,91		57,5	38,6
9	22,9	17,5	44,9	32,1	42	51,6	62,9	57,5		45,6
10	40,2	35,7	48,4	31,6	24,1	53,6	47,9	38,6	45,6	

Tab. 2 Matice vzdáleností

Celkový návrh vychází z tzv. minimálního stromu, který ukazuje obr. 2a). Zde je vidět jak lze propojit uzly za použití nejmenší délky optického kabelu. Získáme ho vybráním nejkratších vzdáleností tak, aby nevznikly smyčky.



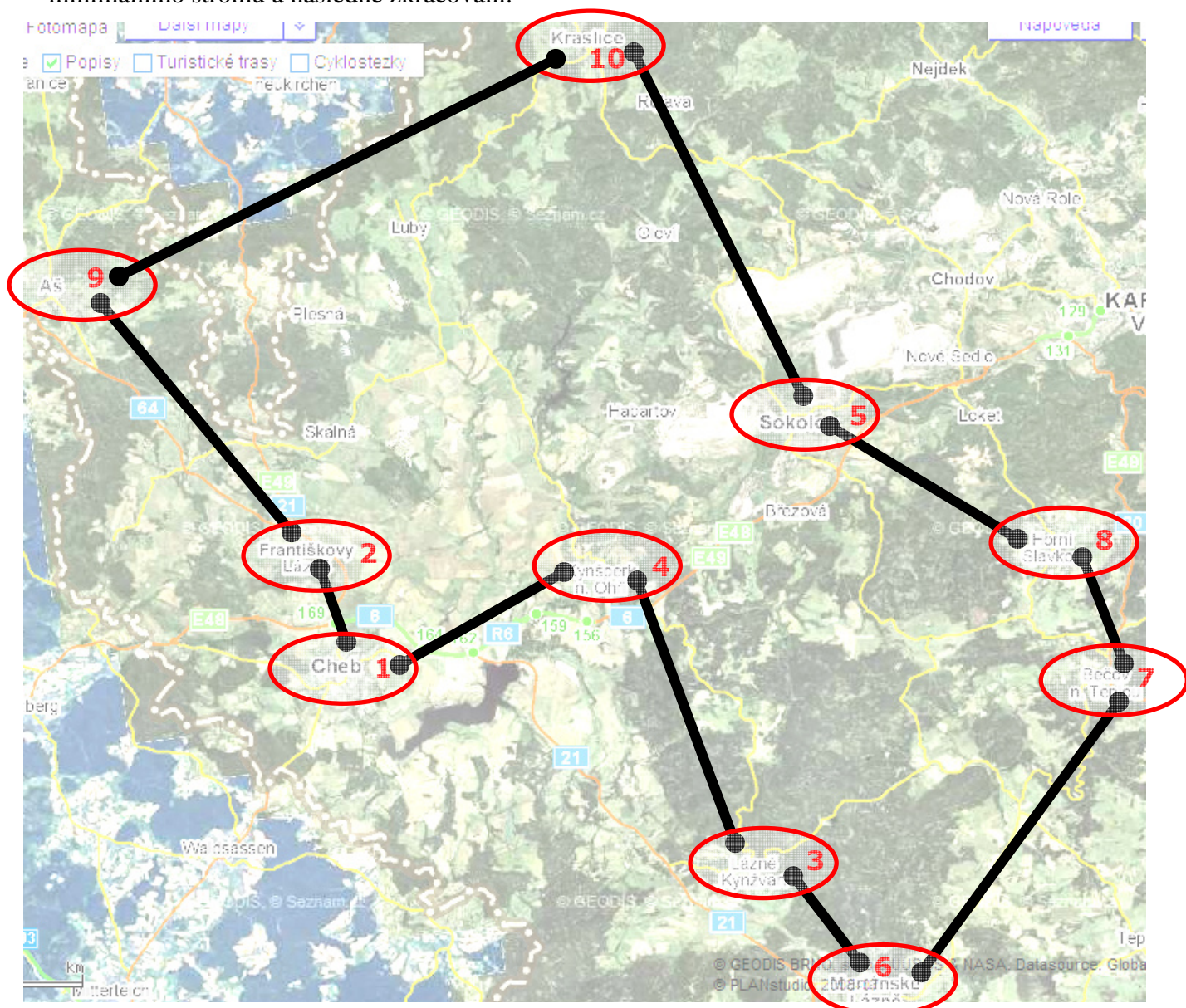
podgraf - vybrané hrany pro navrhovanou síť **MINIMÁLNÍ STROM**

km	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1		6,07		14,8							20,9
2	6,07								17,5		23,6
3	0	0		18,9		8,73					27,6
4	14,8	0	18,9		13,1						46,8
5	0	0	0	13,1				15,8	24,1		53
6	0	0	8,73	0	0						8,73
7	0	0	0	0	0	0		9,91			9,91
8	0	0	0	0	15,8	0	9,91				25,7
9	0	17,5	0	0	0	0	0	0			17,5
10	0	0	0	0	24,1	0	0	0	0		24,1
	20,9	23,6	27,6	46,8	53	8,73	9,91	25,7	17,5	24,1	258

129 délka optického kabelu [km]

Obr. 2a) Minimální strom

Kruhová topologie je často používána např. z důvodu lepší možnosti zálohy. Nalezení minimální kruhové topologie je možné např. tzv. Kimmovou metodou – zdvojení spojnic minimálního stromu a následné zkracování.



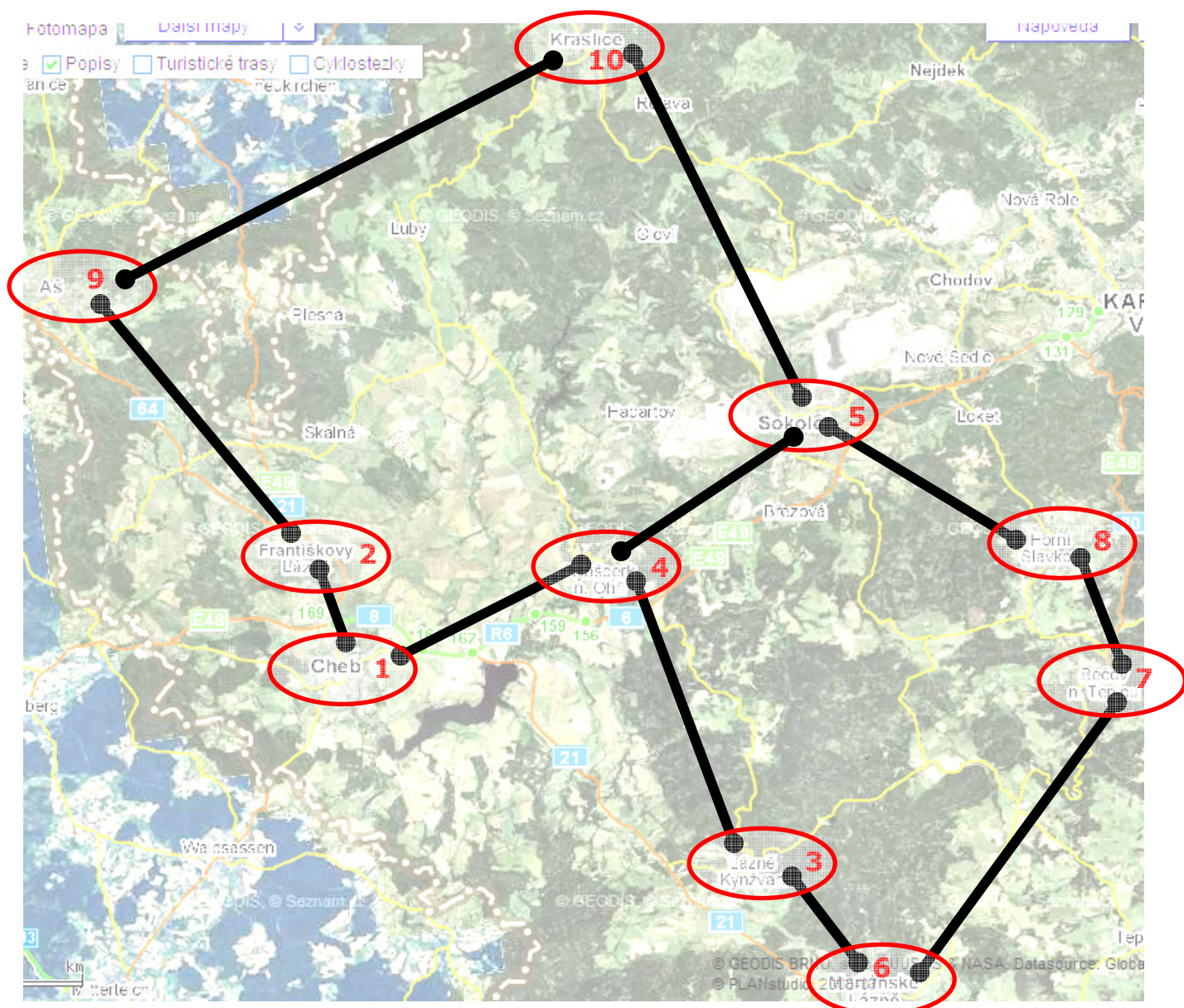
podgraf - vybrané hrany pro navrhovanou síť **KRUHOVÁ TOPOLOGIE** (Kimmova metoda)

km	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1		6,07		14,8							20,9
2	6,07								17,5		23,6
3	0	0		18,9		8,73					27,6
4	14,8	0	18,9								33,7
5	0	0	0	0				15,8	24,1		39,9
6	0	0	8,73	0	0		21,5				30,2
7	0	0	0	0	0	21,5		9,91			31,4
8	0	0	0	0	15,8	0	9,91				25,7
9	0	17,5	0	0	0	0	0	0		45,6	63,1
10	0	0	0	0	24,1	0	0	0	45,6		69,7

20,9 23,6 27,6 33,7 39,9 30,2 31,4 25,7 63,1 69,7 366

183 délka optického kabelu [km]

Obr. 2b) Jeden kruh



Obr. 2c) Kruhová síť s víceuzlovým propojením

Porovnáme-li jednotlivé varianty při uvažování provozu, spolehlivosti a nákladů (reprezentovaných vzdáleností), nenacházíme jednoznačné řešení. Podívejme se nyní konkrétně na jednotlivé možnosti.

Topologie minimálního stromu dle obr. 2a) by umožnila realizaci jen při použití 129 km optického kabelu. Toto řešení je ale pro daný provoz dosti nevhodné, protože by musely probíhat značné datové toky spojnicí mezi uzly 4 a 5, přičemž při jejím přerušení (např. překopnutí kabelu) by nebylo možné tato data přenášet – zcela by selhala komunikace uzlů 1, 2, 3, 4, 6, 9 s body 5, 7, 8, 10. I kdybychom vyčlenili záložní kapacitu v daném kabelu, nebude při jeho přerušení možno provoz převést po této záloze.

Možností, která se zde dosti nabízí již na první pohled je kruhová topologie sítě. Zde je možno provoz zálohovat díky kruhu (pracovní versus záložní cesta atd.). Její délka je ale při tomto návrhu 183 km – tedy o 54 km delší než u minimálního stromu. Problematické propojení je zde mezi uzly 9 a 10, které má 45,6 km. Pokusem o zkrácení by bylo uzel č. 9 připojit k uzlu č. 2 bez začlenění do celkového kruhu, protože přes něj nejde příliš veliký provoz. Touto možností by se ale příliš délka kabelu nezkrátila (úspora cca 10 km) a pro bod 9 bychom neměli kruhovou zálohu. Na druhou stranu by se ale u uzlu 9 dalo použít levnější zařízení (stačí obsloužit 11x E1). Je dobré si zde ale uvědomit reálnou vzdálenost, která mezi body je. Zjištěná vzdálenost podél silnic je podél českých silnic – v kratším propojení brání státní hranice. Díky našemu členství v EU by však bylo optimální dohodnout s našimi německými sousedy možnost vést část trasy optického kabelu přes jejich území. Pokud by se podařilo spojení přes „Bad Elster“, vzdálenost by se tím zkrátila minimálně cca o 5 km.

Protože máme použít co nejkratší trasu a kruh je doporučovaná a užívaná topologie u sítí SDH, zvolíme ho pro další návrh. V praxi by ale s nejvyšší pravděpodobností byla vybrána topologie „kruhová síť s víceuzlovým propojením“ dle obr. 2c), pro jejíž použití by však bylo nutné vystavět propojení uzlů 4 a 5, což znamená 13,1 km kabelu navíc – tedy celkem 196,1 km. Jedná se o dva kruhy „propojené ve dvou bodech“ – je zde možnost vícenásobných záloh, různé možnosti „přelévání“ provozu dle aktuální potřeby a také odlehčení některým uzlům (Můžeme nakonfigurovat, aby datový tok šel „zkratkou“ a ne např. velké toky přes uzel č. 3 apod.). Vytvořil by se tedy virtuální okruh mezi danými body a užila by se funkce „vyděl a pokračuj“, což by právě umožnilo větvení cest signálu mezi pracovní a ochrannou propojku subsítí. Tato možnost by byla vhodná, i kdyby se z ekonomických důvodů nepřistoupilo k realizaci propojení uzlů 9 a 10 – alespoň část sítě by byla kruhová a mohla čerpat z jejích výhod.

4. VRSTVA SEKCI

Jednotlivé varianty topologie již byly diskutovány výše. Realizaci provedeme uspořádáním do kruhové sítě. Aby byla využita pozitivní vlastnost kruhových sítí – tedy možnost ochrany „po druhé straně kruhu“, je třeba využít ochranu – např. SNCP. Její výhodou oproti MS-SPRing je, že ji podporuje většina zařízení. MS-SPRing je sice výhodnější řešení z hlediska konfigurace (pro celou kruhovou síť se ochrana aktivuje jedním krokem – ne jako u SNCP, kdy je třeba aktivovat pro každou sekci) a celkové kapacity (jen pro „kruhový“ provoz na vrstvě okruhů). Všechna zařízení ji ale jak bylo zmíněno nemusí podporovat a je k němu pro zálohu 1+1 třeba dvojnásobný počet vláken a dvojnásobný počet karet v zařízeních (případně vydělení kapacity – to bych ale viz. níže bylo třeba nepoužít STM-4, ale STM-16, což by přineslo další náklady).

Žádná ze vzdáleností není nad 60 km, a tak není třeba následně uvažovat v opakovací sekci (RS) opakovače, a tak bude stejná jako multiplexní sekce (MS).

Nejprve je nutno spočítat, jaké celkově toky budou zvolenou kruhovou sítí procházet. Tab. 1 již ukazuje, s jakým celkovým provozem bude třeba v síti pracovat. Po součtu vychází 181 okruhů VC-12 (počítáme provoz v jednotkách VC-12). Získáme tedy následující řád STM vydělením počtem VC-12 pro STM-1 (63):

$$N = \frac{208}{63} = 3,302 \Rightarrow N = 4 \text{ ???}$$

Rezerva, která počítá s navýšením provozu v síti by měla být okolo 30%. Ověříme nyní, jakou rezervu máme pro tuto síť. Provoz, na který síť nyní počítáme je:

$$P = 100 \cdot \frac{3,302}{4} = 82,5\%$$

Tím pádem rezerva vychází cca 18 %. Protože ale užití vyššího řádu STM (STM-16) by znamenalo nutnost užití dražších konkrétních zařízení AMU-16, přikloníme se k tomuto řešení – tedy STM-4. Pro STM-16 by totiž provoz byl jen 20,6 %. To je velmi málo, i kdybychom použili zálohování MS-SPRing, tak by vytížení bylo jen cca 41 %, s rezervou na nárůst provozu celkem 71%. Pro to abychom si mohli dovolit takovou rezervu – 59 % při užití MS-SPRing by musely být pádné důvody a průzkum trhu by musel naznačovat např. že se v dané lokalitě bude výrazně zvyšovat provoz (stavba industriální zóny, pobočka mezinárodní telekomunikační firmy apod.).

Toto rozhodnutí je klíčové z hlediska návrhu celé sítě. Doporučil bych následující postup. Protože ze začátku bude síť vyžadovat velké vstupní investice, postavil bych ji jako STM-4 kruhovou síť se zálohou SNCP. Pokud bude projekt úspěšný, tak v budoucnu pravděpodobně dojde k nárůstu provozu. Do jisté míry nárůstu provozu ale nebude třeba měnit zařízení a přecházet na STM-16. V tomto případě totiž stačí upravit topologii sítě – přidat propojku mezi uzly 4 a 5 a vytvořit mezi nimi virtuální okruh, jak již bylo popisováno. Maximální investice tedy bude do úpravy dvou AMU (např. dokoupení karty, výměna za AMU-16 s tím, že zůstanou AMU-4 jako „subsítě“ apod.) a ne v podstatě výměny deseti.

Do páteře je obsazených $2 \cdot 21 + 6 = 48$ VC-12 v dané STM-16. Rezerva i pro STM-1 by zde tedy byla cca 24%.

I když na vrstvě sekcí neuvažujeme konkrétní geografické podmínky a měřítko vzdáleností, obr. 3 je pro názornost zakreslen podobně (co se týká umístění jednotlivých prvků) jako předchozí obrázek návrhu topologie. Čáry černě jsou STM-4.

W – West, E – East, označení LP... odpovídá Univerzálnímu muldexu AMU od Alcatel-Lucent – konkrétněji viz. níže. Úspory lze dosáhnout např. s Muldex WaveStar ADM 4/1. Zvolená kapacitní varianta je pro všechny muldexy (kromě 1):

2x STM-4

Pro uzel 1 je kvůli nutnosti propojit ho navíc do páteře zvoleno:

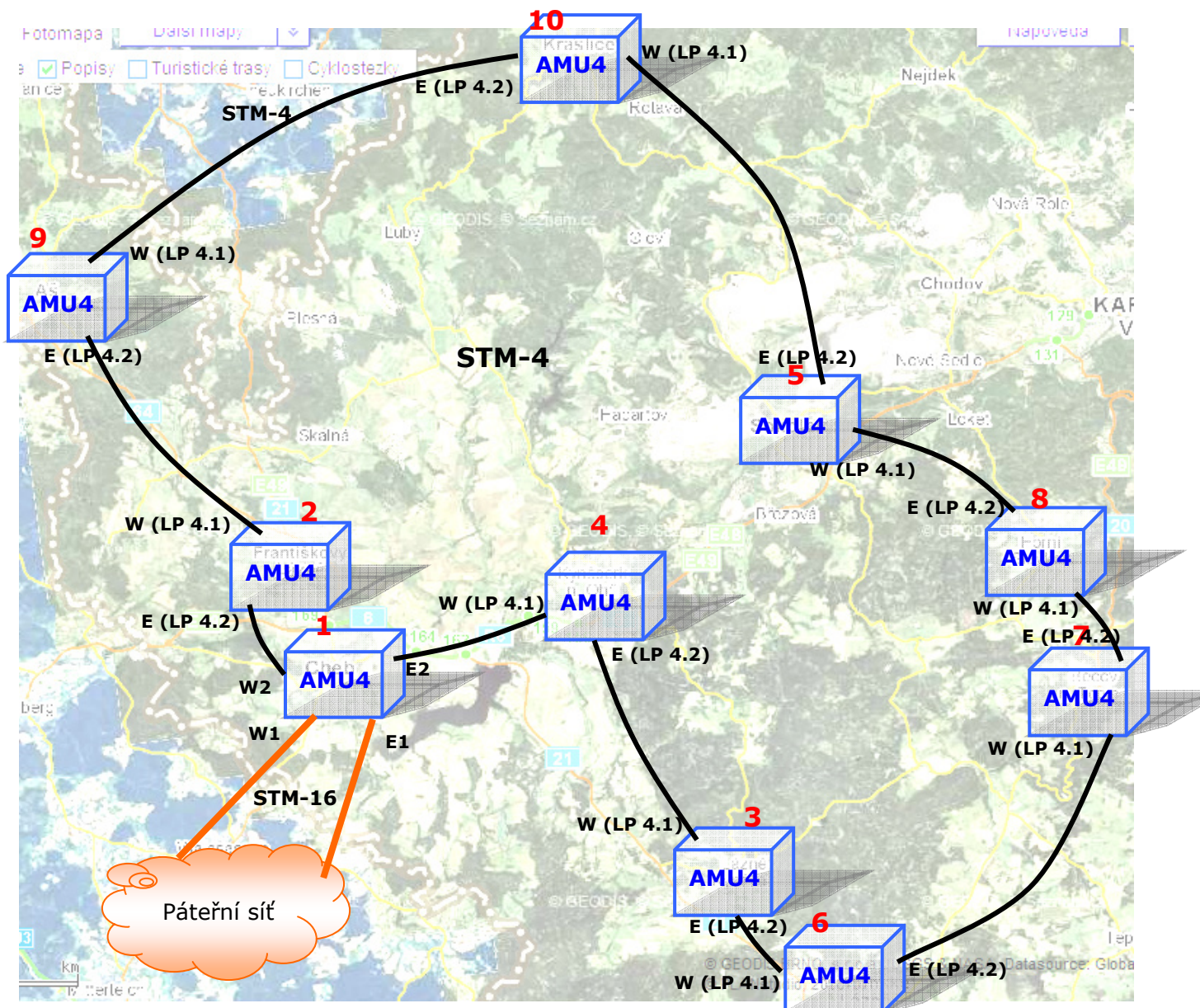
2x STM-4 + 2x STM-16 (zde vzniká rezerva pro přístup k páteři)

Jinak mají ty muldexy, kde je to třeba také Ethernet kartu. Další podrobnosti jsou v další kapitole, kde je návrh, jaké součásti by šlo užít.

Reálně je pro jedno obousměrné propojení využito dvou optických vláken.

Jednotlivá zařízení by v případě reálného výběru vyžadovala mnohem větší specifikaci – je třeba vybrat kolik bude slotů na zásuvné karty, jakou kapacitu bude mít spojovací pole muldexu apod. To vše závisí na konkrétním vybraném zařízení včetně očíslování jeho portů apod. Nejlepší zařízení s možností další co největší možnosti rozšíření je třeba volit pro uzly 4, 5 a 1 z důvodů již výše zmiňovaných. Je dobré volit zařízení modulární koncepce a to tak, aby umožňovala snadný přechod na STM-16 pokud to bude nutné. Tedy aby bylo možno dokoupit jen přídatné karty STM-16.

Konkrétní použitá konfigurace zařízení co se týká příspěvkových portů – tedy použité karty apod. (to, co je nad 2x STM-4) je zobrazena v tabulce pod obrázkem. Zakreslením do obrázku by se totiž výrazně zahustil a možnost vyčtení konkrétních dat by byla snížena. 100M (10M) značí požadované rychlosti Ethernetu. Požadavky na provoz ukazují, jaký provoz by měl daným uzlem viděn jen jako průchozí – jde pouze o naznačení, kudy půjde pracovní cesta a není ani celé vyplněno. Užití této tabulky je i v následující kapitole. Komponenty jsou voleny podle „Data sheet“ pro Alcatel-Lucent 1655 AMU.



Obr. 3 Návrh sítě na vrstvě multiplexní sekce

Uzel	Požadavky na vydělení	Požadavky na průchod	Zařízení - použitá koncepce Alcatel-Lucent 1655 AMU - zvolené součásti pro vydělení
1	18xE1; 10M; 2xE3	5x E1; 4x E3	STM-16; Combo: 4-port 10/100BASE-T + 32-port E1; 2-port E3
2	20xE1; 100M	1xE3	EPL and 32x combo card: 4-port 10/100BASE-T + 32-port E1
3	16xE1; 10M		EPL and 32x combo card: 4-port 10/100BASE-T + 32-port E1
4	5x E1; 2x 100M		4-port 10/100BASE-T Ethernet Card
5	11x E1; 2x 10M; 1xE3	2x E3	EPL and 32x combo: 4-port 10/100BASE-T + 32-p.E1; 2-port E3
6	3x E1; 1xE3		combo card: 3-port E3 + 4-port E1
7	9x E1; 10M		EPL and 32x combo card: 4-port 10/100BASE-T + 32-port E1
8	5x E1; 2x 10M; 1x E3		EPL and 32x combo: 4-port 10/100BASE-T + 32-p.E1; 2-port E3
9	6x E1; 10M		EPL and 32x combo card: 4-port 10/100BASE-T + 32-port E1
10	7x E1; 100M; 1x E3		EPL and 32x combo: 4-port 10/100BASE-T + 32-p.E1; 2-port E3

5. PROPOJENÍ TOKŮ V SÍTI

V dané síti je třeba nyní vytvořit konkrétní propojení virtuálních kontejnerů v jednotlivých uzlech. Zařízení se pro některé chová jako průchozí – tzn. jen transportuje daný tok k dalšímu uzlu, anebo vyděluje daný tok na své příspěvkové porty (odtud již může být napojen Ethernet apod.). Propojení jednotlivých okruhů je na vypsání dosti pracné, a proto uvedeme příklad jen u dvou uzlů. Jedním z nich je uzel č. 1, který je významný tím, že připojuje síť do páteřní sítě.

Čísla u karet jsou volena dle jejich pořadí v tabulce, začněme osazovat kartami např. vždy od č. 6 – konkrétní uspořádání a očíslování karet se nepodařilo ze stránek výrobce získat. U karty kombo jsou uvažovány první čtyři porty jako Ethernet a dalších 32 pro E1. Jednotlivá čísla Time Slotu (TS) se označují v souladu s multiplexním schématem (AU4.TUG3-TUG2-TU12). Pro STM-4 tedy platí rozsah 1.111 až 4.373.

V praxi se muldexy chovají tak, že všechny „nevydělené“ časové polohy East - West se při inicializaci propojí jako průchozí. V tabulkách pak není třeba rozepisovat časové polohy průchozích spojení.

Obousměrné propojení pro ADM uzel: 1 (P...ochrana SNCP)

Line West		Line East		Typ	Trasa	ukončení karta/port
STM-4 ...W2	P	STM-4 ...E2	P	VC		
1.111		1.111		VC-12	5-8	průchozí
1.112		1.112		VC-12	5-8	průchozí
1.113		1.113		VC-12	5-8	průchozí
1.121		1.121		VC-12	5-8	průchozí
1.122		1.122		VC-12	5-8	průchozí
1.123		1.123		VC-12	5-9	průchozí
1.131		1.131		VC-12	5-9	průchozí
1.132		1.132		VC-12	5-9	průchozí
1.133		1.133		VC-12	5-9	průchozí
1.141		1.141		VC-12	5-9	průchozí
1.142		1.142		VC-12	5-9	průchozí
1.143		1.143		VC-12	5-9	průchozí
1.151		1.151		VC-12	5-9	průchozí
1.152		1.152		VC-12	5-9	průchozí
1.153		1.153		VC-12	5-9	průchozí
1.161		1.161		VC-12	5-9	průchozí
1.162		1.162		VC-12	1-3	Combo: 6/1 (10M Eth.)
1.163		1.163		VC-12	1-3	Combo: 6/1 (10M Eth.)
1.171		1.171		VC-12	1-3	Combo: 6/1 (10M Eth.)
1.172		1.172		VC-12	1-3	Combo: 6/1 (10M Eth.)
1.173		1.173		VC-12	1-3	Combo: 6/1 (10M Eth.)
1.200		1.200		VC-3	4-10	průchozí
1.300		1.300		VC-3	4-10	průchozí
2.100	P	2.100		VC-3	5-páteř	STM-16 East1/1-3-0-0
2,211		2,211	P	VC-12	1-2	Combo: 6/5 (E1)
2,212		2,212	P	VC-12	1-2	Combo: 6/6 (E1)
2,213		2,213	P	VC-12	1-2	Combo: 6/7 (E1)
2,221		2,221	P	VC-12	1-2	Combo: 6/8 (E1)
2,222		2,222	P	VC-12	1-2	Combo: 6/9 (E1)
2,223		2,223	P	VC-12	1-2	Combo: 6/10 (E1)

2,231		2,231	P	VC-12	1-2	Combo: 6/11 (E1)
2,232		2,232	P	VC-12	1-2	Combo: 6/12 (E1)
2,233	P	2,233		VC-12	1-3	Combo: 6/13 (E1)
2,241	P	2,241		VC-12	1-3	Combo: 6/14 (E1)
2,242	P	2,242		VC-12	1-3	Combo: 6/15 (E1)
2,243	P	2,243		VC-12	1-3	Combo: 6/16 (E1)
2,251	P	2,251		VC-12	3-páteř	STM-16 East1/1-1-1-1
2,252	P	2,252		VC-12	3-páteř	STM-16 East1/1-1-1-2
2,253	P	2,253		VC-12	3-páteř	STM-16 East1/1-1-1-3
2,261	P	2,261		VC-12	3-páteř	STM-16 East1/1-1-2-1
2,262	P	2,262		VC-12	3-páteř	STM-16 East1/1-1-2-2
2,263	P	2,263		VC-12	3-páteř	STM-16 East1/1-1-2-3
2,271		2,271		VC-12	6-7	průchozí
2,272		2,272		VC-12	6-7	průchozí
2,273		2,273		VC-12	6-7	průchozí
2.300		2.300	P	VC-3	1-10	E3 ... 7/1
3.100		3.100		VC-3	2-4	průchozí
3.200		3.200		VC-3	2-4	průchozí
3.300		3.300		VC-3	6-8	průchozí
4.111		4.111		VC-12	2-8	průchozí
4.112		4.112		VC-12	2-8	průchozí
4.113		4.113		VC-12	2-8	průchozí
4.121		4.121		VC-12	2-8	průchozí
4.122		4.122		VC-12	2-8	průchozí
4.123		4.123		VC-12	3-7	průchozí
4.131		4.131		VC-12	3-7	průchozí
4.132		4.132		VC-12	3-7	průchozí
4.133		4.133		VC-12	3-7	průchozí
4.141		4.141		VC-12	3-7	průchozí
4.142		4.142		VC-12	3-7	průchozí
4.143		4.143		VC-12	7-8	průchozí
4.151		4.151		VC-12	7-8	průchozí
4.152		4.152		VC-12	7-8	průchozí
4.153		4.153		VC-12	7-8	průchozí
4.161		4.161		VC-12	7-8	průchozí
4.162		4.162		VC-12	2-10	průchozí
4.163		4.163		VC-12	2-10	průchozí
4.171		4.171		VC-12	2-10	průchozí
4.172		4.172		VC-12	2-10	průchozí
4.173		4.173		VC-12	2-10	průchozí
4.211		4.211		VC-12	2-10	průchozí
4.212		4.212		VC-12	2-10	průchozí

tab. 5a) Návrh propojení toků v síti pro uzel č. 1

Obousměrné (případně jednosměrné) propojení pro uzel: 1 (P...ochrana SNCP, pokud není použita, sloupec E odpadá)

Odkud	Kam	Typ	Trasa/označení	Kam – ochrana (P)
Fyzický port/TS	Fyzický port/TS	VC	I-J/okruh X	Fyzický port/TS
STM-16 ... East1/				
1.111	STM-4 east2/2.251	VC-12	3-páteř	STM-4 west2/2.251
1.112	STM-4 east2/2.252	VC-12	3-páteř	STM-4 west2/2.252
1.113	STM-4 east2/2.253	VC-12	3-páteř	STM-4 west2/2.253
1.121	STM-4 east2/2.261	VC-12	3-páteř	STM-4 west2/2.261
1.122	STM-4 east2/2.262	VC-12	3-páteř	STM-4 west2/2.262
1.123	STM-4 east2/2.263	VC-12	3-páteř	STM-4 west2/2.263
1.131		VC-12		
1.132		VC-12		
1.133		VC-12		
1.141		VC-12		
1.142		VC-12		
1.143		VC-12		
1.151		VC-12		
1.152		VC-12		
1.153		VC-12		
1.161		VC-12		
1.162		VC-12		
1.163		VC-12		
1.171		VC-12		
1.172		VC-12		
1.173		VC-12		
1.200	E3 ...7/2	VC-3	1-páteř	
1.300	STM-4 east2/2.100	VC-3	5-páteř	STM-4 west2/2.100

tab. 5b) Propojení toků do páteře

Obousměrné propojení pro ADM uzel: 5 (P...ochrana SNCP)

Line West		Line East		Typ	Trasa	ukončení karta/port
STM-4 ...1	P	STM-4 ...2	P	VC		
1.111		1.111	P	VC-12	5-8	Combo: 6/1 (10M Eth.)
1.112		1.112	P	VC-12	5-8	Combo: 6/1 (10M Eth.)
1.113		1.113	P	VC-12	5-8	Combo: 6/1 (10M Eth.)
1.121		1.121	P	VC-12	5-8	Combo: 6/1 (10M Eth.)
1.122		1.122	P	VC-12	5-8	Combo: 6/1 (10M Eth.)
1.123	P	1.123		VC-12	5-9	Combo: 6/2 (10M Eth.)
1.131	P	1.131		VC-12	5-9	Combo: 6/2 (10M Eth.)
1.132	P	1.132		VC-12	5-9	Combo: 6/2 (10M Eth.)
1.133	P	1.133		VC-12	5-9	Combo: 6/2 (10M Eth.)
1.141	P	1.141		VC-12	5-9	Combo: 6/2 (10M Eth.)
1.142	P	1.142		VC-12	5-9	Combo: 6/5 (E1)
1.143	P	1.143		VC-12	5-9	Combo: 6/6 (E1)
1.151	P	1.151		VC-12	5-9	Combo: 6/7 (E1)
1.152	P	1.152		VC-12	5-9	Combo: 6/8 (E1)

1.153	P	1.153		VC-12	5-9	Combo: 6/9 (E1)
1.161	P	1.161		VC-12	5-9	Combo: 6/10 (E1)
1.162		1.162		VC-12	1-3	průchozí
1.163		1.163		VC-12	1-3	průchozí
1.171		1.171		VC-12	1-3	průchozí
1.172		1.172		VC-12	1-3	průchozí
1.173		1.173		VC-12	1-3	průchozí
1.200		1.200		VC-3	4-10	průchozí
1.300		1.300		VC-3	4-10	průchozí
2.100		2.100	P	VC-3	5-páteř	E3 ... 7/1
2,211		2,211		VC-12	1-2	průchozí
2,212		2,212		VC-12	1-2	průchozí
2,213		2,213		VC-12	1-2	průchozí
2,221		2,221		VC-12	1-2	průchozí
2,222		2,222		VC-12	1-2	průchozí
2,223		2,223		VC-12	1-2	průchozí
2,231		2,231		VC-12	1-2	průchozí
2,232		2,232		VC-12	1-2	průchozí
2,233		2,233		VC-12	1-3	průchozí
2,241		2,241		VC-12	1-3	průchozí
2,242		2,242		VC-12	1-3	průchozí
2,243		2,243		VC-12	1-3	průchozí
2,251		2,251		VC-12	3-páteř	průchozí
2,252		2,252		VC-12	3-páteř	průchozí
2,253		2,253		VC-12	3-páteř	průchozí
2,261		2,261		VC-12	3-páteř	průchozí
2,262		2,262		VC-12	3-páteř	průchozí
2,263		2,263		VC-12	3-páteř	průchozí
2,271		2,271		VC-12	6-7	průchozí
2,272		2,272		VC-12	6-7	průchozí
2,273		2,273		VC-12	6-7	průchozí
2.300		2.300		VC-3		průchozí
3.100		3.100		VC-3	2-4	průchozí
3.200		3.200		VC-3	2-4	průchozí
3.300		3.300		VC-3	6-8	průchozí
4.111		4.111		VC-12	2-8	průchozí
4.112		4.112		VC-12	2-8	průchozí
4.113		4.113		VC-12	2-8	průchozí
4.121		4.121		VC-12	2-8	průchozí
4.122		4.122		VC-12	2-8	průchozí
4.123		4.123		VC-12	3-7	průchozí
4.131		4.131		VC-12	3-7	průchozí
4.132		4.132		VC-12	3-7	průchozí
4.133		4.133		VC-12	3-7	průchozí
4.141		4.141		VC-12	3-7	průchozí
4.142		4.142		VC-12	3-7	průchozí
4.143		4.143		VC-12	7-8	průchozí
4.151		4.151		VC-12	7-8	průchozí
4.152		4.152		VC-12	7-8	průchozí
4.153		4.153		VC-12	7-8	průchozí
4.161		4.161		VC-12	7-8	průchozí
4.162		4.162		VC-12	2-10	průchozí
4.163		4.163		VC-12	2-10	průchozí
4.171		4.171		VC-12	2-10	průchozí

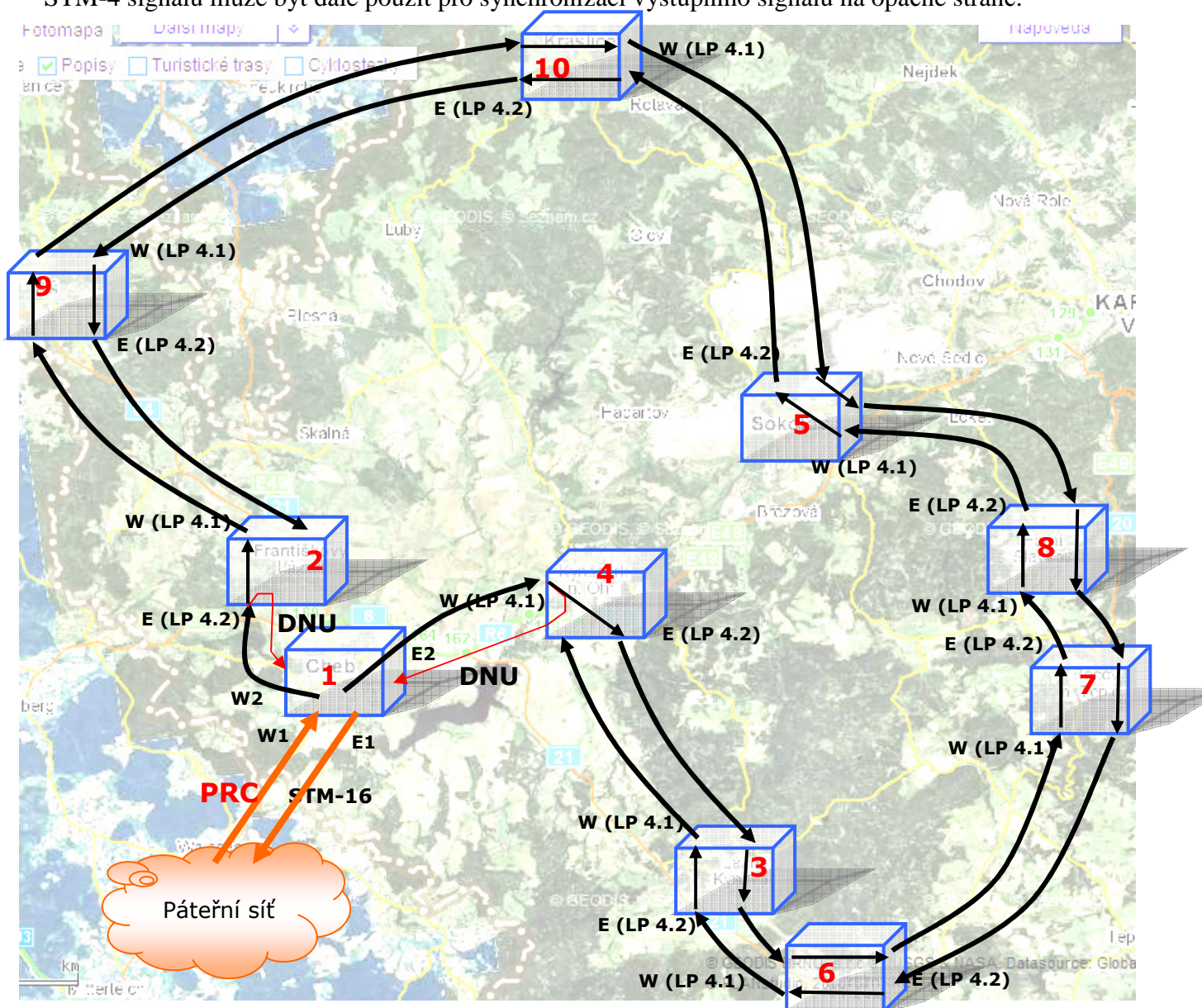
4.172		4.172		VC-12	2-10	průchozí
4.173		4.173		VC-12	2-10	průchozí
4.211		4.211		VC-12	2-10	průchozí
4.212		4.212		VC-12	2-10	průchozí

tab. 5c) Návrh propojení toků v síti pro uzel č. 5

6. SYNCHRONIZAČNÍ PLÁN

Jako zdroj PRC (*Primary Reference Clock*) je zde zvoleno jeho získání z páteřní sítě. Pro větší počet síťových prvků by toto řešení již mohlo činit problémy a museli bychom investovat do vlastních generátorů. Pro naši v podstatě malou síť to však nečiní problém.

Z hlediska zálohování synchronizačních cest je výhodnější obousměrná synchronizace a s ní docela jednoduché řešení vlastní synchronizace prvku – takt odvozený z jedné strany příchozího STM-4 signálu může být dále použit pro synchronizaci výstupního signálu na opačné straně.



Obr. 4 Návrh synchronizačního plánu

7. PRIORITY PRO SYNCHRONIZACI

To, že jsme v předchozím bodu vytvořili synchronizační plán, samo o sobě nestačí. Je třeba ještě v každém uzlu určit priority taktů, které na uzel přicházejí a také jejich kvalitu, čímž se pak následně řídí, zda bude uzel synchronizován z West, East, případně po určitou dobu z vlastního oscilátoru atd.

Varianta 2 - Multiple SETG **uzel 1**
Min. Q...4

	cíle		West2	East2	West1	East1	T4	T0
	zdroje		STM-4...W2	STM-4...E2	STM-16...W1	STM-16...E1	externí	
T1	STM-16...W1	West1	P1	P2	P2	P1		P1
	STM-16...E1	East1	P2	P1	P1	P2		P2
T2								
T3								
T0			P3	P3	P3	P3		X

tab. 6a) Návrh priorit pro synchronizaci zařízení - uzel 1

Kvalita signálu, která je minimálně ještě přijata byla stanovena na v tab. 6a) na 4. To znamená, že prvek akceptuje i taktovací signál pocházející od jiného zařízení SDH. Vycházíme zde z předpokladu, že v páteřní síti by měla být zařízení na dobré úrovni a mohli bychom si to dovolit. Je to pravděpodobně lepší varianta než důvěřovat místnímu oscilátoru, což je bráno jako až poslední možnost.

Pro prioritu P1 platí, že se jedná o hlavní cestu taktu. Priorita P2 je záložní.

Varianta 2 - Multiple SETG **uzel 5**
Min. Q...

	cíle		West	East	T4	T0
	zdroje		STM-4...1	STM-4...2	externí	
T1	STM-4...1	West	P2	P1		P1
	STM-4...2	East	P1	P2		P2
T2						
T3						
T0			P3	P3		X

tab. 6b) Návrh priorit pro synchronizaci zařízení - uzel 5

8. ZÁVĚR

Vlastní návrh sítě byl velmi zajímavý a praktický. Hlavní myšlenkou je, že neexistuje řešení sítě, které by bylo naprosto optimální. Lze navrhnout síť s vysokou vyhrazenou kapacitou, což je užitečné pro budoucí možné navýšení provozu, ale toto řešení je spojeno s vysokými počátečními náklady. Navíc je zde riziko, že k využití sítě v budoucnu nedojde ať už z důvodů špatného odhadu nebo následných chybných obchodních tahů. Využití může být také omezeno nástupem nějaké nové technologie, která může z naší sítě, o které si nyní myslíme, že má ohromnou kapacitu udělat zastaralý muzeální kousek, nad jehož rychlostmi se každý pousměje.

V tomto projektu bylo postupováno levnější variantou s možností určitého rozšíření v budoucnosti. Tato cesta má však také svá úskalí. Při enormním nárůstu provozu v jiných uzlech než 4 a 5 může být třeba vyměnit zařízení AMU-4, kterých je deset, což může být nepříjemný a zbytečný náklad. Jediné řešení by bylo použít tato AMU-4 pak jako přípojná zařízení např. některého významného zákazníka či hvězdicovité připojení některých dalších bodů v okolí k novým AMU-16.

Určitý problém při tomto trochu „simulovaném“ návrhu bych viděl přístup k podrobným datům o zařízeních. Webové stránky často výrobci nemají stavěny na to, aby si podle nich člověk navrhl síť a pak si zařízení jen objednal. Konkrétní nastavení je zřejmě nutné dělat až na doručeném zařízení v nejlepším případě ve spolupráci s technikem od výrobce, který může upozornit na různé možnosti zařízení a také otestovat, zda zařízení přišlo na místo v pořádku. Jedná se například o čísla umístění karet, číslování u „kombo“ karet apod. Odhad ceny byl kvůli nedostatku informací také jen přibližný – u zařízení modulární koncepce je cena vždy velmi závislá na tom, jaké prvky do zařízení budeme chtít osadit.

Řešení synchronizace a taktování je zásadní otázkou a proto byla zvolena také vhodná metoda – obousměrná distribuce taktu. Je sice trochu složitější na konfiguraci (u jednosměrné distribuce není třeba rozlišovat cíle apod.), ale dává lepší prostředky pro případ, že dojde k poruše (rychlá adaptace atd.).

Mnoho aspektů již bylo rozebíráno v průběhu samotného návrhu a není již třeba je zde znovu opakovat. S jistým odstupem ale lze tvrdit, že tento projekt by bylo možno ještě v mnohém vylepšit. Nelze však očekávat, že první návrh SDH sítě bude patřit k těm nejlepším, co člověk udělá. Vylepšení bych viděl v tom, udělat opravdu kruhovou síť s víceuzlovým propojením. To by bylo schůdné, jen pokud by bylo možné, případně velmi jednoduché danou propojku uzlů 4 a 5 vystavět, anebo by byl rozpočet celého projektu již tak veliký, že by tato třináctikilometrová cesta již neměla příliš vliv na celkovou cenu vystavění sítě. Vznikly by pak vlastně dvě kruhové sítě, přičemž virtuální kruh mezi 4 a 5 by bylo dobré dimenzovat na daný provoz – odhaduji, že zde by již bylo dobré užít STM-16, což ale na druhou stranu opět prodražuje zařízení osazená v uzlech 4 a 5.

Celkově ale projekt hodnotím jako názorné seznámení se s jednotlivými body návrhu sítě a to z různých úhlů pohledu (hlediska ekonomická, technická apod.). Obvyklá námitka mnoha lidí, proč něco takového dělat takto ručně a „hlavou“, když na to přece musí být software, zde příliš neplatí. Alespoň při prezentaci společnosti Vegacom bylo na dotaz ohledně použití nějakého komplexnějšího softwaru při návrhu sítě SDH odpovězeno, že v podstatě je stále nutno se nad koncepcí sítě zamyslet a počítač ji jen tak nevytvoří. Z toho tedy plyne i praktické uplatnění získaných poznatků do budoucí praxe.