



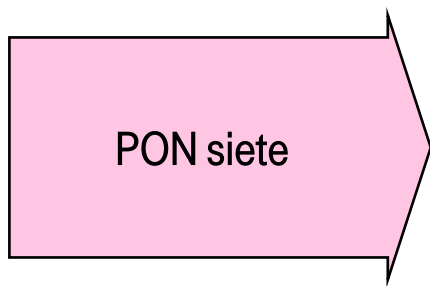
FTTx na Slovensku a aplikácie pasívnych CWDM prvkov

Optické prístupové siete, ich ďalšie možnosti a budúci rozvoj
Spektrálne využitie a možnosti optických vlákien

Zažime to spolu



Obsah

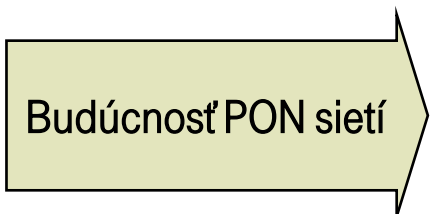


1. Požiadavky na optické prístupovú sieť

2. Dizajn a používané prvky v optickej prístupovej sieti

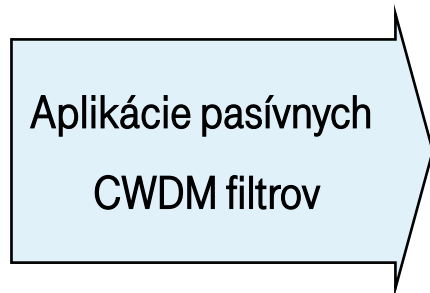


3. Parametre siete prevádzkovej G-PON siete



4. Prehľad technológií pre PON siete

5. WDM-PON / TWDM-PON princíp, migrácia z G-PON



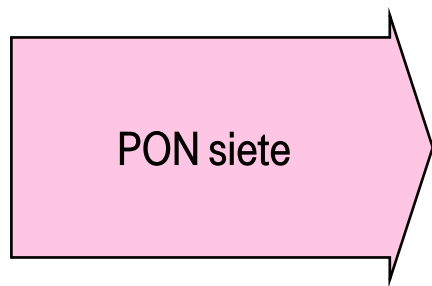
6. CWDM filtre – spektrálne využitie optických vlákien

7. Možné aplikácie a experimentálne overenie

8. Odporúčanie



Obsah



1. Požiadavky na optické prístupovú sieť

2. Dizajn a používané prvky v optickej prístupovej sieti



3. Parametre siete prevádzkovej G-PON siete



4. Prehľad technológií pre PON siete

5. WDM-PON / TWDM-PON princíp, migrácia z G-PON



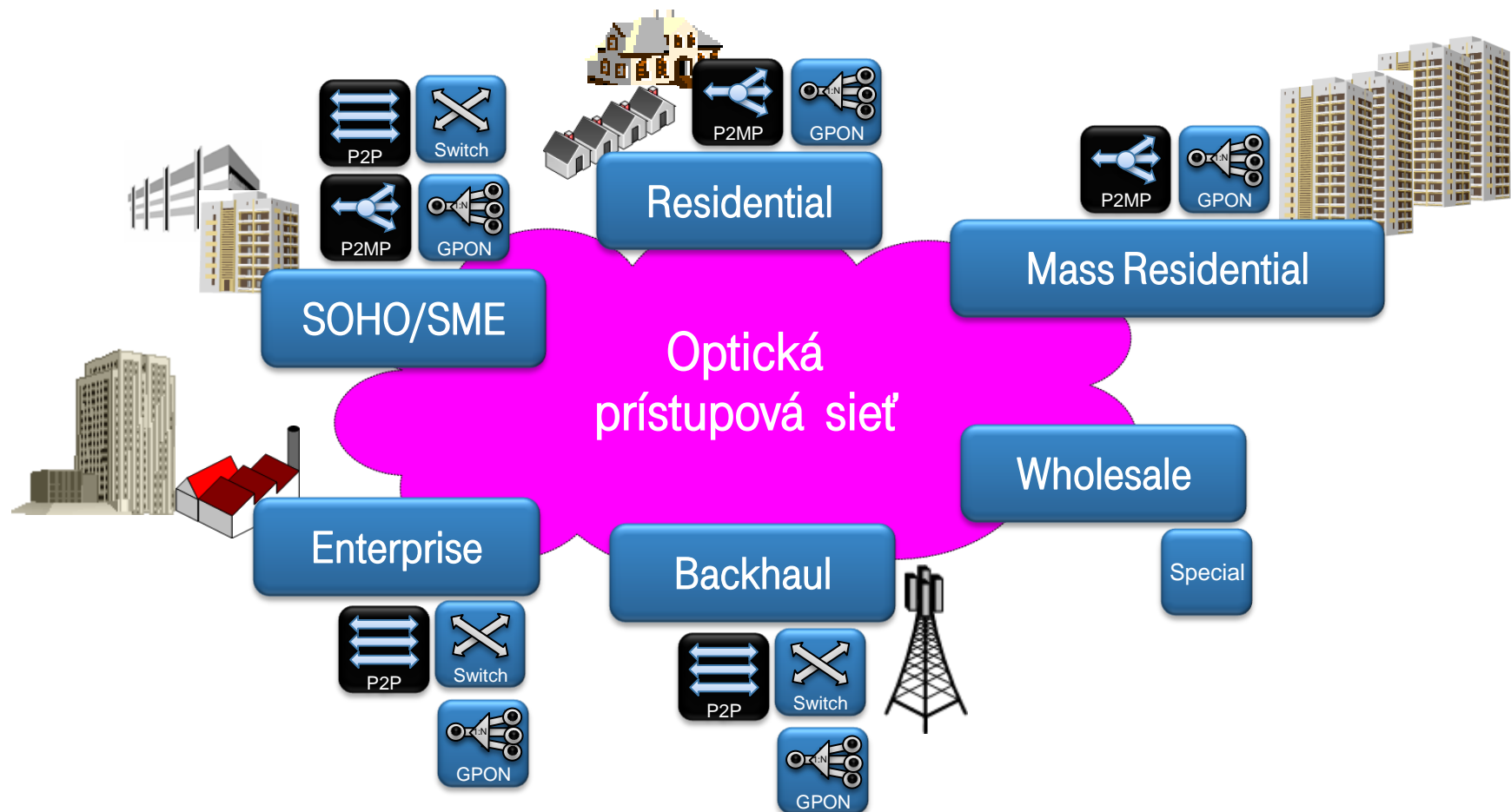
6. CWDM filtre – spektrálne využitie optických vlákien

7. Možné aplikácie a experimentálne overenie

8. Odporúčanie



Požiadavky na optickú prístupovú sieť

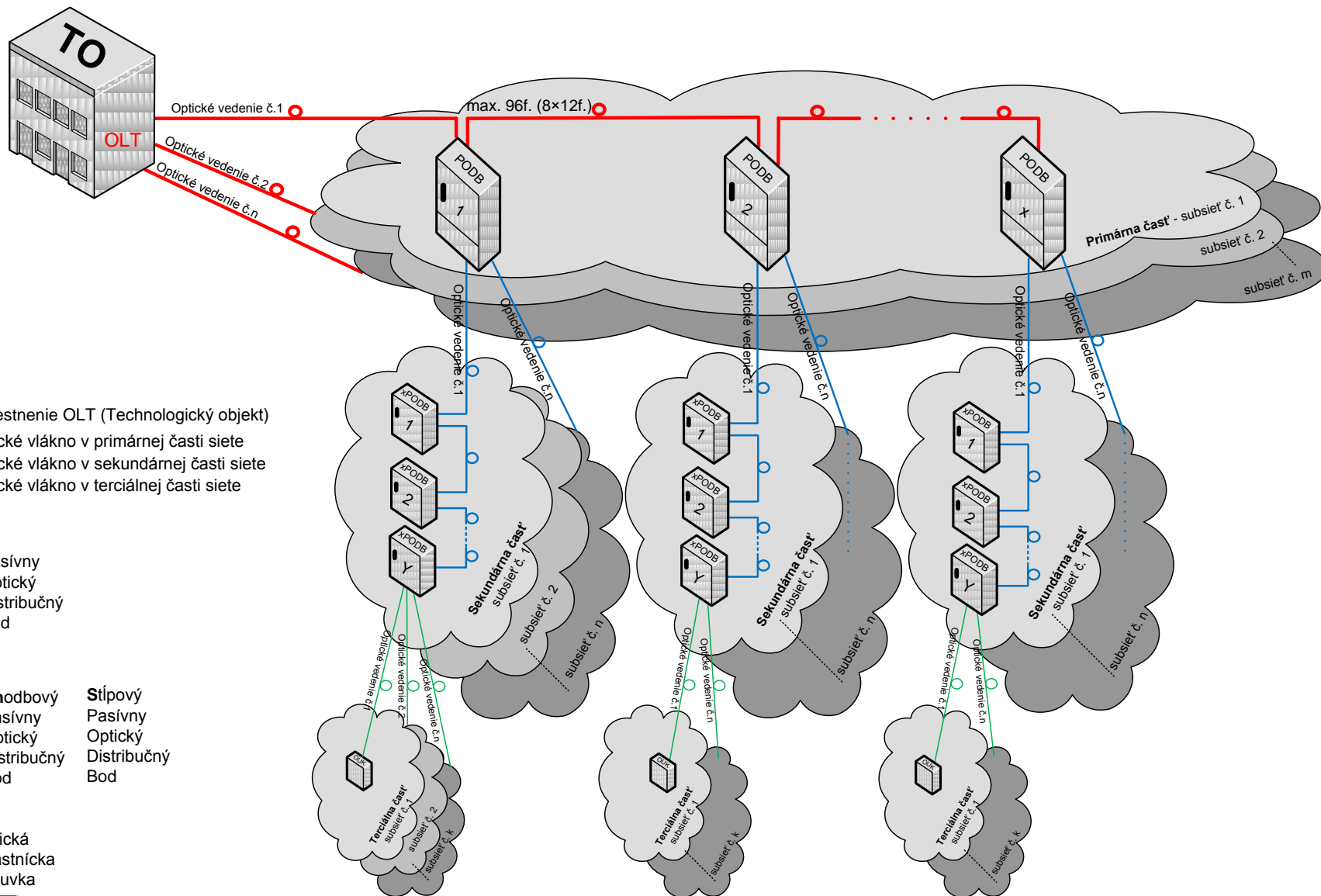


Optická prístupová sieť vyžaduje:

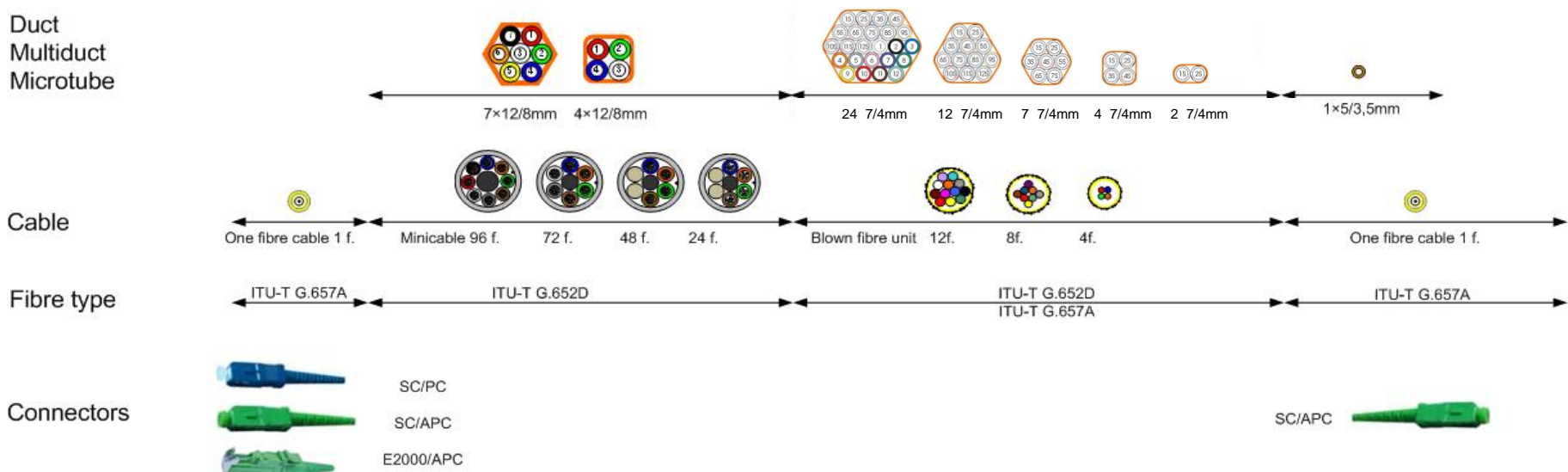
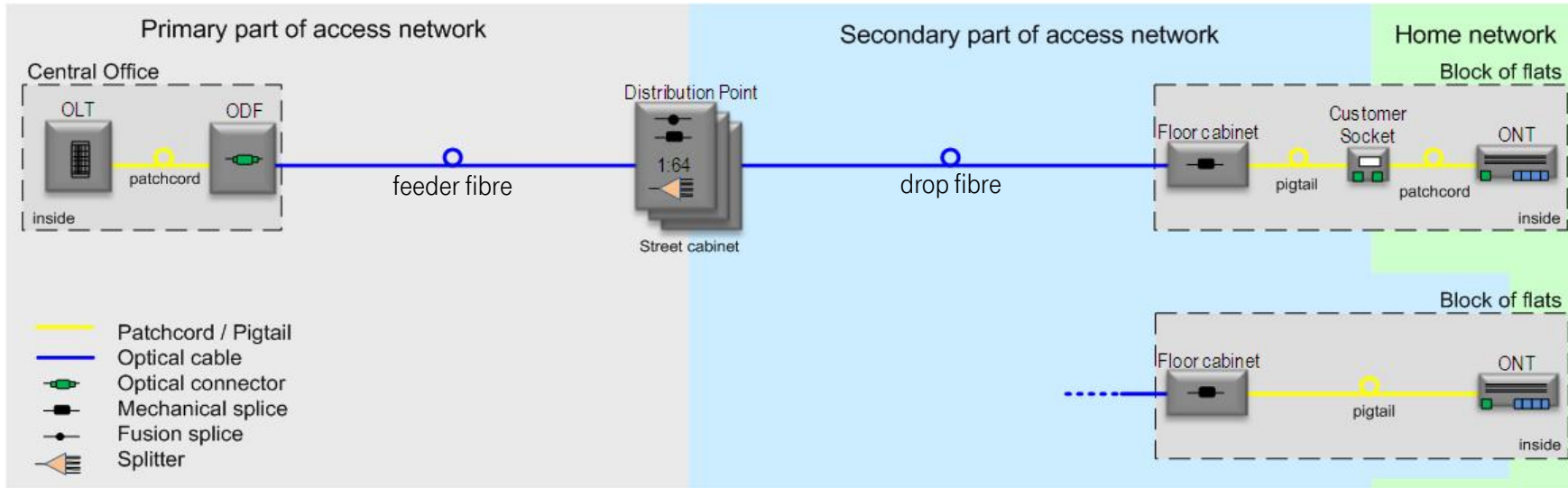
- univerzálnosť pre všetky zákaznícke segmenty
- schopnosť aplikovať všetky dnešné a budúce technológie
- jednoducho rekonfigurovať pre nové požiadavky (ľahko/lacno sieť rozšíriť)
- rýchla lokalizácia porúch a ich odstránenie
- dostupnosť siete pre prevádzkových pracovníkov



Dizajn káblovej časti optickej prístupovej siete - Princíp



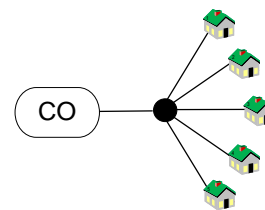
Používané sieťové prvky pre prístupové siete P2P a P2MP



Parametre technológie G-PON v sieti

Štruktúra siete:

Point - to - MultiPoint

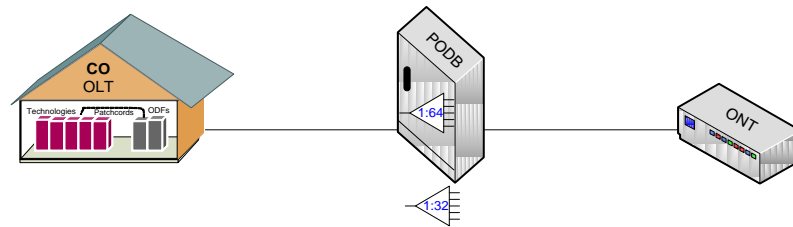


Splitrovací pomer

1:64 (preferred), in same case 1:32 (extend reach)

Počet stupňov splitrovania:

1 (preferred), in same cases used 2 stages for rural area - long drop fibre



Distribučné body:

PODBs are outdoor street cabinets (in some case are located inside)

Technológia:

G-PON according to



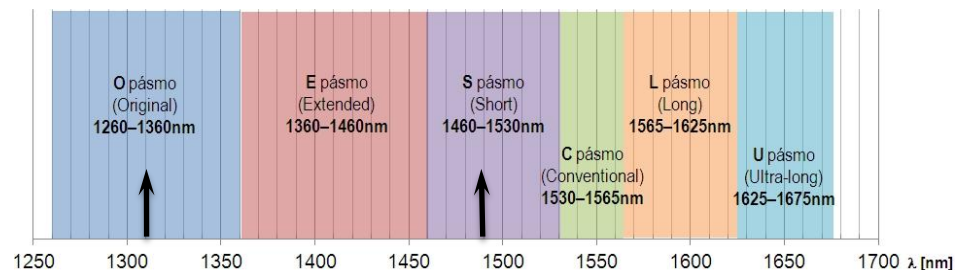
ITU-T G.984

Konfigurácia:

2,5GB/1,25GB (down/up),
1490nm / 1310nm (down/up),
1550nm is not used

Služby:

3PP (video - IPTV, voice, data) + services with added values



Súčasný stav (august 2013) - štatistické parametre siete

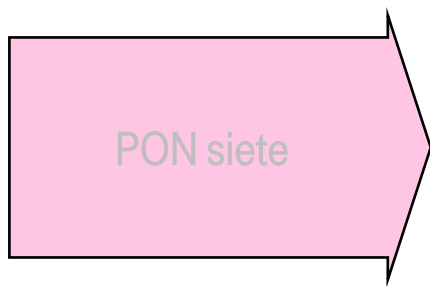
Home passed: 370ths. HHs

Home connected: 61,3ths. HHs

HHs Penetration: ≈16,5%



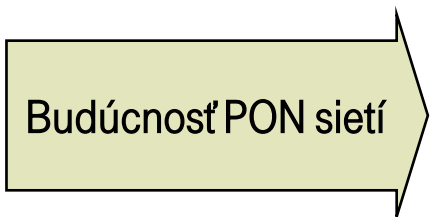
Obsah



1. Požiadavky na optické prístupovú sieť

2. Dizajn a používané prvky v optickej prístupovej sieti ■ ■  Slovak Telekom

3. Parametre siete prevádzkovej G-PON siete ■ ■  Slovak Telekom



4. **Prehľad technológií pre PON siete**

5. **WDM-PON / TWDM-PON princíp, migrácia z G-PON**



6. CWDM filtre – spektrálne využitie optických vlákien

7. Možné aplikácie a experimentálne overenie

8. Odporúčanie



Prehľad technológií PON podľa medzinárodných štandardov

	APON ATM PON	BPON Broadband PON	EPON Ethernet PON	GPON Gigabit PON	XGPON 10-Gigabit PON	NG-PON N×10-Gigabit PON
Štandard/Norma	ITU-T G.983.1	ITU-T G.983.3	IEEE802.3ah	ITU-T G.984	ITU-T G.987	ITU-T G.989
Platnosť od roku	2001	1998	2004	2003	2010	2013
Protokol	ATM	ATM	Ethernet	GEM	XGEM	XGEM
Linková rýchlosť						
Symetrický prenos (downstream/upstream)	155Mb/s / 622Mb/s	155Mb/s / 622Mb/s	1,25Gb/s	1,25Gb/s / 2,5Gb/s	PON2: 10Gb/s	----- N × PON2 kde N = 4, 8, 16
Asymetrický prenos (downstream)	622Mb/s	622Mb/s / 1,25Gb/s	-----	1,25Gb/s / 2,5Gb/s	PON1: 10Gb/s	PON2: 10Gb/s
(upstream)	155Mb/s	155Mb/s		155Mb/s / 622Mb/s / 1,25 Gb/s	2,5Gb/s	2,5Gb/s
Prevádzkové vlnové dĺžky						
Jedno vlákno Downstream Upstream	1480nm – 1580nm 1260nm – 1360nm	1480nm – 1550nm rozšírené 1539nm – 1565nm 1260nm – 1360nm	1490nm 1300nm	1480nm – 1500nm 1260nm – 1360nm	1575nm – 1580nm 1260nm – 1280nm	C + L pásmo 1530nm – 1565nm 1565nm – 1625nm N × λ N × λ
Dve vlákna	1260nm – 1360nm	-----	-----	1260nm – 1360nm	-----	-----
Počet zákazníkov Splitrovací pomer	max. 32	max. 32	max. 16	max. 128	max. 256	max. 512 pre 4λ max. 1024 pre 8λ max. 2048 pre 16λ

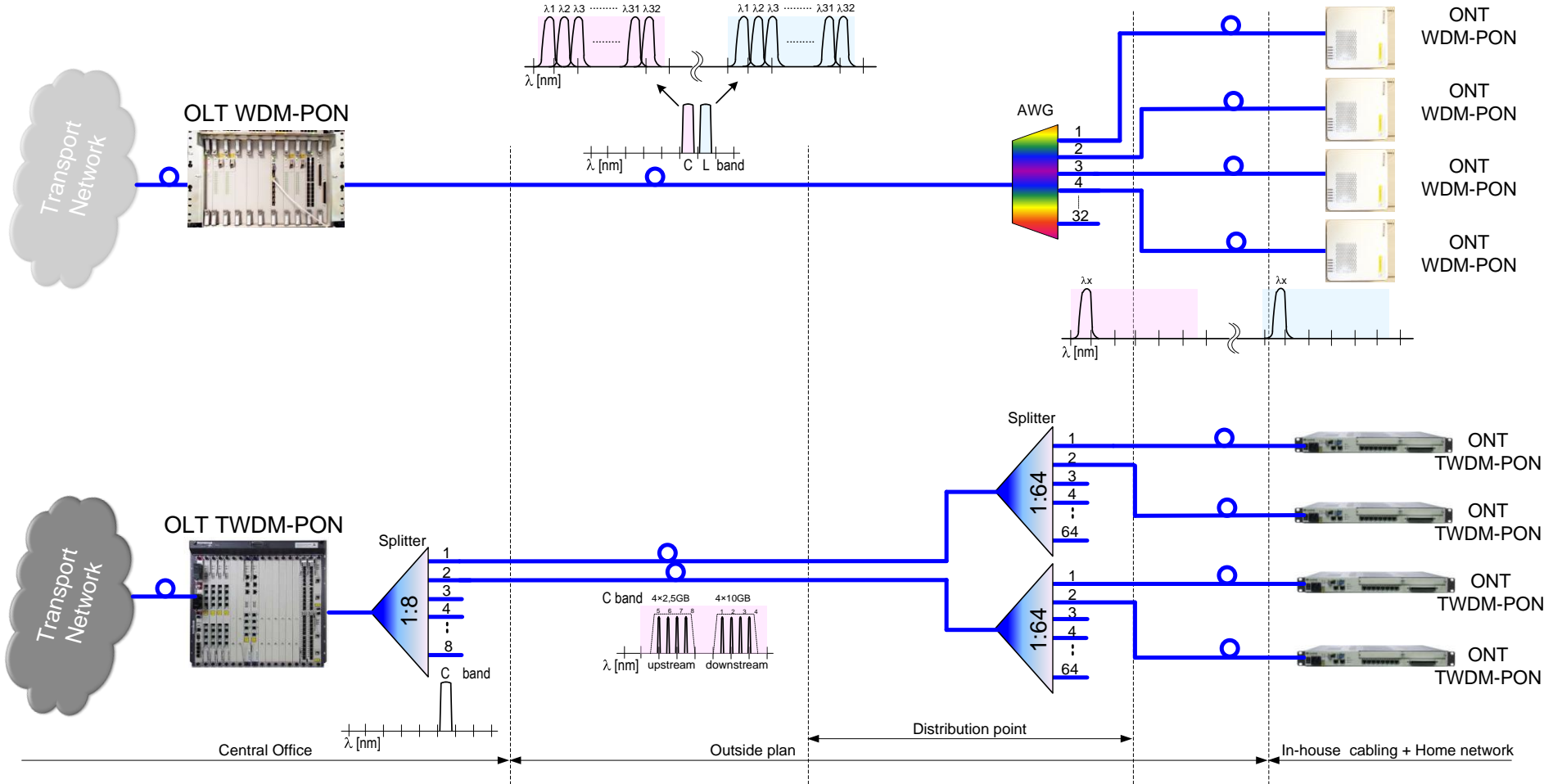


WDM-PON a TWDM-PON - princíp

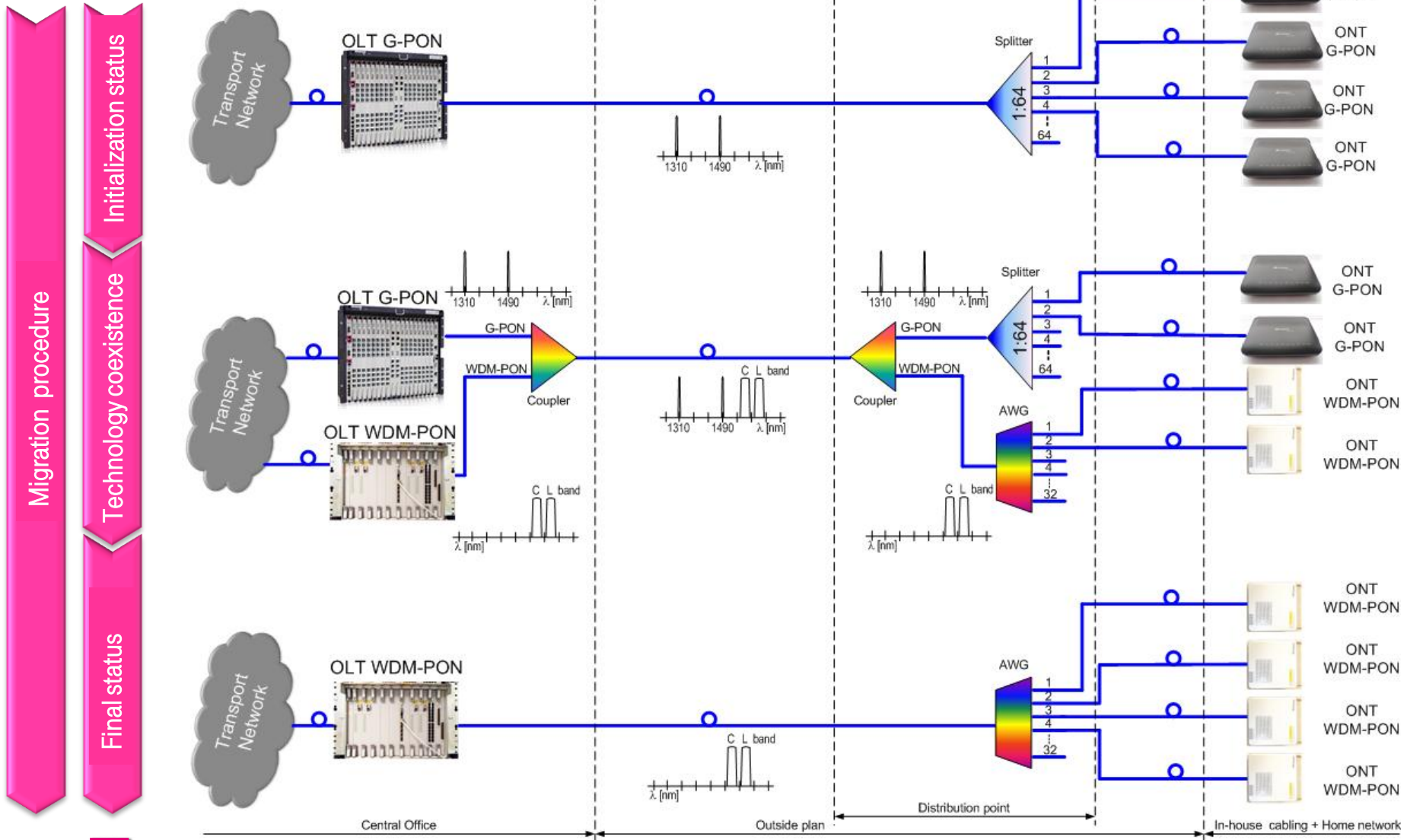
The work leading to these results has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) under grant agreement n° 249025.



Optical Access Seamless Evolution



Migračná procedúra z G-PON do WDM-PON

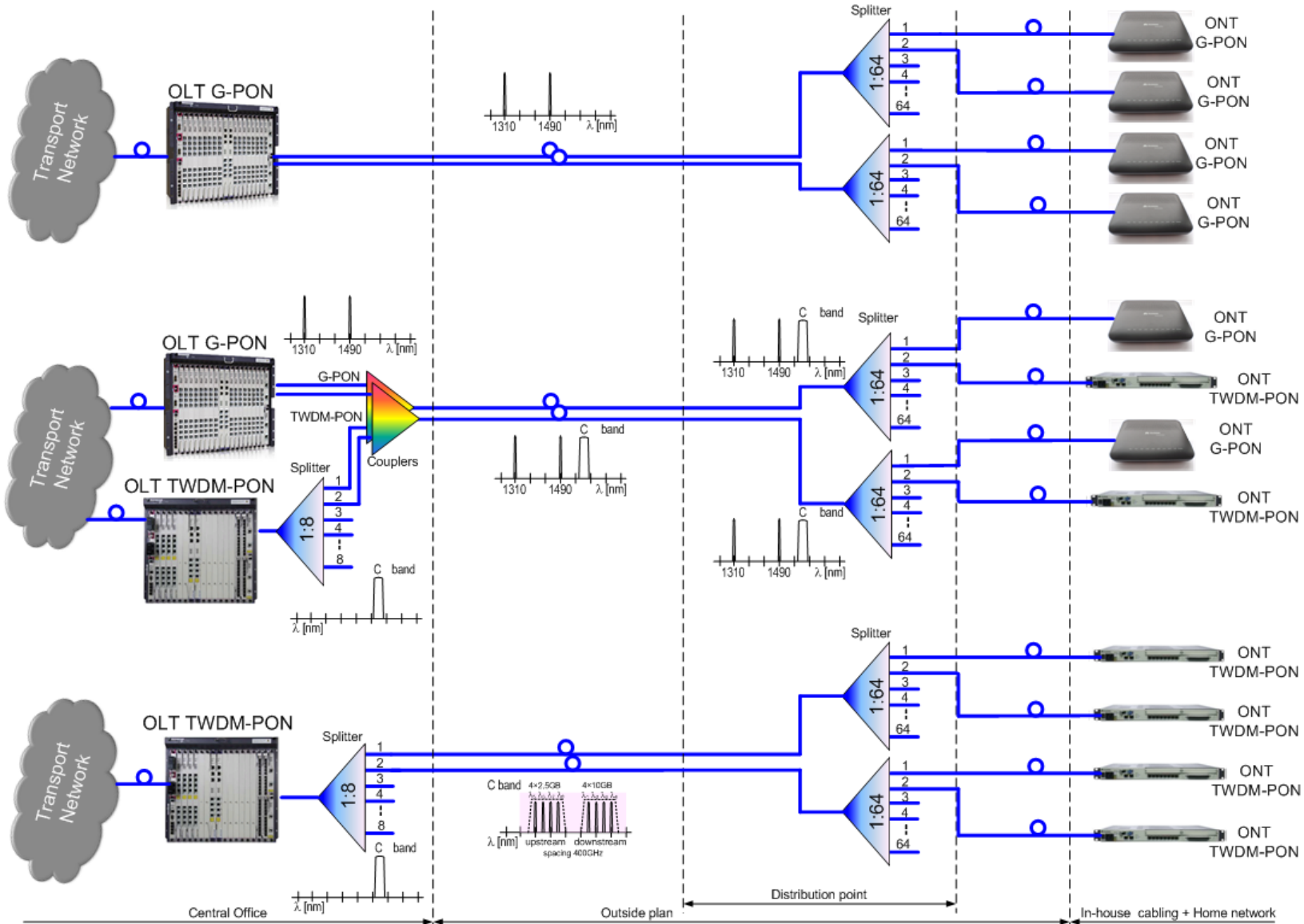


Migračná procedúra z G-PON do TWDM-PON

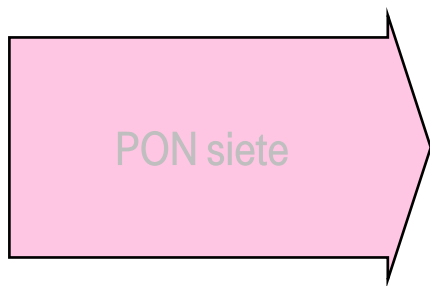
Migration procedure

Technology coexistence

Final status



Obsah

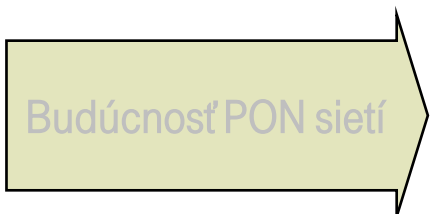


1. Požiadavky na optické prístupovú sieť

2. Dizajn a používané prvky v optickej prístupovej sieti

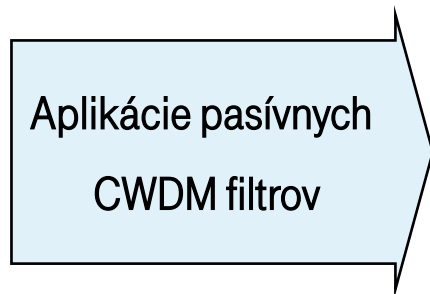


3. Parametre siete prevádzkovej G-PON siete



4. Prehľad technológií pre PON siete

5. WDM-PON / TWDM-PON princíp, migrácia z G-PON



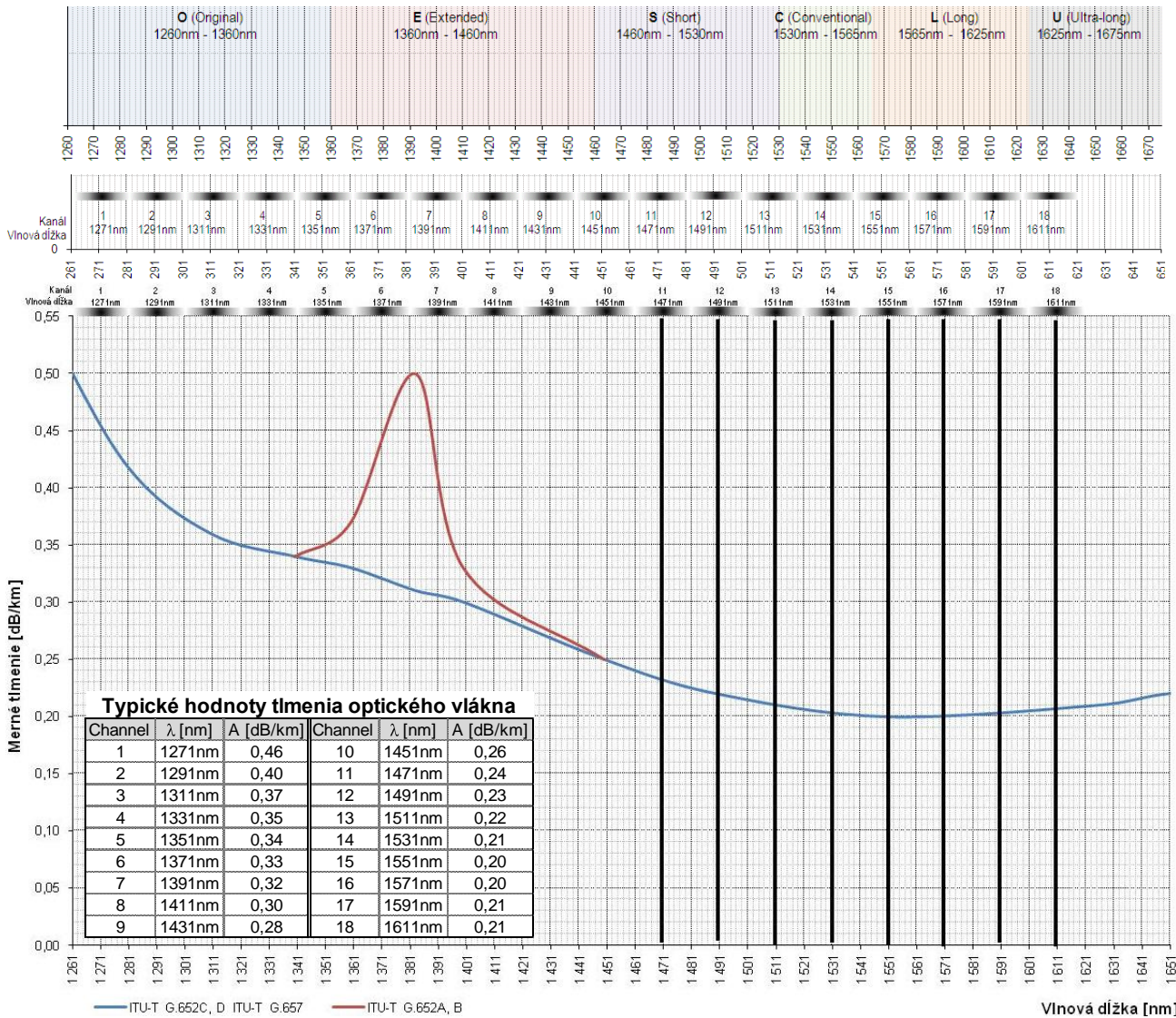
6. **CWDM filtre – spektrálne využitie optických vlákien**

7. **Možné aplikácie a experimentálne overenie**

8. **Odporúčanie**



CWDM filtre – spektrálne využitie optických vlákien



Využitelné je celé štandardizované spektrum 18-tich kanálov CWDM.

Z pohľadu typických hodnôt merného tlmenia optického vlákna v profile optických káblov je najvhodnejšie použiť posledných 8 kanálov ako je znázornené na obrázku.

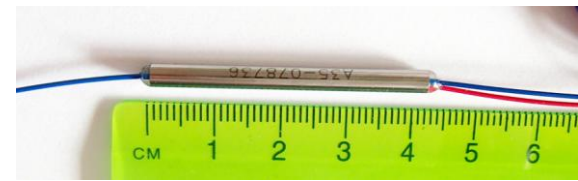
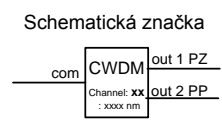
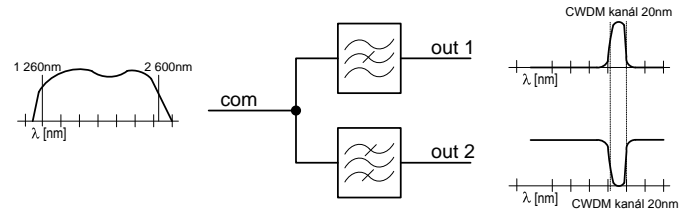
Typické hodnoty merného tlmenia uvedené v tabuľke platia iba pre optické vlákno podľa ITU-T G.652C,D alebo G.657.

CWDM filtre – princíp

CWDM filtre sú pasívne súčiastky (nevyžadujú napájanie) a možno ich vyrábať a aplikovať rôznym spôsobom podľa požiadaviek trhu. Pre lepšie spektrálne využitie optických vlákien a zostavenie použiteľnej siete sú potrebné dva typy filtrov:

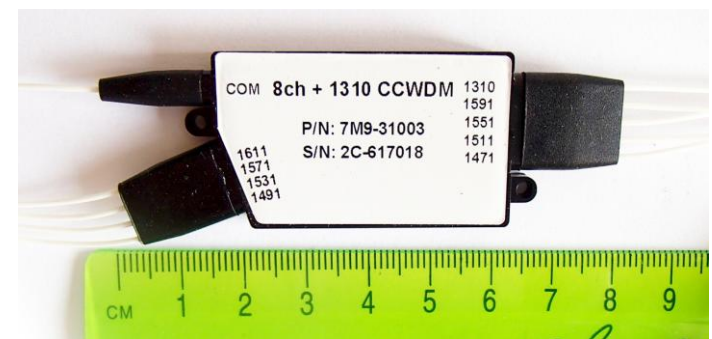
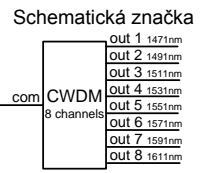
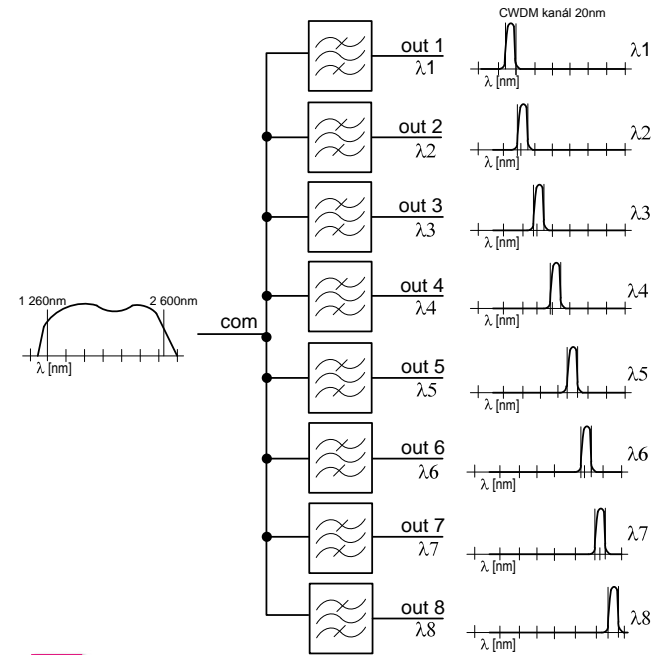
- kanálový (vydeľuje jeden kanál z CWDM spektra) umiestňuje sa na trase

Zjednodušený zobrazenie princípu



Optocon technologies s.r.o.

- centrálny (vydeľuje n×kanálov z CWDM spektra) umiestňuje sa v centrálnom uzle



Optocon technologies s.r.o.



Meranie CWDM filtrov – meracie prístroje a meracia metóda

Meracie prístroje

Širokospektrálny Zdroj Svetla
Horná Priepust
Konektorový Spoj
Vlnovo-selektívny Detektor



optocon technologies



Platforma: P/N: FTB-500-51-OCT
Optical Spectral Analyzer: P/N: FTB-5240S-EA 1 260nm – 1 650nm

P/N: WhiteLaser micro 350nm – 2 600nm

P/N: ATOF výstup 1 1 260nm – 2 600nm

SC/APC

S/N: 10-1368

S/N: 10-1391

S/N: 675579

S/N: 0000669612

λ - **vlnová dĺžka** v meranom rozsahu 1260nm – 1650nm
Spektrálna presnosť meracej zostavy 0,071nm
Hodnotenie výsledkov s krokom 1nm

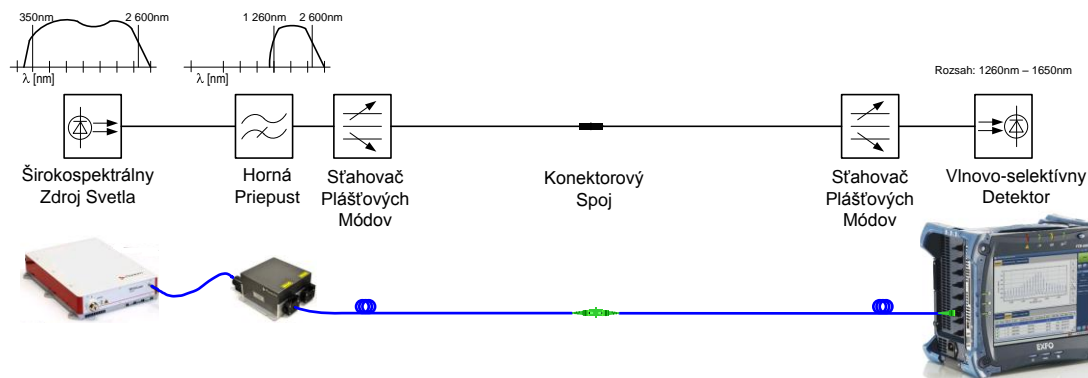
$P_R(\lambda)$ - **referenčný výkon** [dBm]

$P_T(\lambda)$ - **výkon prechádzajúci testovaným prvkom** [dBm]

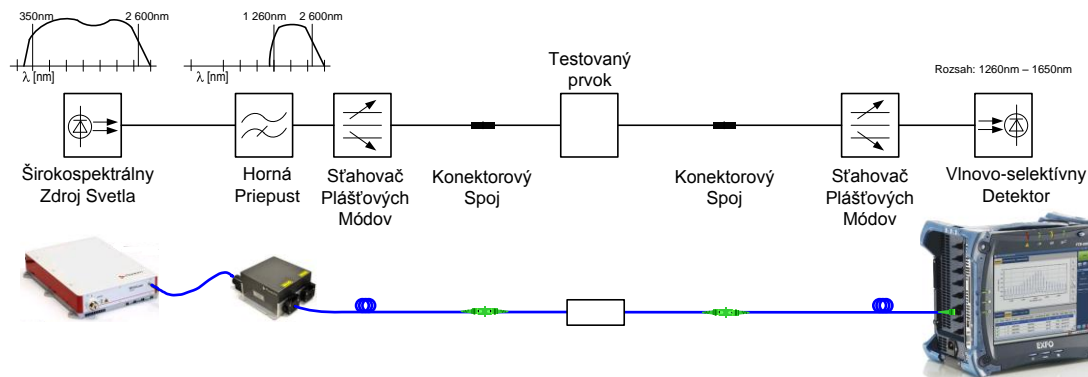
Spektrálnu charakteristiku tlmenia „A“ v dB meraného prvku potom možno vyjadriť nasledovným výpočtom.

$$A(\lambda) = P_R(\lambda) - P_T(\lambda) \quad [\text{dB}]$$

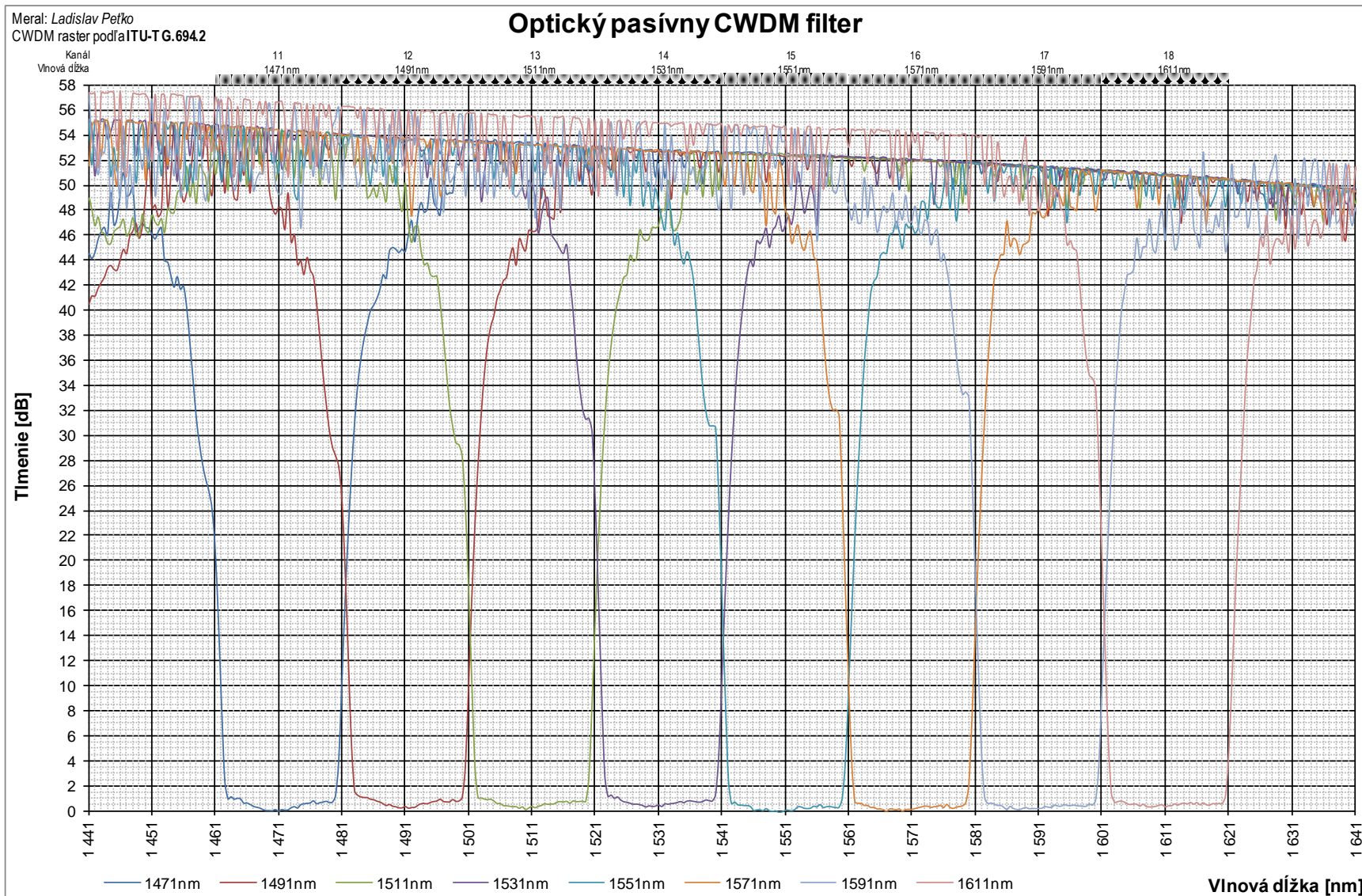
Referenčné meranie



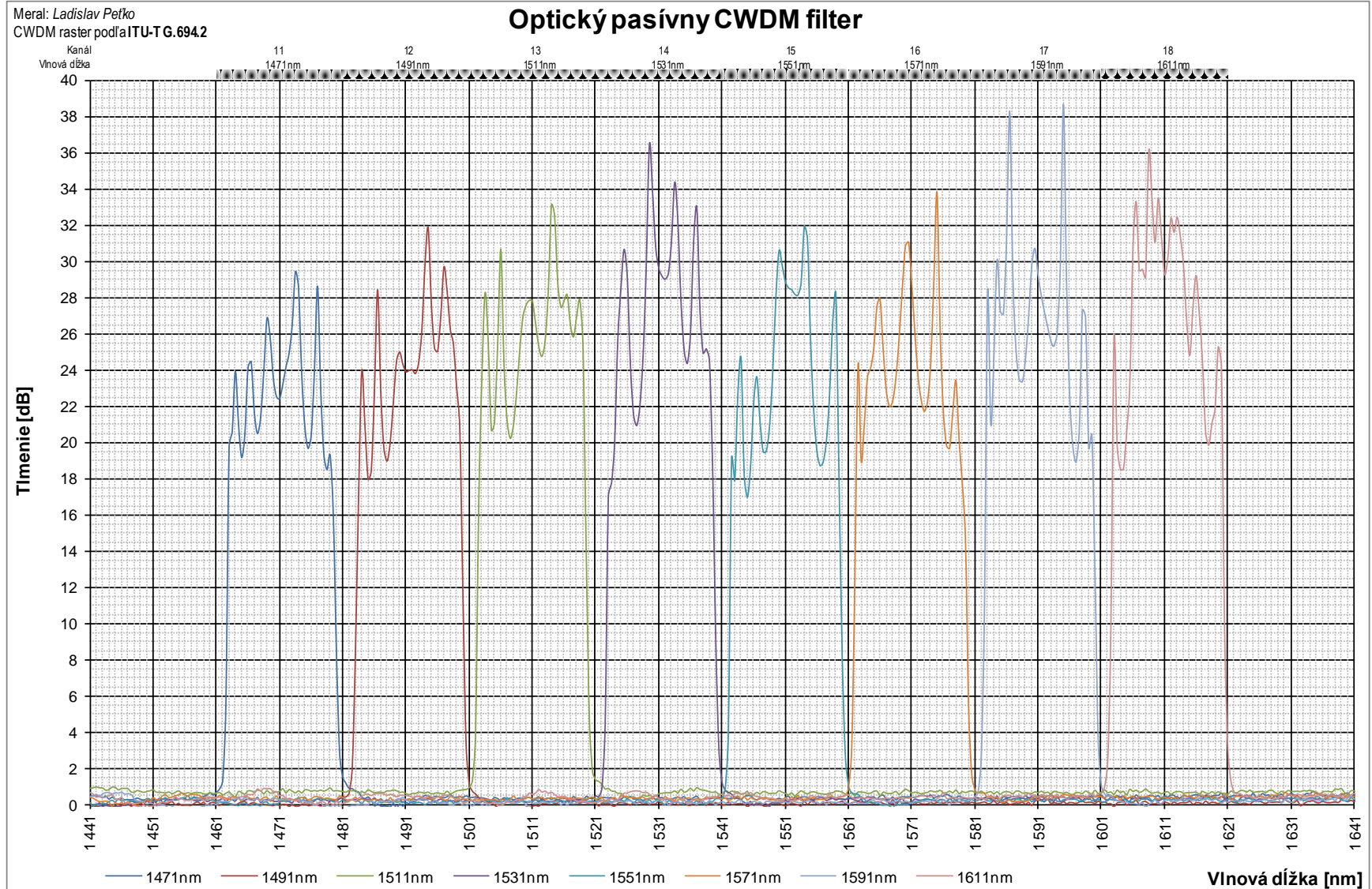
Meranie pasívneho prvku



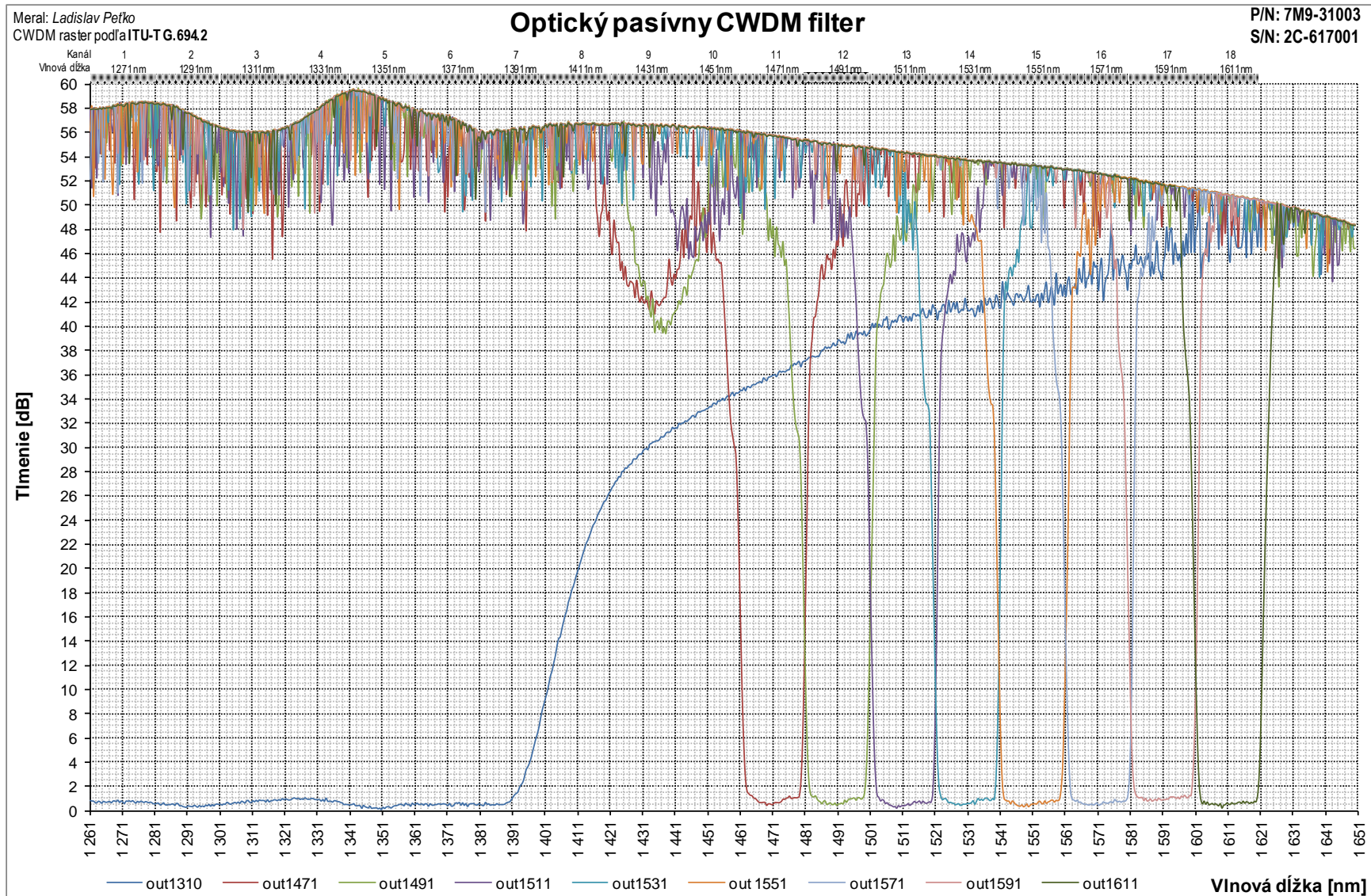
Meranie CWDM filtrov – kanálové filtre (pásmová priepust')



Meranie CWDM filtrov – kanálové filtre (pásmová zádrž)



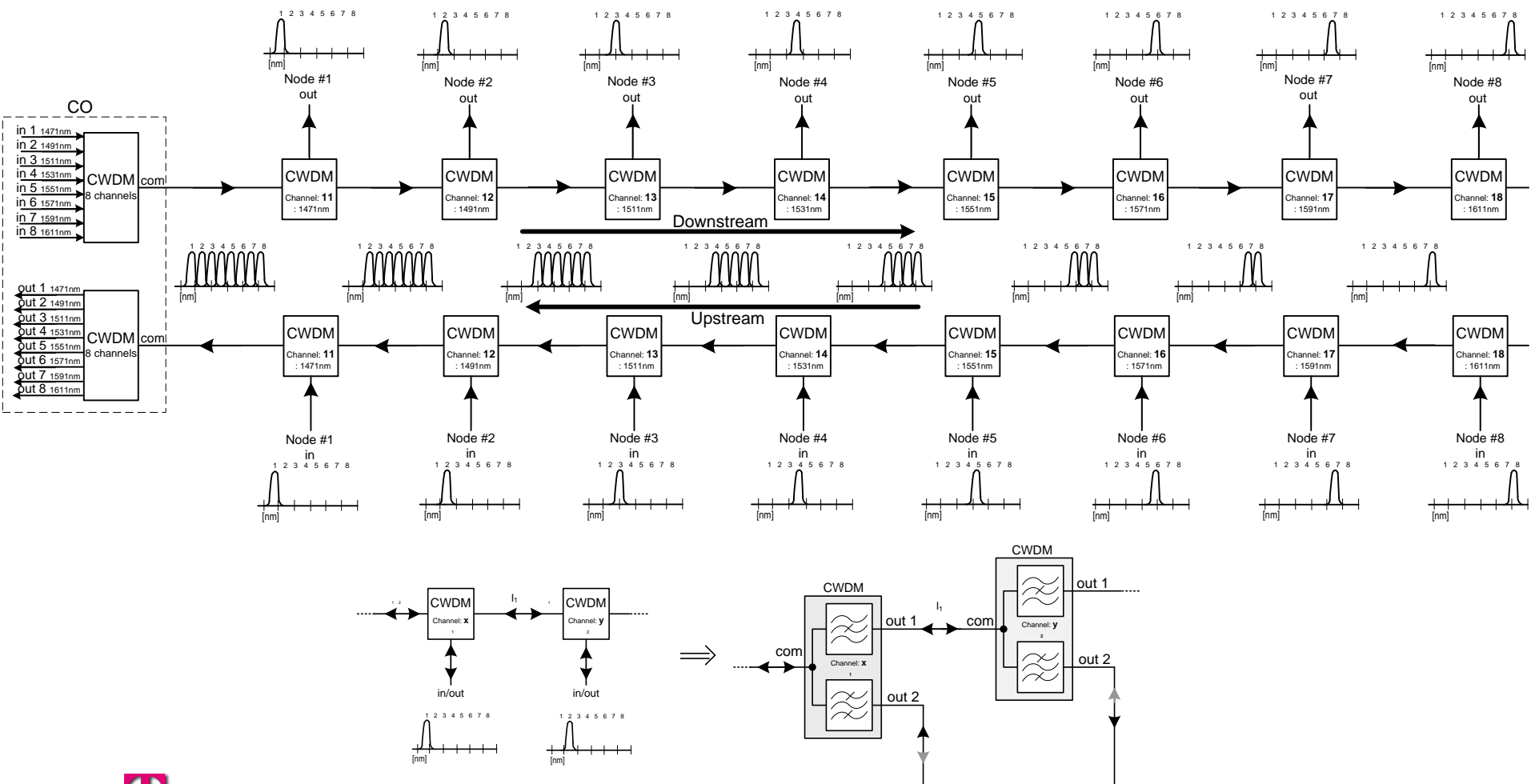
Meranie CWDM filtrov – centrálny filter



CWDM filtre - zapojenie Alternatíva #1

Dvoj-vláknová prevádzka (jedno vlákno je použité pre downstream a jedno pre upstream)

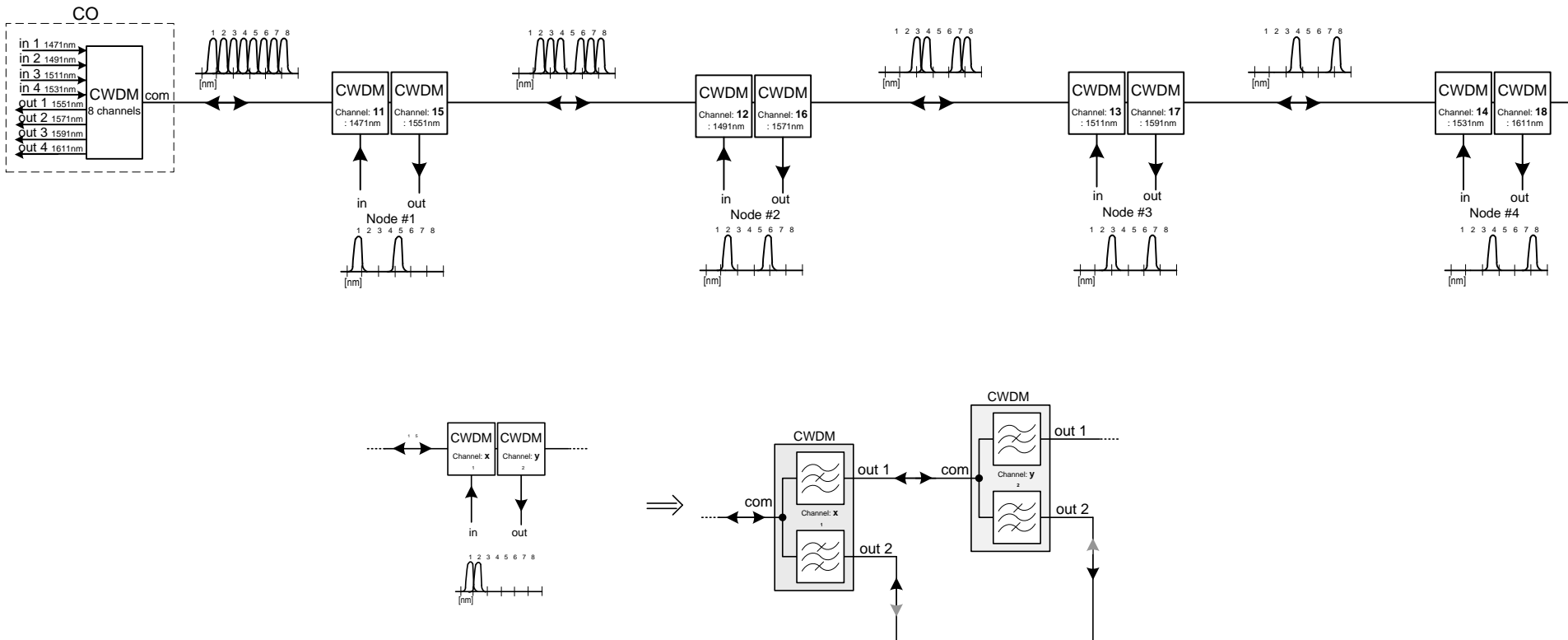
1. vrstva OSI modelu – Fyzická vrstva: **Kaskáda**
2. vrstva OSI modelu – Linková vrstva: **Hviezda**



CWDM filtre - zapojenie Alternatíva #2

Jedno-vláknová prevádzka (jedno vlákno je použité pre downstream a súčasne pre upstream)

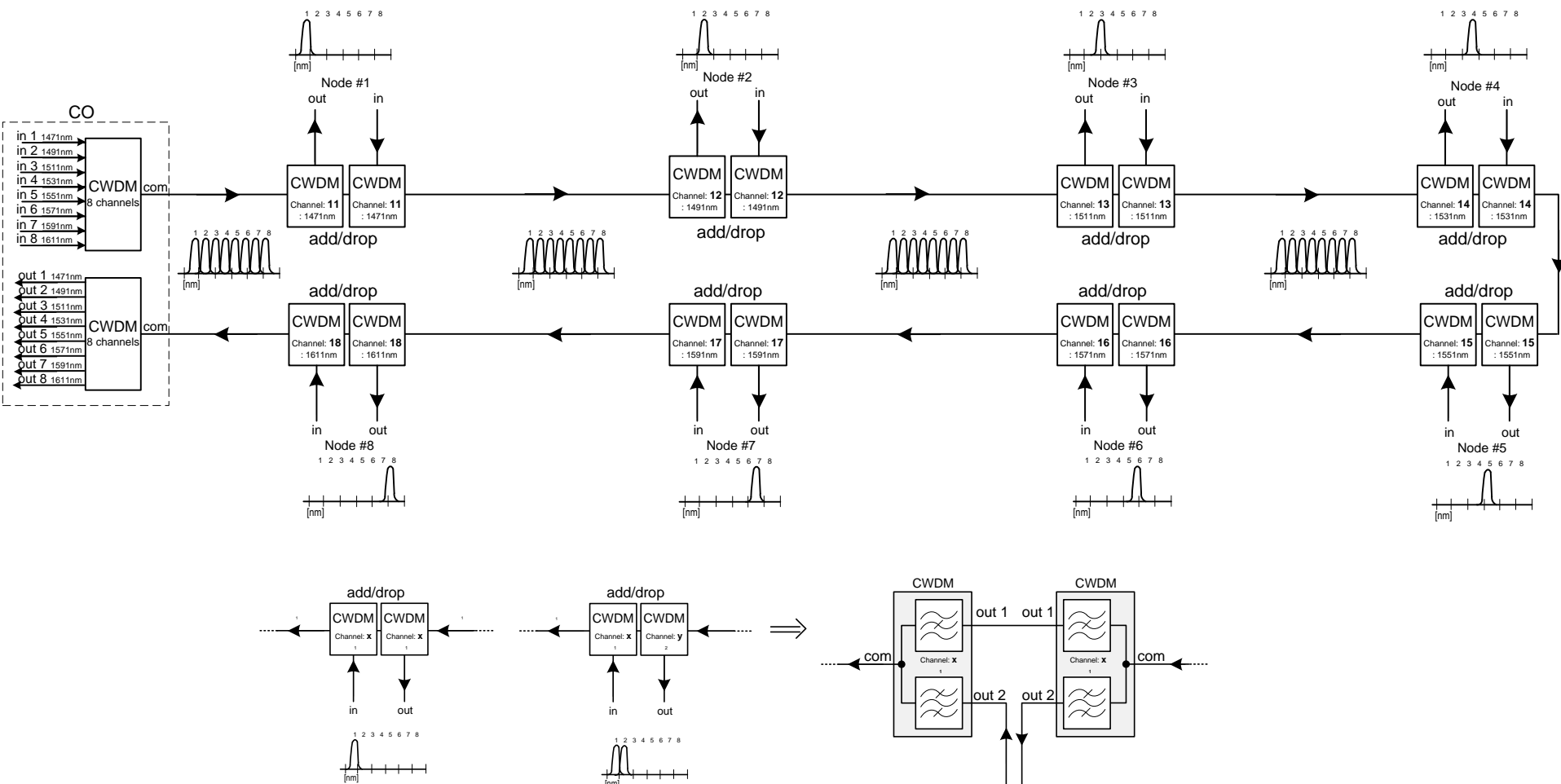
1. vrstva OSI modelu – Fyzická vrstva: **Kaskáda**
2. vrstva OSI modelu – Linková vrstva: **Hviezda**



CWDM filtre - zapojenie Alternatíva #3

Jedno-vláknová prevádzka (jedno vlákno je použité pre downstream a súčasne pre upstream)

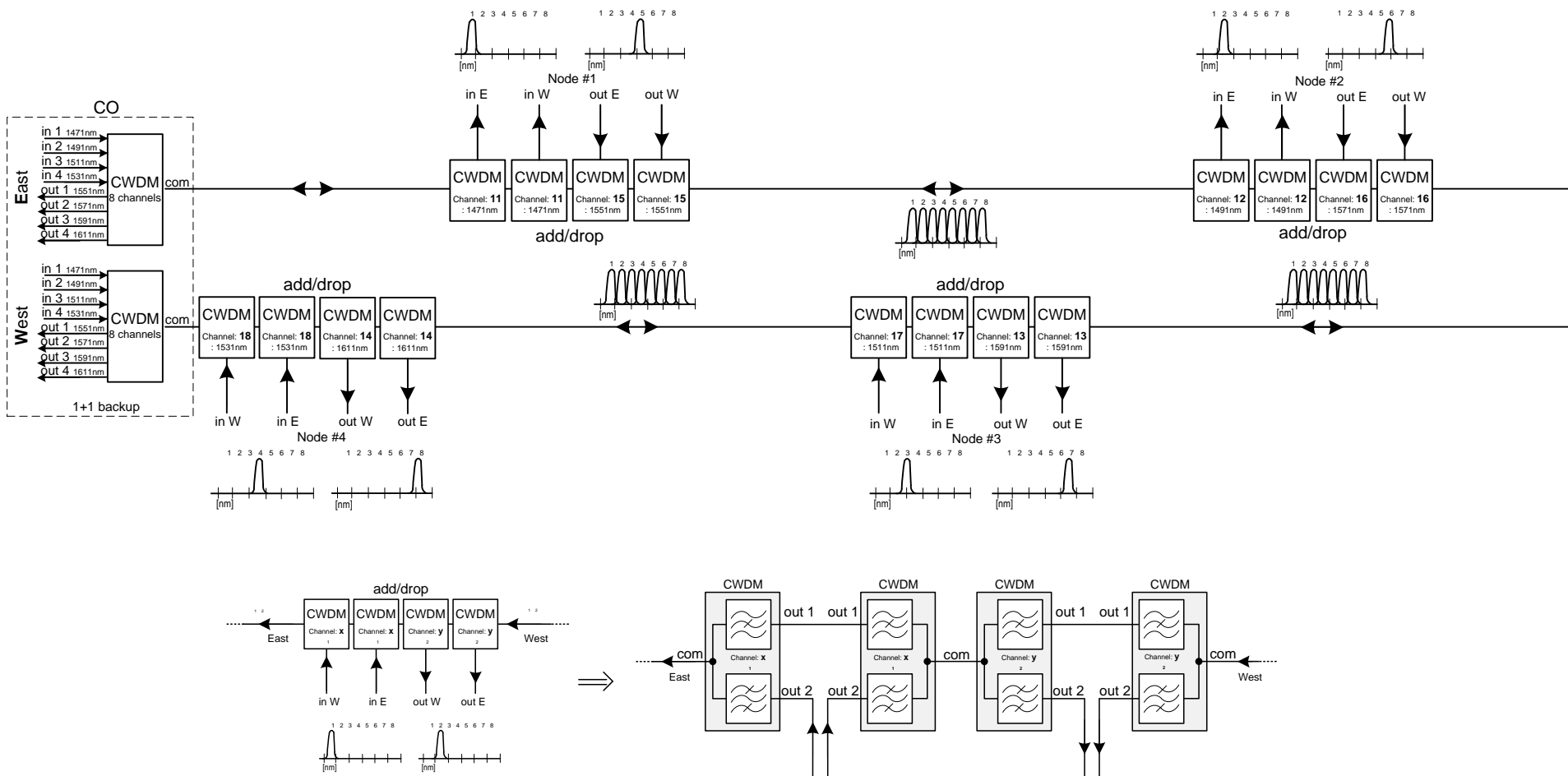
1. vrstva OSI modelu – Fyzická vrstva: **Kruh**
2. vrstva OSI modelu – Linková vrstva: **Hviezda**



CWDM filtre - zapojenie Alternatíva #4

Jedno-vláknová prevádzka (jedno vlákno je použité pre downstream a súčasne pre upstream)

1. vrstva OSI modelu – Fyzická vrstva: **Kruh**
2. vrstva OSI modelu – Linková vrstva: **2×Hviezda**

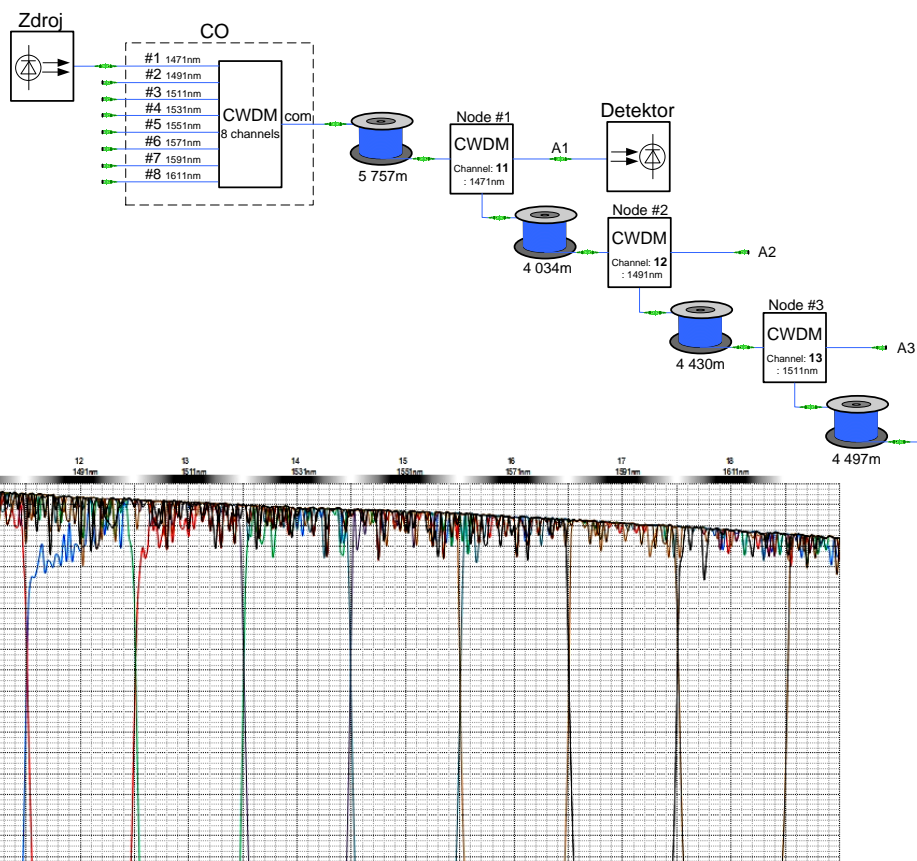


CWDM filtre - Experiment - zapojenie Alternatíva #1

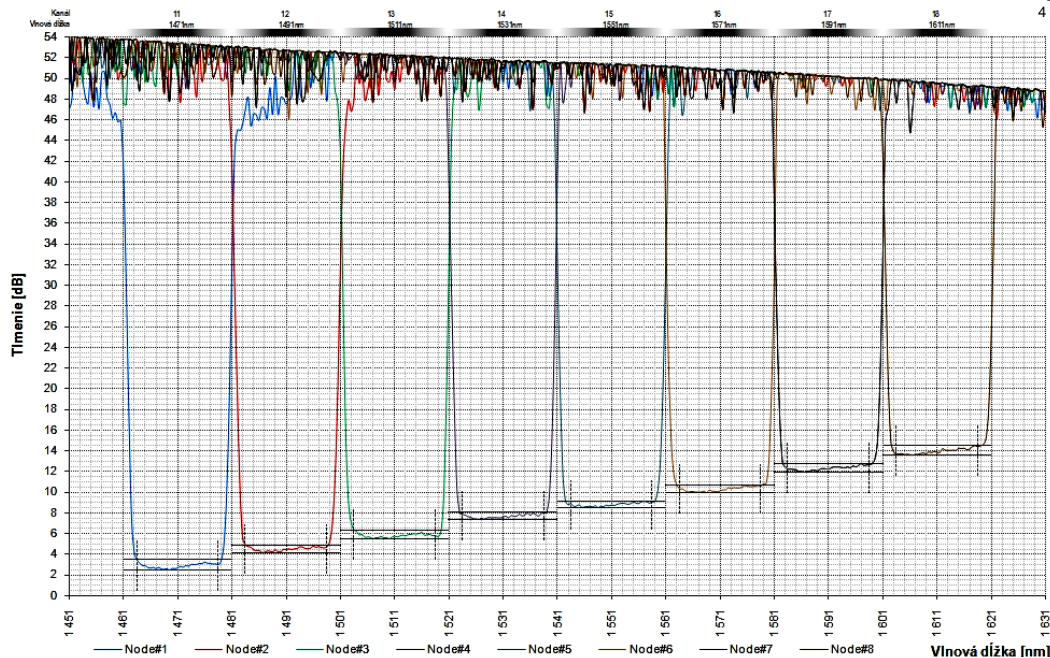
8 uzlov

Meranie

(in - out x) kde x=1... 8



λ :	1471nm	1491nm	1511nm	1531nm	1551nm	1571nm	1591nm	1611nm
Channel:	11	12	13	14	15	16	17	18
Node:	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
Attenuation at λ :	A1 [dB]	A2 [dB]	A3 [dB]	A4 [dB]	A5 [dB]	A6 [dB]	A7 [dB]	A8 [dB]
Min. ($\lambda \pm 7,5\text{nm}$)	2,69	4,37	5,72	7,56	8,71	10,12	12,19	13,81
Max. ($\lambda \pm 7,5\text{nm}$)	2,49	4,10	5,45	7,32	8,45	9,95	11,88	13,56
Δ (Max.-Min.)	1,01	0,76	0,89	0,69	0,63	0,70	0,84	0,91
ϕ ($\lambda \pm 7,5\text{nm}$)	2,89	4,45	5,77	7,62	8,75	10,27	12,26	13,92
Length from CO [m]	5 757	9 791	14 221	18 718	23 116	26 110	30 116	33 216



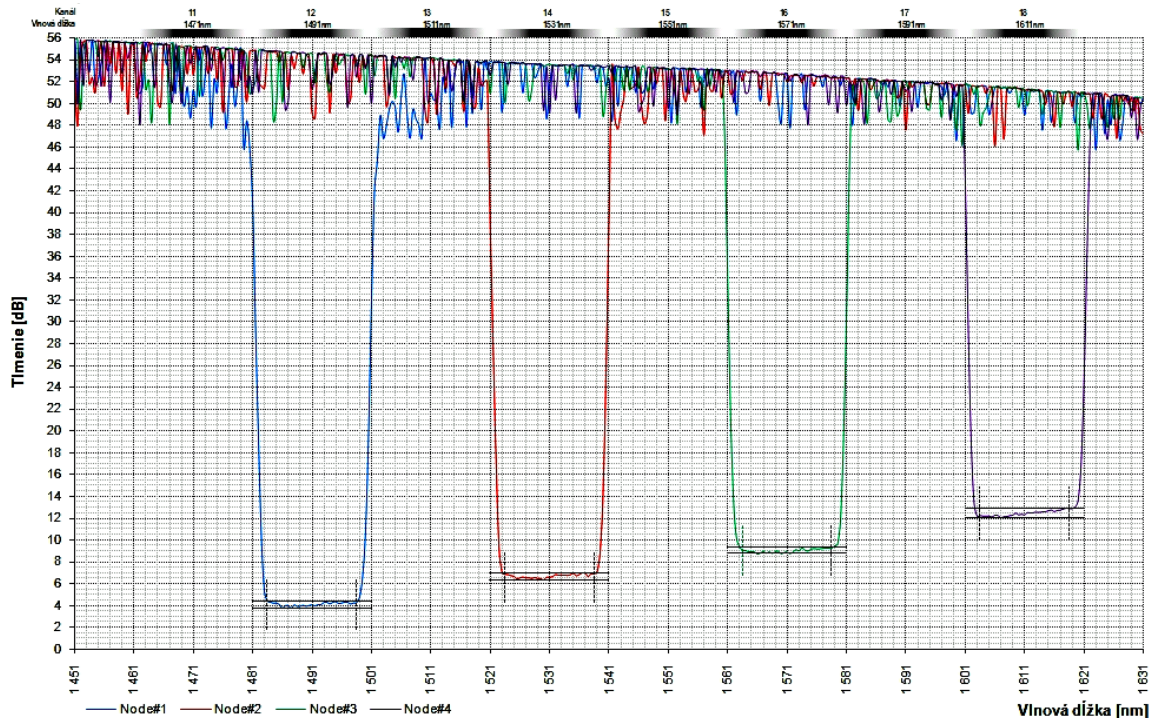
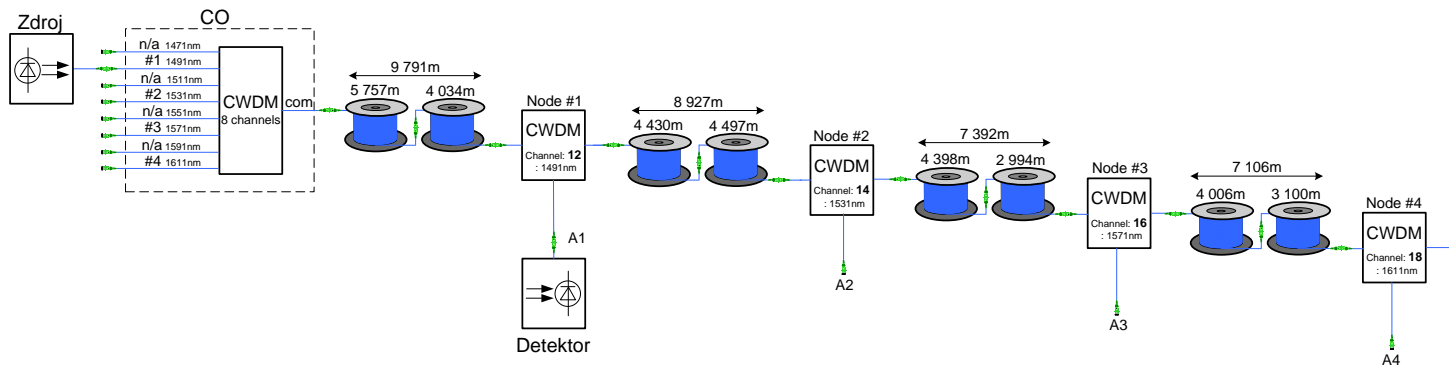
CWDM filtre - Experiment - zapojenie Alternatíva #1

4 uzly

Meranie

Vlnové dĺžky: 1491nm, 1531nm, 1571nm, 1611nm

(in - out x) kde x=1 ... 4



	λ : 1491nm	1531nm	1571nm	1611nm
Channel:	12	14	16	18
Node:	#1	#2	#3	#4
A1 [dB]		A2 [dB]	A3 [dB]	A4 [dB]
Attenuation at λ :	4,06	6,50	8,92	12,24
Min. ($\lambda \pm 7,5nm$)	3,77	6,28	8,75	12,00
Max. ($\lambda \pm 7,5nm$)	4,40	6,91	9,30	12,85
Δ (Max.-Min.)	0,63	0,63	0,55	0,85
ϕ ($\lambda \pm 7,5nm$)	4,13	6,63	9,03	12,38
Length from CO [m]	9 791	18 718	26 110	33 216



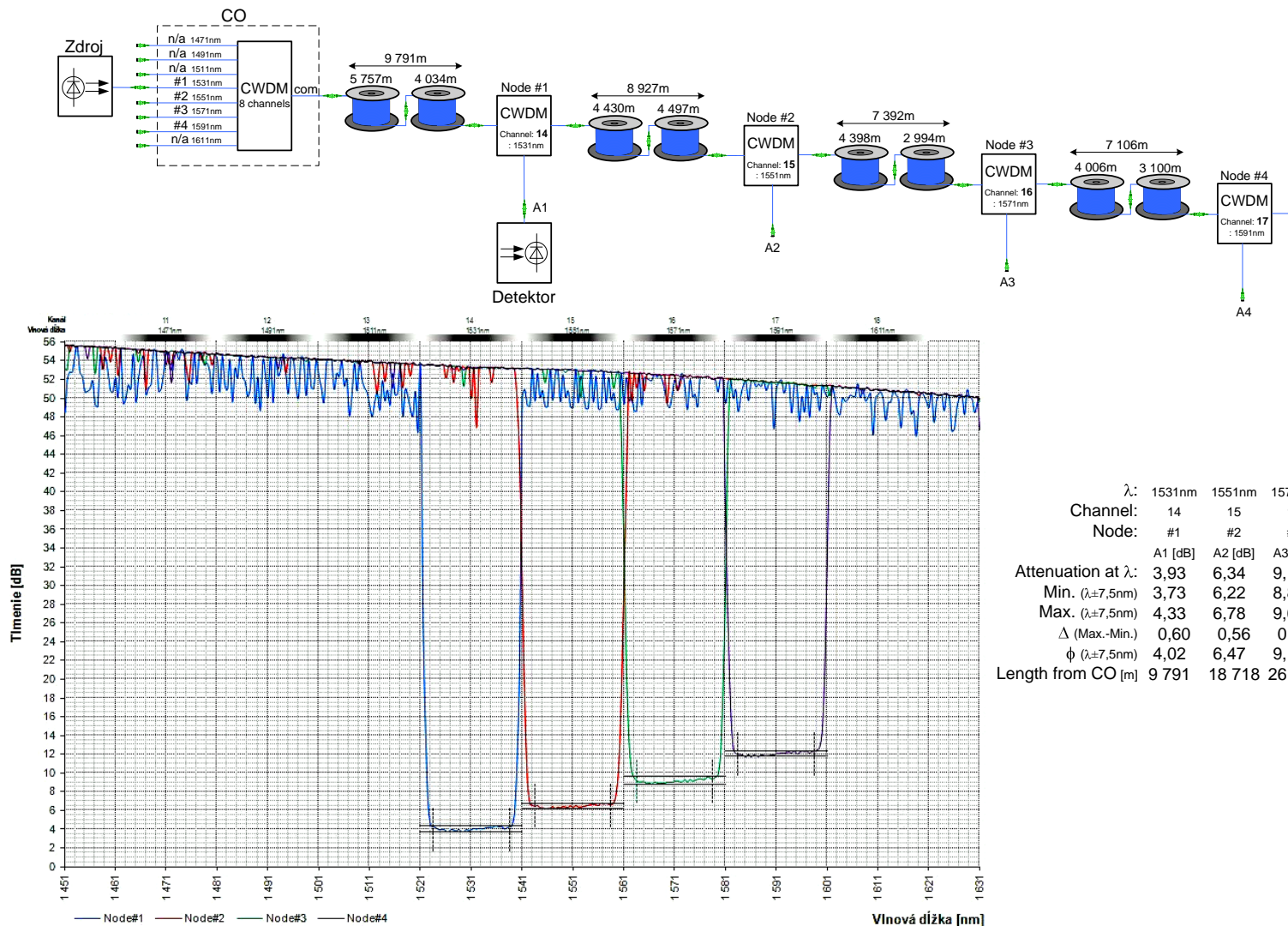
CWDM filtre - Experiment - zapojenie Alternatíva #1

4 uzly

Meranie

Vlnové dĺžky: 1531nm, 1551nm, 1571nm, 1591nm

(in - out x) kde x=1 ... 4

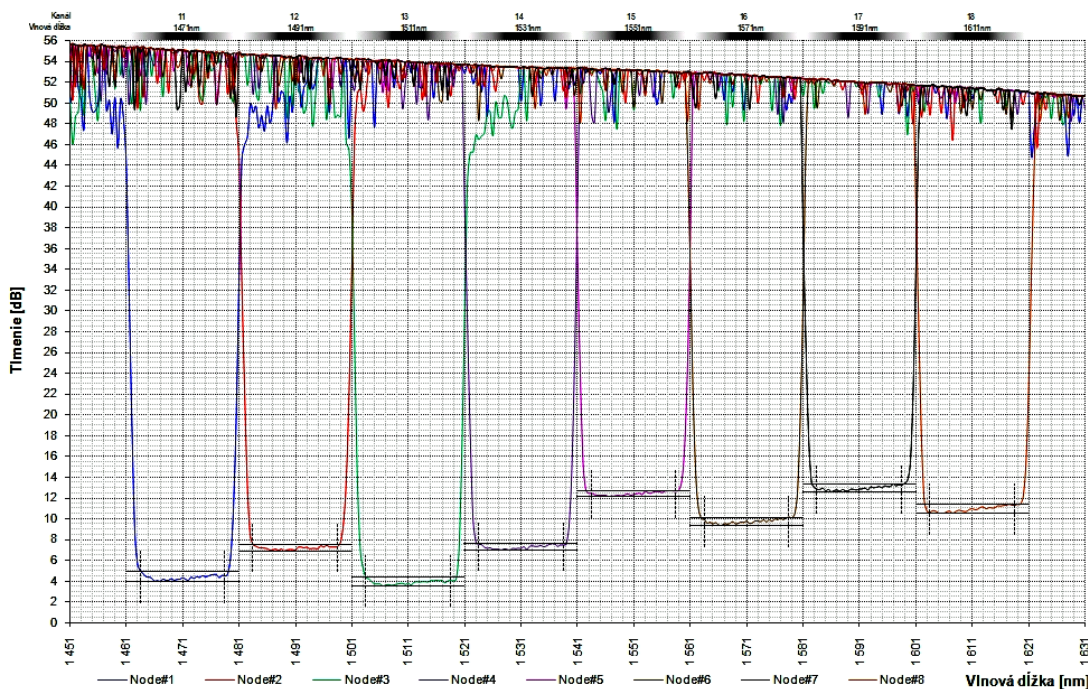
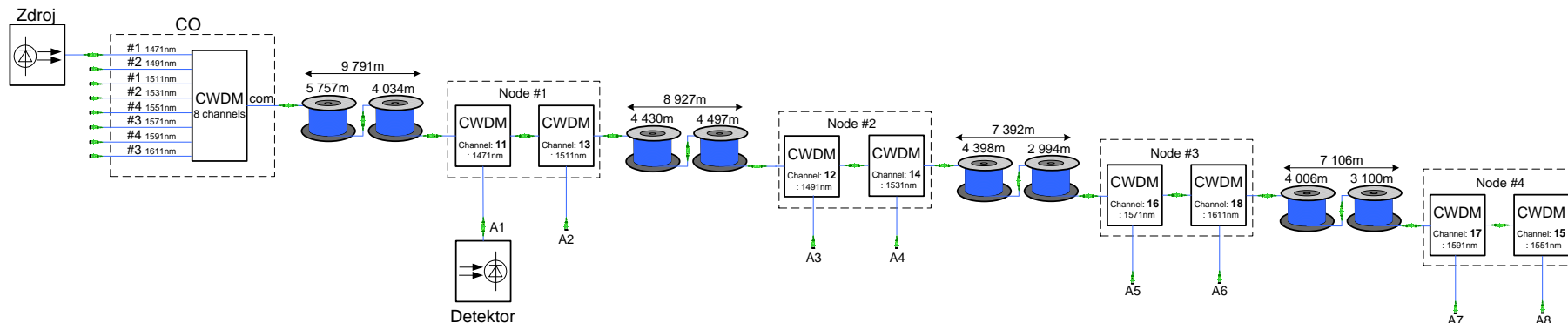


CWDM filtre - Experiment - zapojenie Alternatíva #2

4 uzly

Meranie

(in - out x) kde x=1 ... 8



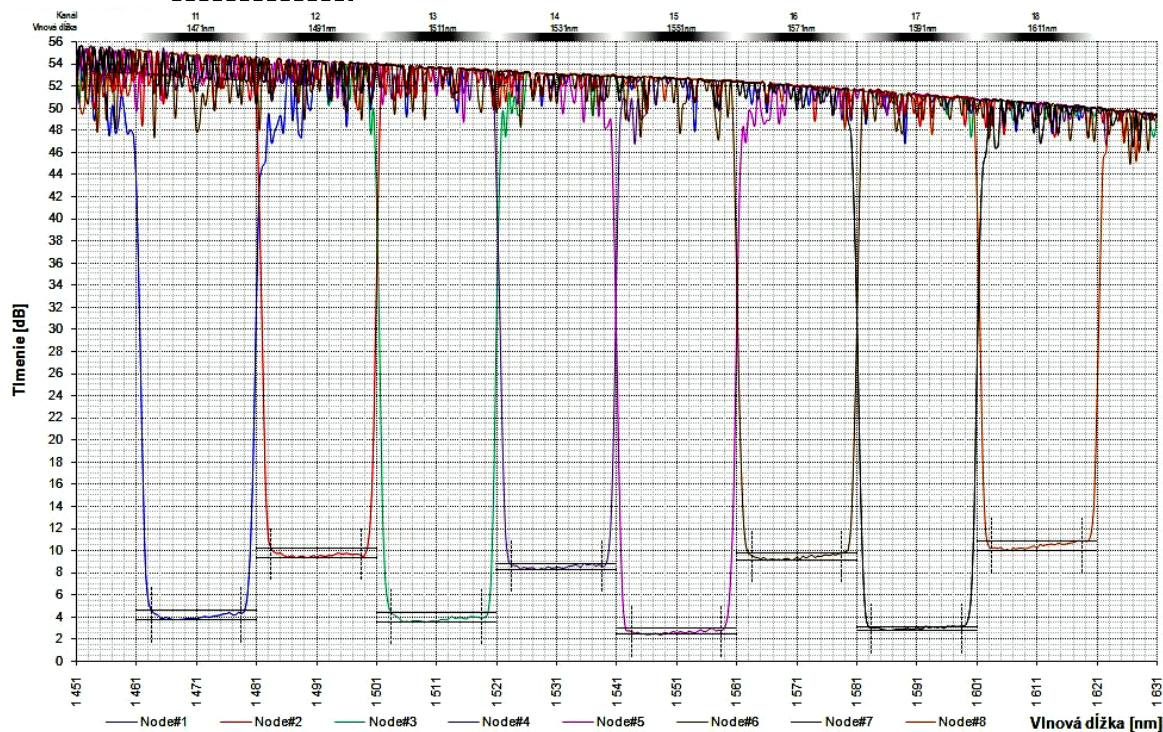
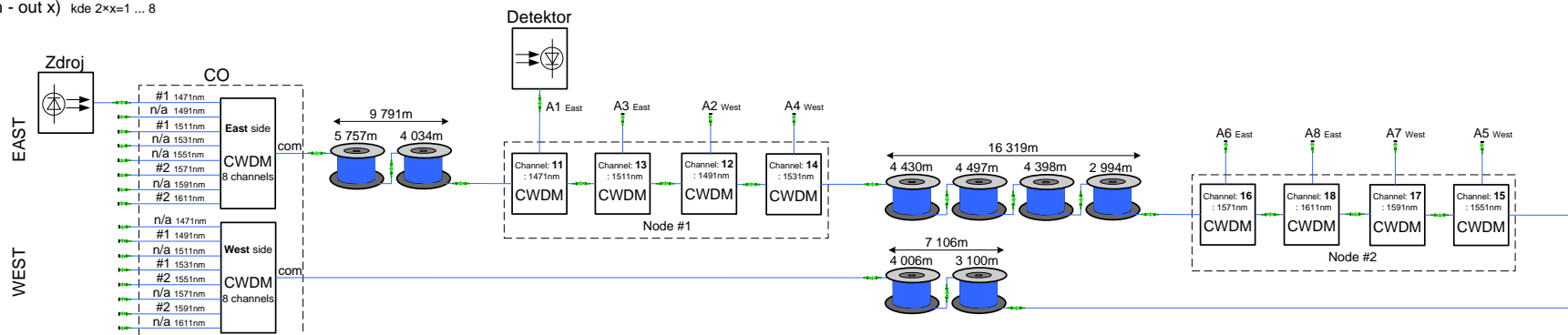
λ :	1471nm	1511nm	1491nm	1531nm	1571nm	1611nm	1591nm	1551nm
Channel:	11	13	12	14	16	18	17	15
Node:	#1		#2		#3		#4	
Attenuation at λ :	A1 [dB]	A2 [dB]	A3 [dB]	A4 [dB]	A5 [dB]	A6 [dB]	A7 [dB]	A8 [dB]
Min. ($\lambda \pm 7,5\text{nm}$)	4,28	3,83	6,99	7,15	9,73	10,92	12,82	12,34
Max. ($\lambda \pm 7,5\text{nm}$)	4,95	4,38	7,51	7,61	10,13	11,34	13,30	12,69
Δ (Max.-Min.)	1,02	0,82	0,63	0,61	0,82	0,85	0,75	0,56
ϕ ($\lambda \pm 7,5\text{nm}$)	4,29	3,89	7,18	7,28	9,67	10,87	12,88	12,39
Length from CO [m]	9 791		18 718		26 110		33 216	



CWDM filtre - Experiment - zapojenie Alternatíva #4

2 uzly

Meranie
(in - out x) kde 2*x=1 ... 8



λ :	1471nm	1491nm	1511nm	1531nm	1551nm	1571nm	1591nm	1611nm
Channel:	11	12	13	14	15	16	17	18
Node:	#1				#2			
Side:	A1 [dB]	A2 [dB]	A3 [dB]	A4 [dB]	A5 [dB]	A6 [dB]	A7 [dB]	A8 [dB]
Attenuation at λ :	East	West	East	West	West	East	West	East
Min. ($\lambda \pm 7,5\text{nm}$)	3,82	9,42	3,58	8,49	2,61	9,39	2,92	10,21
Max. ($\lambda \pm 7,5\text{nm}$)	4,60	10,14	4,39	8,81	3,01	9,74	3,12	10,88
Δ (Max.-Min.)	0,89	0,76	0,83	0,55	0,60	0,60	0,41	0,89
ϕ ($\lambda \pm 7,5\text{nm}$)	4,01	9,61	3,83	8,51	2,65	9,40	2,92	10,40
Length from CO [m]	East: 9 791		West: 23 425		East: 26 110		West: 7 106	



CWDM filtre - Výsledky experimentu

Experimentálne získané hodnoty tlmenia v nasledujúcich podkapitolách nie sú použiteľné pre praktické aplikácie alebo pre výpočty v reálnych prevádzkových podmienkach!!!

Dôvody sú nasledovné:

- optické vlákna boli pri experimentoch namotané na malých bubnoch; zakáblované optické vlákna majú horšie hodnoty merného tlmenia [dB/km] vyššie ako nezakáblované – hodnoty zhoršenia sú rôzne a závisia od kvality káblovacího procesu a samotnej konštrukcie optického kábla. Zhoršenie merného tlmenia sa pohybuje pri štandardných výrobkoch od 0,02dB/km až do 0,10dB/km čo je závislé ešte aj od vlnovej dĺžky.
- použité optické konektory (konektorové spoje) boli v kvalite meracích konektorov t.j. vložné tlmenie všetkých použitých konektorových spojov boli lepšie ako 0,2dB (priemerná hodnota bola 0,11dB v celom spektre meraných vlnových dĺžok). Taktiež nebolo problém dodržať zodpovedajúcu čistotu konektorových spojov čo výrazne prispelo k výsledným hodnotám tlmenia.

Z vyššie uvedených dôvodov bol pre prax navrhnutý simulátor pre výpočet tlmenia medzi centrálnym uzlom a kanálovým filtrom.



CWDM filtre - Prevádzkové odporúčania

Všetky prezentované výsledky je možné pre prax zhrnúť do nasledovných odporúčaní:

- využívať CWDM filtre v prístupovej a agregáčnej vrstve telekomunikačnej siete,
- inštalovať CWDM filtre čo najbližšie k aktívnym zariadeniam.

Lokalizácia a validácia porúch je možná metódou OTDR na vlnovej dĺžke 1310nm (alebo na inej nepoužívanej vlnovej dĺžke) z miesta centrálného uzla. V prípade zapojenia kruhovej štruktúry je možná identifikácia (zameranie miesta poruchy) z oboch strán.

Nižšie je porovnanie CWDM zariadení a CWDM pasívnych filtrov. Toto porovnanie je správne iba z funkčného hľadiska ale z technického hľadiska ani nie je dobre možné pretože CWDM zariadenie pracujú na 2. a 3. vrstve modelu OSI a CWDM filtre na 1. vrstve modelu OSI.

	Aktívne zariadenie CWDM	Pasívne prvky CWDM	Poznámka
Investície (CAPEX)	☹☹☹	☺	
Prevádzka (OPEX)	☹☹☹	☺ (0,-€)	napájanie
Údržba (OPEX)	☹	☺ (0,-€)	
Oprava porúch (OPEX)	☹	☺	na základe MTBF
Manažovateľnosť	☺	☹	

Skutočnosť, že filtre nie sú manažovateľné nie je prekážkou aplikovania pretože všetky zapojené aktívne zariadenia s manažmentom budú plne funkčné a bez obmedzenia manažovateľné rovnako ako v prípade nepoužitia filtrov. Filtre iba umožňujú lacnú možnosť aplikovania „virtuálneho vlákna“ na rovnakej topológii siete (na jednom fyzickom vlákne).



Prajem Vám veľa spokojných užívateľov Vašej siete.



Ďakujem za pozornosť

