

Měření a kontrola optických parametrů sítí 5G a VHCN (projekt MEKONG)



Jan Brouček, Jan Radil



AKADEMIE VLÁKNOVÉ OPTIKY A OPTICKÝCH KOMUNIKACÍ[®]

the art of
optical
communication

The logo for PROFiber NETWORKING, featuring a stylized blue and grey arch above the text "PROFiber" in blue and "NETWORKING" in grey.

PROFiber[®]
NETWORKING

Připravili jsme pro vás:

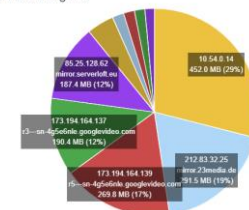
- Situace na trhu
- Představení projektu MEKONG
- Řešený příklad: umíte změřit útlum?
 - Jak přesně?
 - Jaká je nejistota měření?
 - OTDR
 - Přímá metoda

Naše zkušenost - situace na trhu

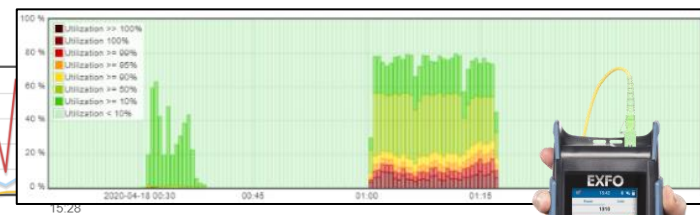
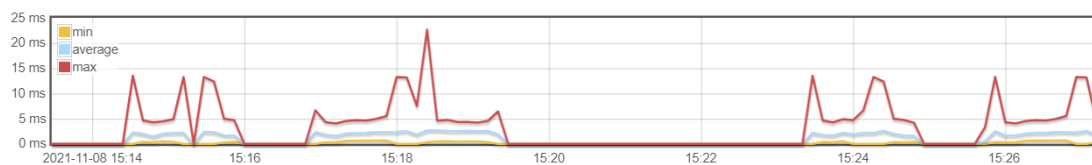
- Technici neumějí měřit
- Měření je pracné
- Výsledky jsou rozporuplné (pro toho kdo jim rozumí)
nebo nejasné (pro většinu, která jim nerozumí)
- Automatizované postupy měření, vyhodnocení, interpretace výsledků
- Autodiagnostika aktivních prvků, virtualizace měřicích funkcionalit
- Dohledové a monitorovací systémy
- Workflow, ticketing, dashboards (a další hezká, česká slova)



Top 10 sending IPs



Overall jitter



... ale metrologie a kontrola kvality zůstává!

Jenom metrologii v ICT nikdo nerozumí ☹️

Expertní, měřicí a metrologické činnosti

zkušenosti z týmu PROFiber Networking (CZ+SK):

- praktický výklad technických norem, měření, školení a instruktáže měřicích metod
- konzultace a příprava technických předpisů pro výstavbu a servis sítě
- audit a měření přenosových parametrů sítí, jejich bloků a součástí
- zápůjčky a dodávky měřicí techniky, diagnostických a monitorovacích systémů
- servis a kalibrace měřicí techniky v akreditované kalibrační laboratoři

Metrologické a kalibrační zázemí laboratoře PROFiber Networking s.r.o. akreditované dle ISO/IEC 17025:2017 SNAS pod číslem 527/K-101

inspiraci v [aplikační sekci](#) na webu www.profiber.eu



Projekt MEKONG* - Metrologie a kontrola kvality optické infrastruktury sítí 5G a VHCN

Pro uživatele měřidla je důležité:

1) Určit nejistotu měření pro konkrétní případ, to znamená:

- měřicí metodu
- měřidla
- zapojení
- měřený objekt
- prostředí



ČVUT FEL, Katedra
elektromagnetického pole

2) Vyzkoušet si měřidla, zapojení a měřicí postup – verifikace metrologických vlastností včetně vlivů prostředí, obsluhy,...

Výstupy projektu MEKONG* by vám to měly usnadnit.

*) Projekt MEKONG č. projektu FW03010551 je realizován za finanční spoluúčasti TAČR, program TREND

Optické infrastruktury sítí 5G a VHCN

- Simulace
- Modely
- Testovací polygon ODN



ČVUT FEL, Katedra
elektromagnetického pole



*) Projekt MEKONG č. projektu FW03010551 je realizován za finanční spoluúčasti TAČR, program TREND

Přijďte si to vyzkoušet na pracoviště PROFiber Networking:

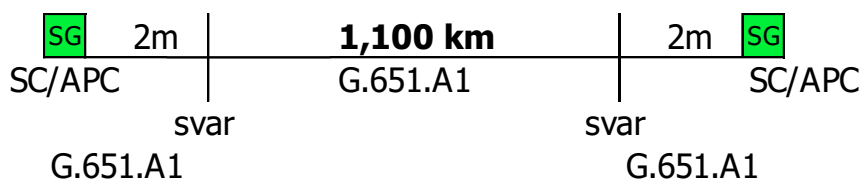
Úplně triviální příklad:

trasa s vláknem G-657.A1 o délce 1,1km, navažené 2m pigtaily SC/APC



konec A - krátký konec na cívce

konec B - dlouhý konec na cívce

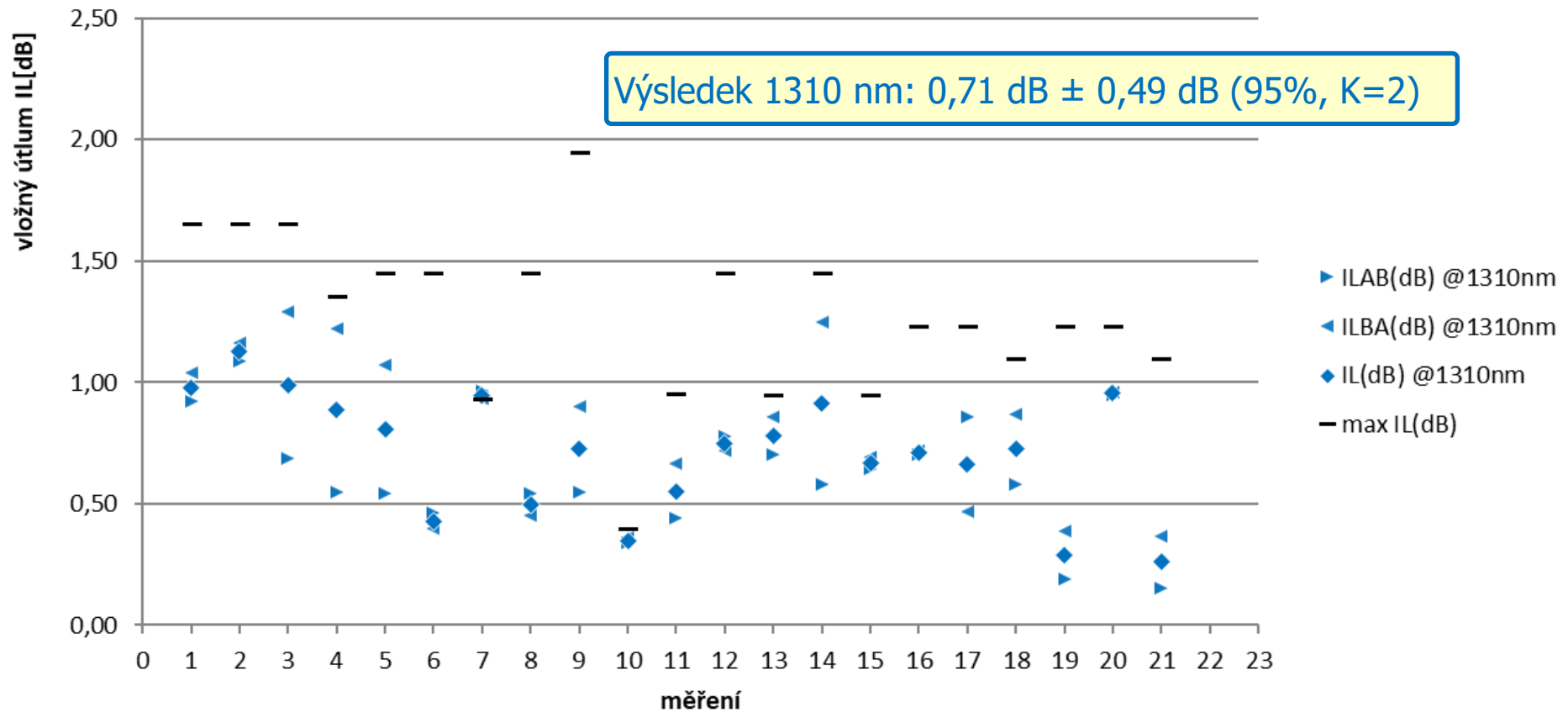


1. Umíte **změřit útlum?** (přímou metodou LS-PM, certifikačním OLTS nebo iOLM/OTDR?)
2. Umíte **spočítat nejistotu měření?**
3. Umíte **spočítat limit útlumu?**
4. Umíte **posoudit, zda výsledek vyhověl** limitu útlumu?
(kritérium shody výrobku s předepsanými parametry kvality?)

Přijďte si to vyzkoušet na pracoviště PROFiber Networking:

Úplně triviální příklad: trasa s vláknem G-657.A1 o délce 1,1km, navařené 2m pigtaily SC/APC

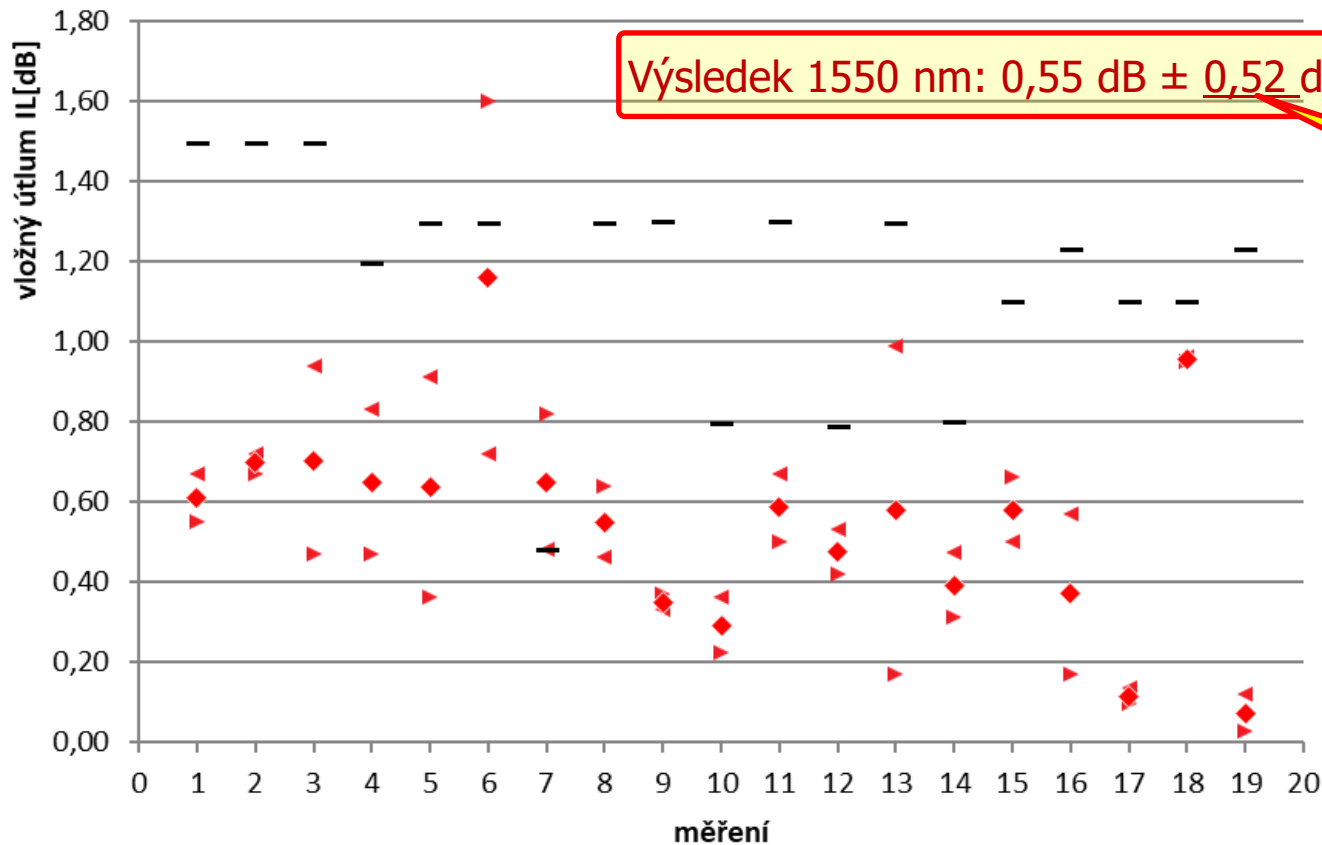
Výsledky pořízeny v projektu MEKONG č. projektu FW03010551 za finanční spoluúčasti TAČR, program TREND



Přijďte si to vyzkoušet na pracoviště PROFiber Networking:

Úplně triviální příklad: trasa s vláknem G-657.A1 o délce 1,1km, navařené 2m pigtaily SC/APC

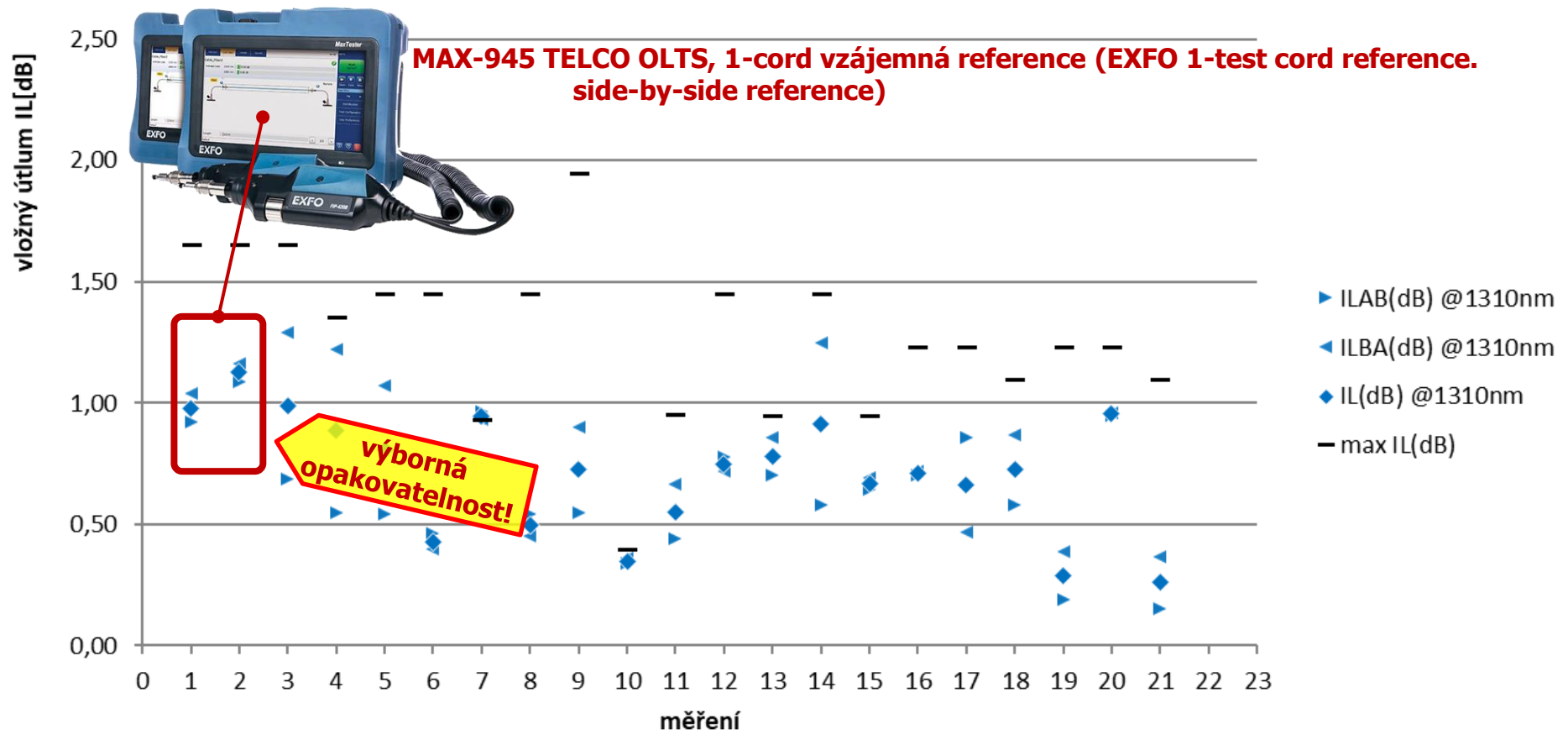
Výsledky pořízeny v projektu MEKONG č. projektu FW03010551 za finanční spoluúčasti TAČR, program TREND



Přijďte si to vyzkoušet na pracoviště PROFiber Networking:

Úplně triviální příklad: trasa s vláknem G-657.A1 o délce 1,1km, navažené 2m pigtaily SC/APC

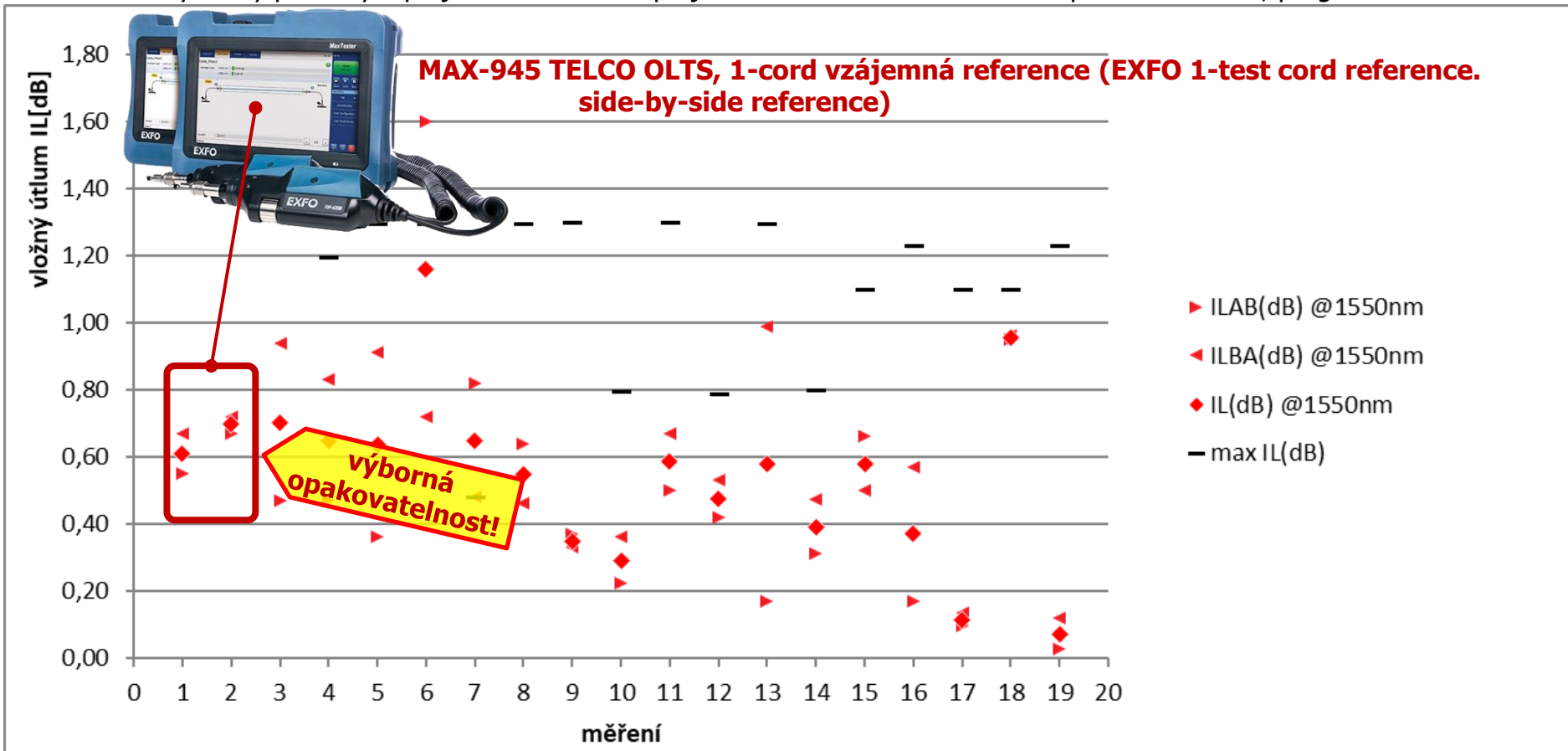
Výsledky pořízeny v projektu MEKONG č. projektu FW03010551 za finanční spoluúčasti TAČR, program TREND



Přijďte si to vyzkoušet na pracoviště PROFiber Networking:

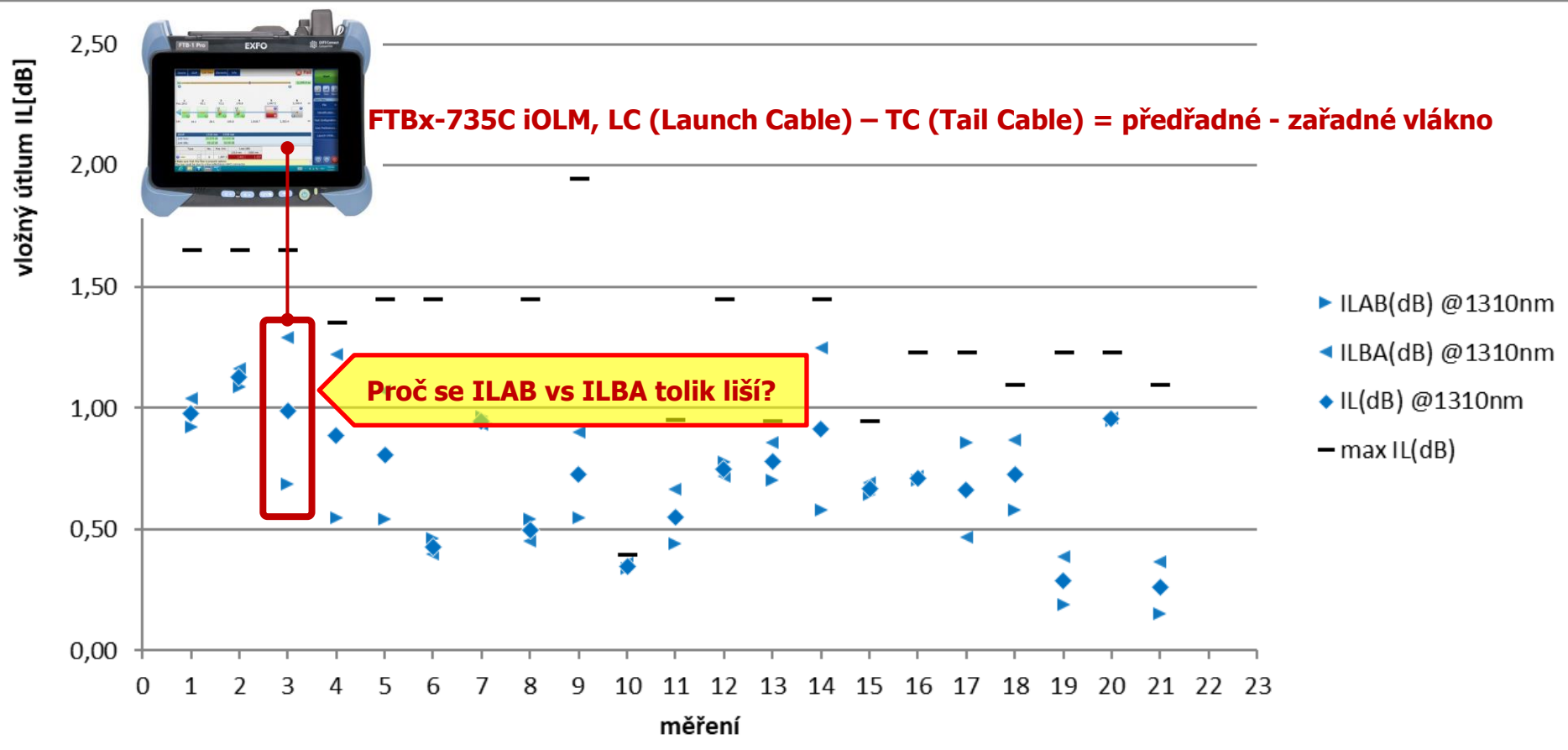
Úplně triviální příklad: trasa s vláknem G-657.A1 o délce 1,1km, navažené 2m pigtaily SC/APC

Výsledky pořízeny v projektu MEKONG č. projektu FW03010551 za finanční spoluúčasti TAČR, program TREND



Přijďte si to vyzkoušet na pracoviště PROFiber Networking:
Úplně triviální příklad: trasa s vláknem G-657.A1 o délce 1,1km, navažené 2m pigtaily SC/APC

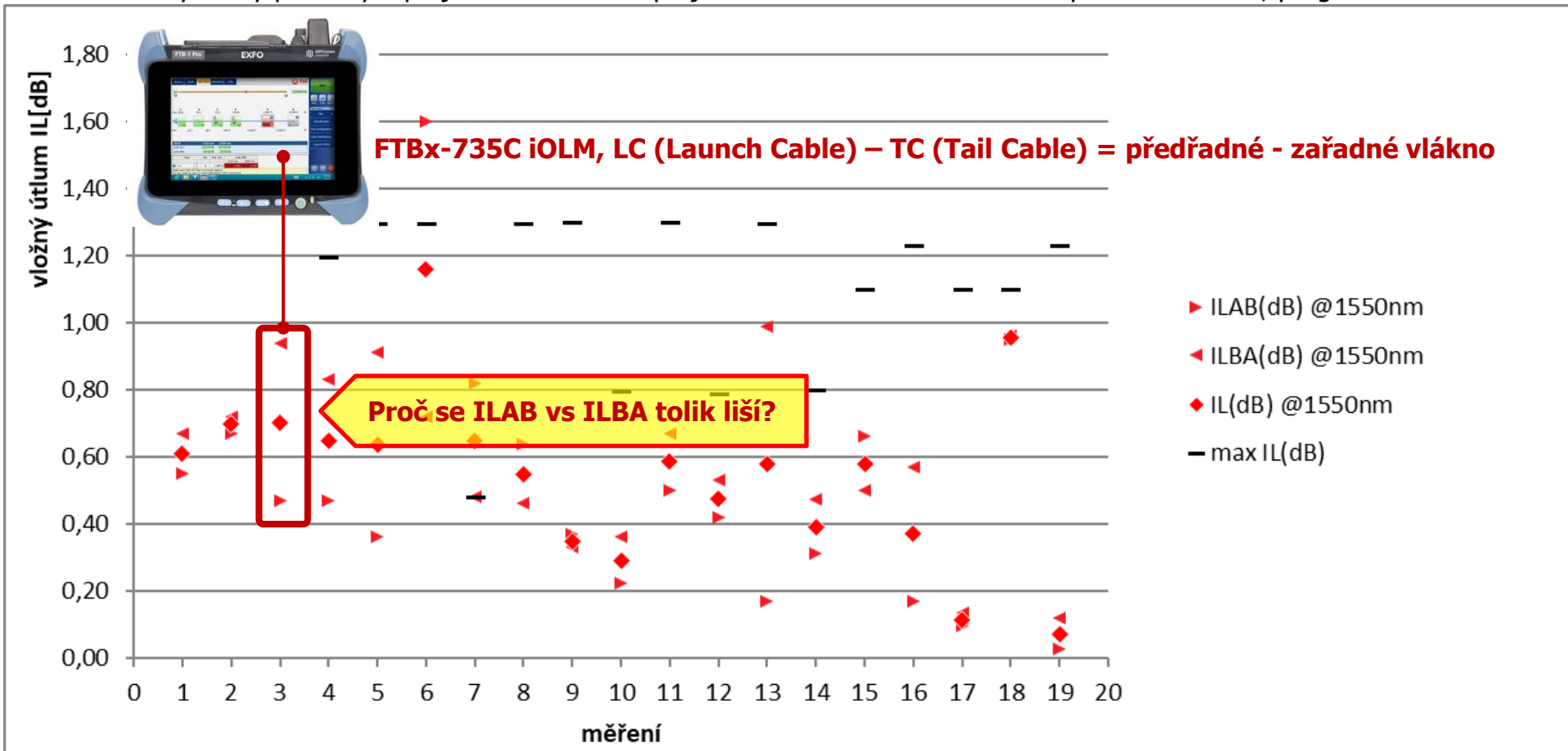
Výsledky pořízeny v projektu MEKONG č. projektu FW03010551 za finanční spoluúčasti TAČR, program TREND



Přijďte si to vyzkoušet na pracoviště PROFiber Networking:

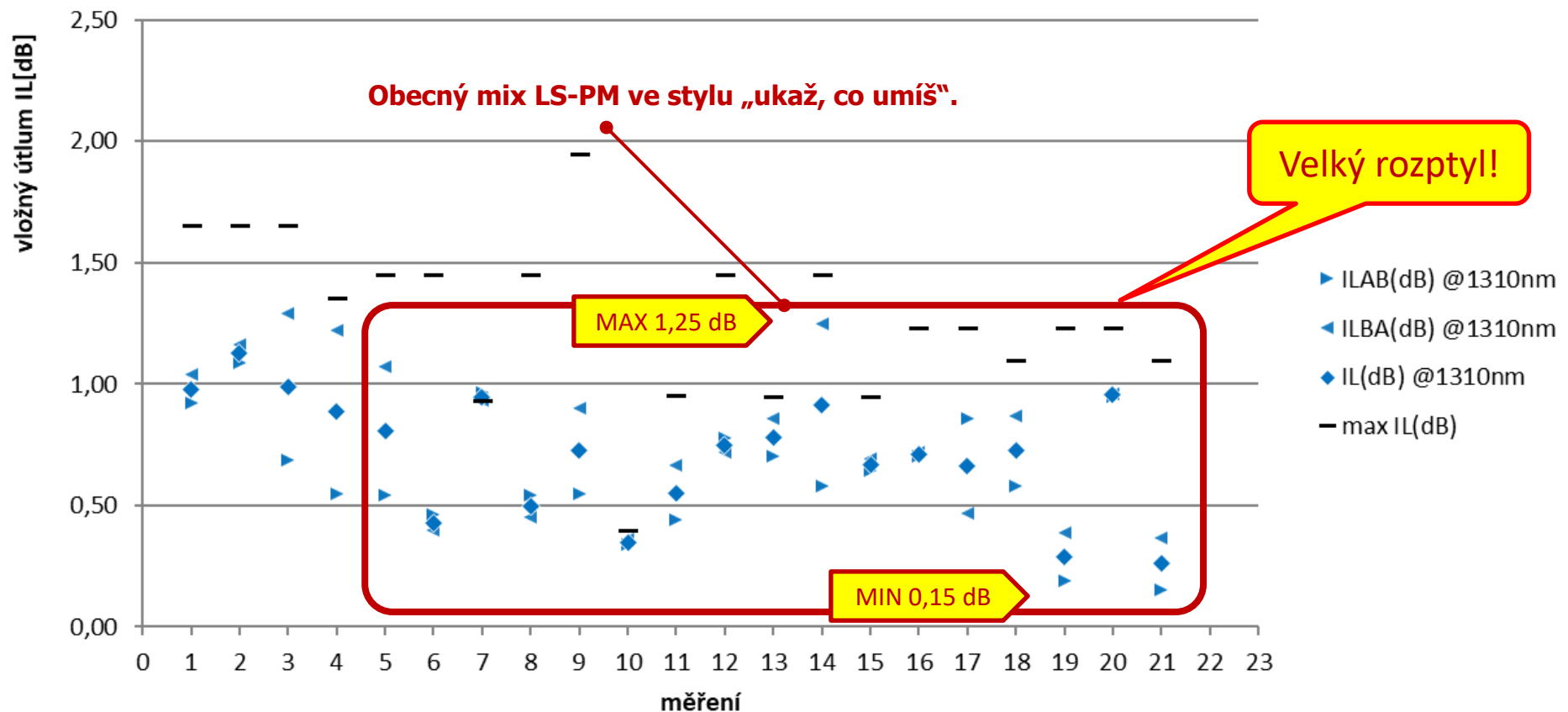
Úplně triviální příklad: trasa s vláknem G-657.A1 o délce 1,1km, navažené 2m pigtaily SC/APC

Výsledky pořízeny v projektu MEKONG č. projektu FW03010551 za finanční spoluúčasti TAČR, program TREND



Přijďte si to vyzkoušet na pracoviště PROFiber Networking:
Úplně triviální příklad: trasa s vláknem G-657.A1 o délce 1,1km, navažené 2m pigtaily SC/APC

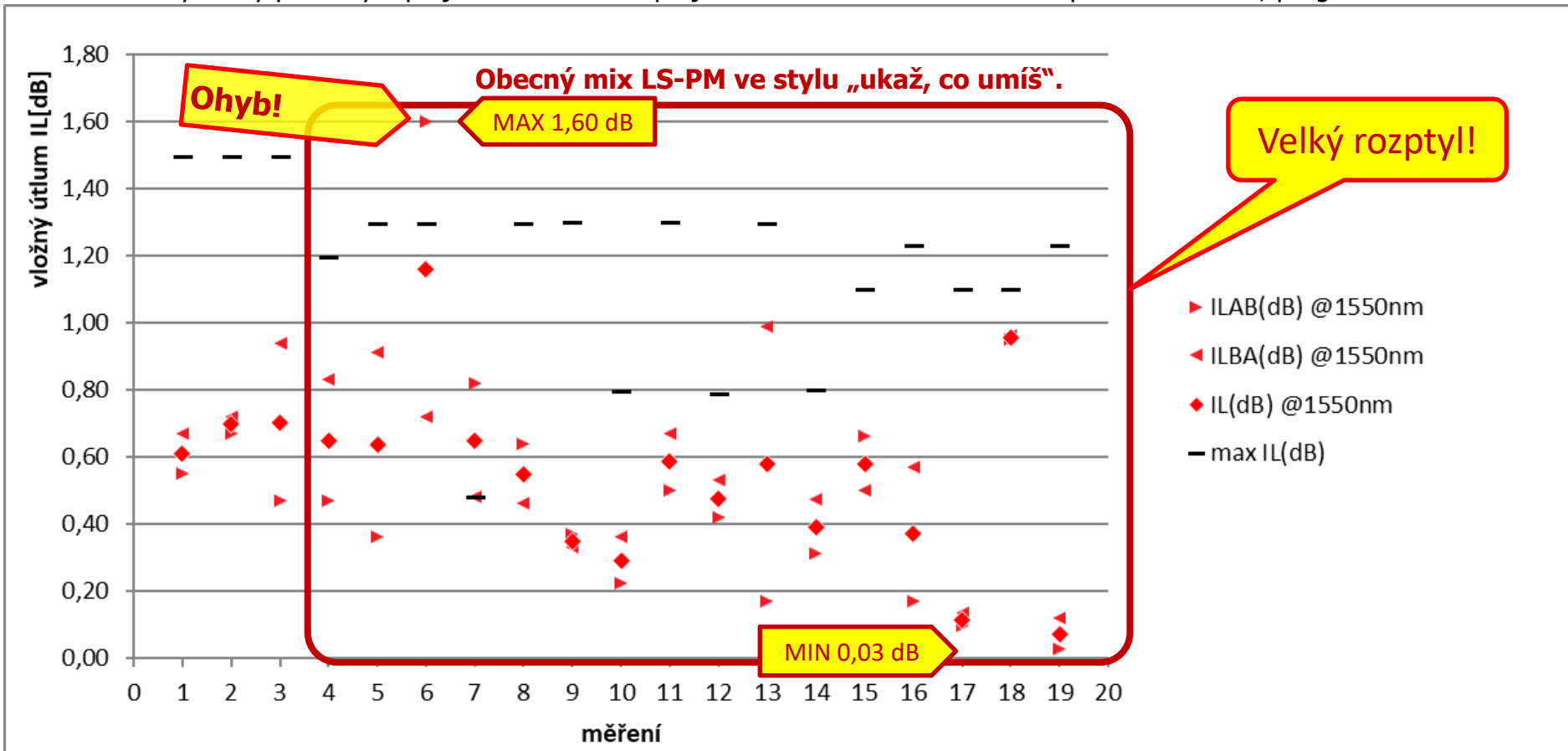
Výsledky pořízeny v projektu MEKONG č. projektu FW03010551 za finanční spoluúčasti TAČR, program TREND



Přijďte si to vyzkoušet na pracoviště PROFiber Networking:

Úplně triviální příklad: trasa s vláknem G-657.A1 o délce 1,1km, navařené 2m pigtaily SC/APC

Výsledky pořízeny v projektu MEKONG č. projektu FW03010551 za finanční spoluúčasti TAČR, program TREND



Přijďte si to vyzkoušet na pracoviště PROFiber Networking:

Úplně triviální příklad: trasa s vláknem G-657.A1 o délce 1,1km, navařené 2m pigtaily SC/APC

Výsledek experimentu:

Každý počítá limit po svém!

2. Umíte **spočítat nejistotu měření?**

nejistotu uvedly **3 z 18** skupin (na 1310 nm)

Parametry trasy neumíme promítnout do limitu.

3 ze 16 skupin (na 1550 nm)

Zapojení metody neumíme promítnout do limitu

3. Umíte **spočítat limit útlumu?**

limit uvedly všechny skupiny (**18** skupin na 1310 nm, **16** skupin na 1550 nm)

uvedený limit kolísal od MIN **0,40 dB** do MAX **1,95 dB** na 1310 nm

od MIN **0,48 dB** do MAX **1,30 dB** na 1550 nm

téměř nikdo nevedl, jakou metodou měřil! (1-cord, 2-cord, 3-cord ?)

4. Umíte **posoudit, zda výsledek vyhověl** limitu útlumu?

(kritérium shody výrobku s předepsanými parametry kvality?)

porovnat 2 čísla – neměřená hodnota vs limit dokázali všichni

nikdo ale při porovnání **nezahrnul nejistotu** měření!

s nejistotou měření neumíme pracovat!

Znáte chybu měření? Jaká je nejistota?

Solidní nejistota - to není jen music bar.

Solidní nejistota v Plzni



Solidní Nejistota

Solidní nejistota v Praze
- zrušena



Znáte chybu měření? Jaká je nejistota?

Solidní nejistota v metrologii:

Určení nejistoty: analýzou vlivových veličin + výpočtem

Zdroje chyb při měření: **náhodné** (statistické) vs **systematické** (deterministické)
systematickou chybu dokážeme korigovat

Umíte spočítat nejistotu měření?

Krok 1. Zvolte měřicí metodu
(konkrétní měřidla, zapojení...)

AKADEMIE VLÁKNOVÉ OPTIKY A OPTICKÝCH KOMUNIKACÍ ®

Jakou? pro měření vložného útlumu trasy

přímá metoda, transmisní metoda, výkonová metoda, metoda vložných ztrát ...

- LS-PM: Light Source (LS) – Power Meter (PM), zdroj záření – měřidlo výkonu
- OLTS: Optical Loss Test Set (OLTS = 2x LS-PM), souprava pro měření útlumu



Reflektometrická metoda, nepřímá metoda, metoda zpětného rozptylu...

- OTDR: Optical Time Domain Reflectometer – optický reflektometr (impulzní)
- iOLM: intelligent Optical Link Mapper



- › FasTesT 100% automatický test na jednom portu
- › Rychlost měření 3 sekundy
- › Certifikace
- › Animovaný průvodce měřením
- › Inovovaná reference
- › Měření délky trasy
- › Měření ORL



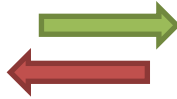


The screenshot displays the Fiber Certifier OLTS software interface. It features a top navigation bar with 'FasTest', 'Link View', 'Details', and 'Results' tabs. The main area shows test results for three different fiber cables, each with a schematic diagram of the test setup.

Cable Name	Wavelength	Loss (dB)
Cable_Fiber5 (OS1)	1310 nm	0.74 dB
	1550 nm	0.59 dB
Cable_Fiber6 (OS1)	1310 nm	0.35 dB
	1550 nm	0.36 dB
Cable_Fiber3 (OS1)	1310 nm	0.25 dB
	1550 nm	0.25 dB

Additional details shown include cable lengths (758.2 m, 510.2 m) and a 'Store' button for each test. The interface also includes a 'Fiber Certifier OLTS' sidebar with a 'Start' button and various menu options like 'File', 'Identification', and 'Test Configuration'.

DUPLEX bidir

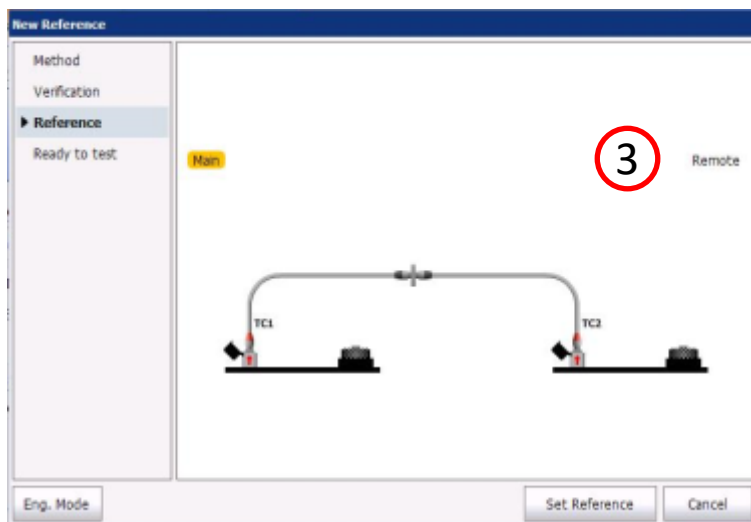
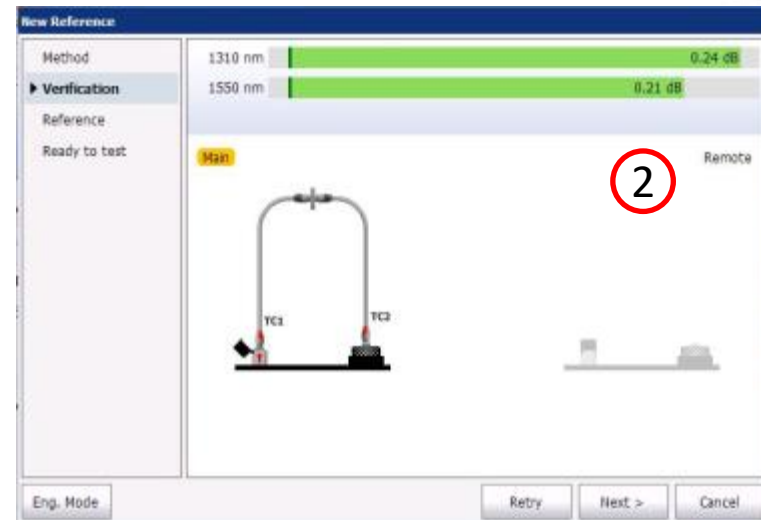
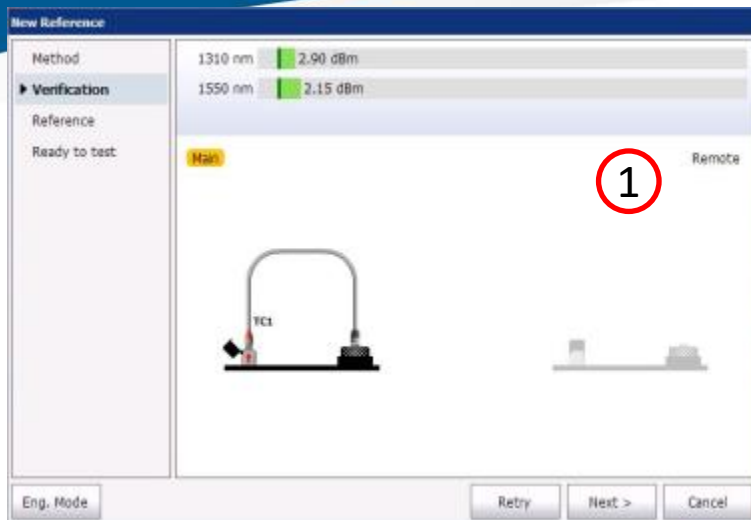


- > Dvě vlákna jednosměrně
- > FasTest port do portu měřidla výkonu
- > Metoda pro Datová centra

SIMPLEX bidir

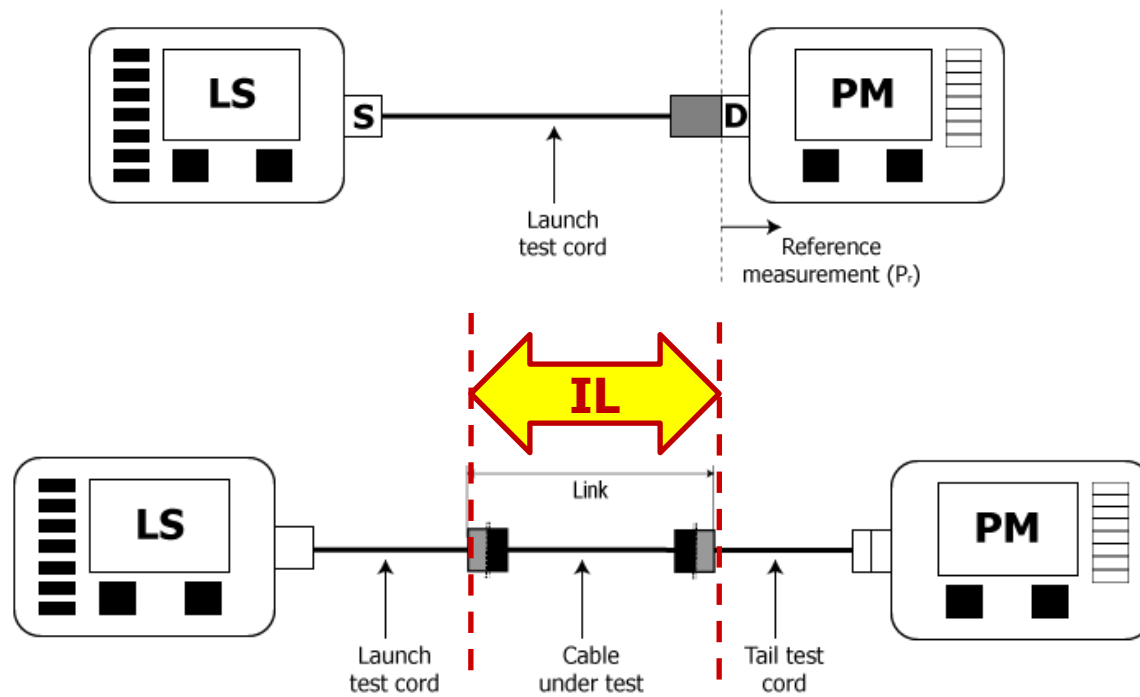


- > Jedno vlákno obousměrně
- > FasTest port do portu FasTest
- > Telekomunikační měření

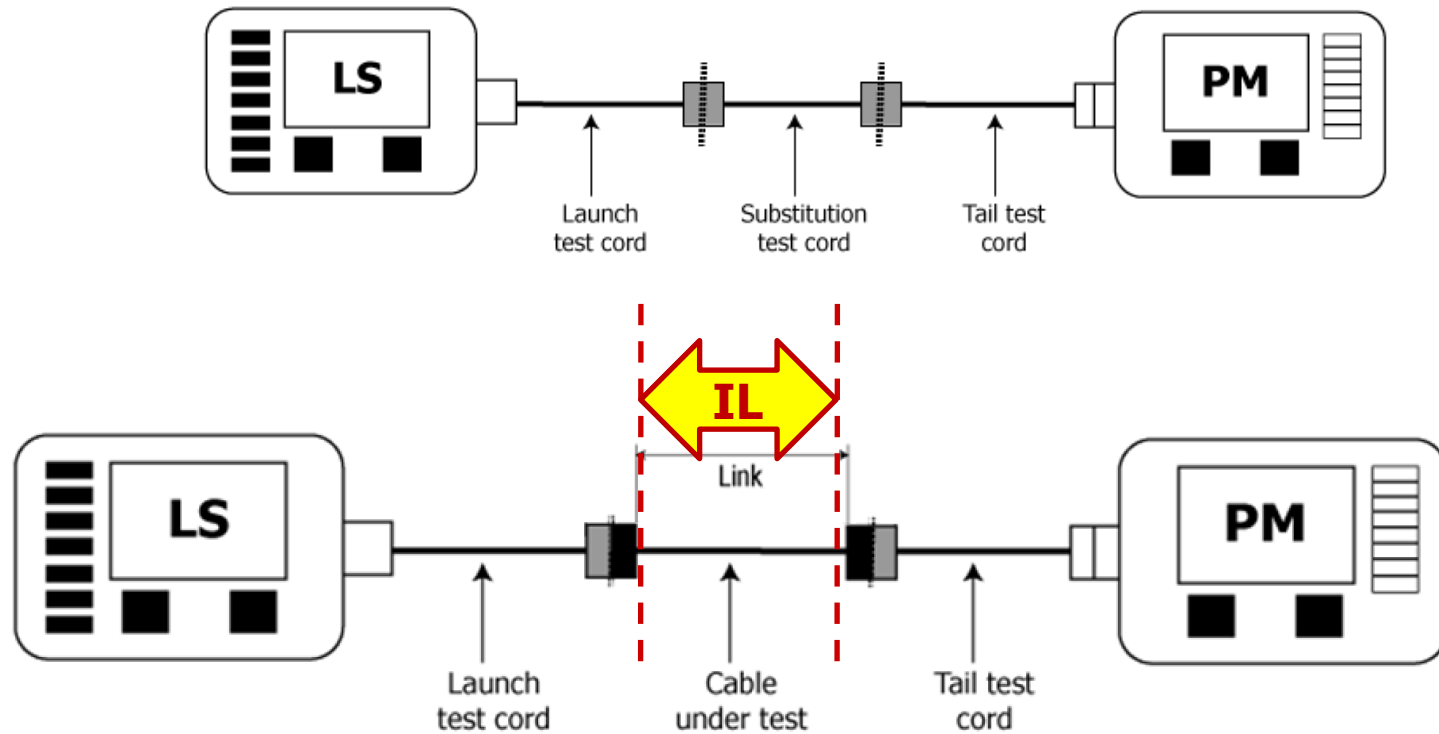


- › Patentovaná metoda reference
- › Umožňuje vyhodnotit IL průchodky
- › Výrazné zlepšení přesnosti
- › Zachování reference typu 1-cord
- › Extrémně důležité pro krátké trasy

1-test-cord method :

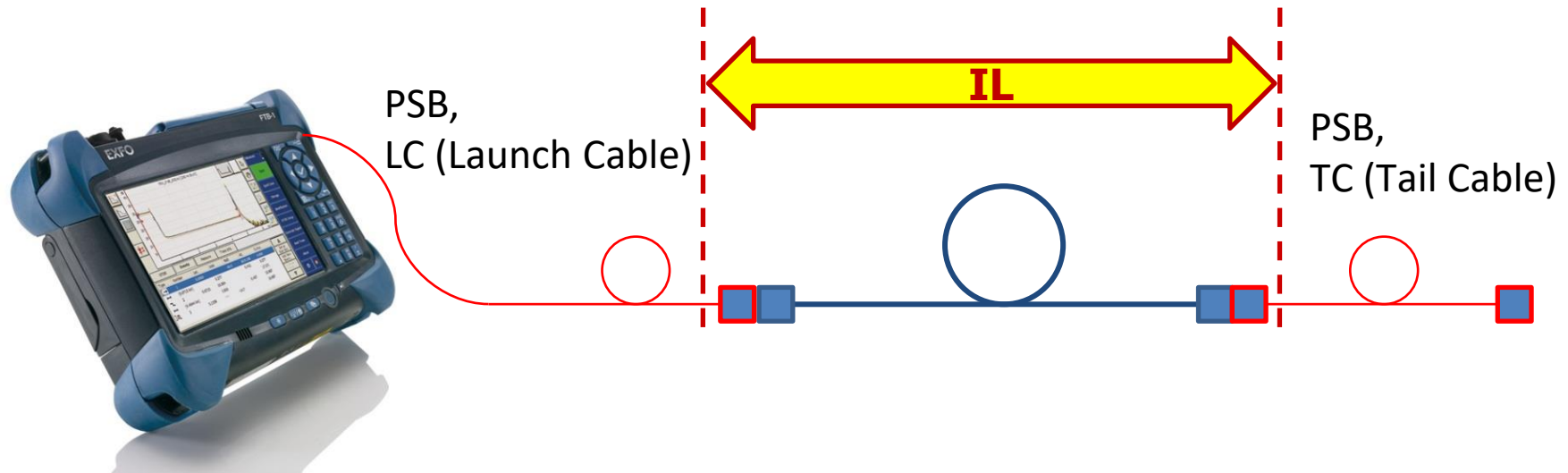


Enhanced 3-test-cord method :



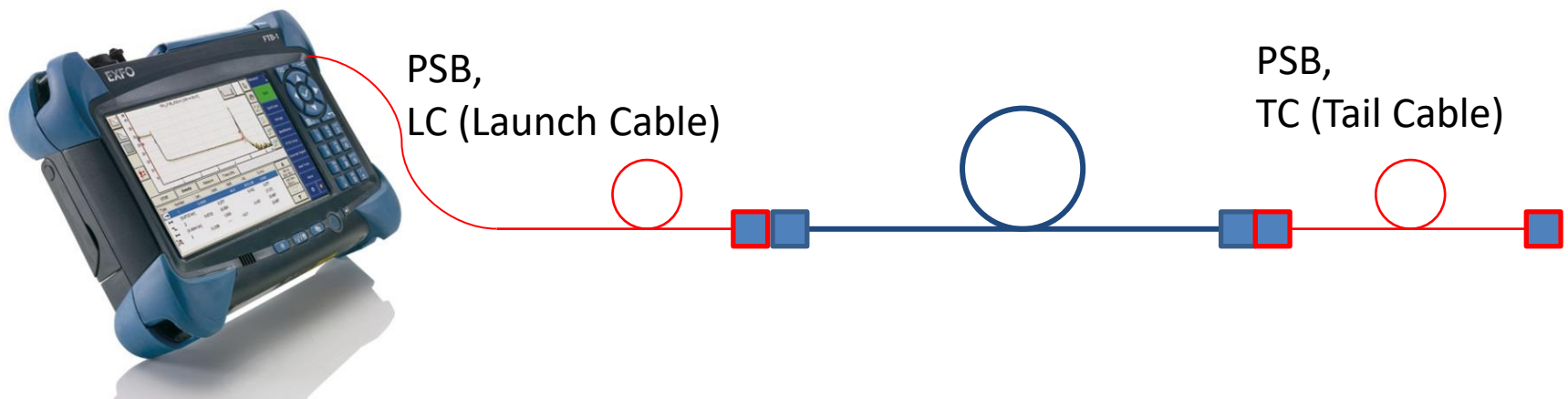
měření **skutečného vložného útlumu** celé trasy

- Předřadné + zařadné vlákno se stejným MFD (případně započítat korekci MFD)
- Aplikace iOLM (intelligent Optical Link Mapper) zajistí vyhodnocení
- Vysoká přesnost měření

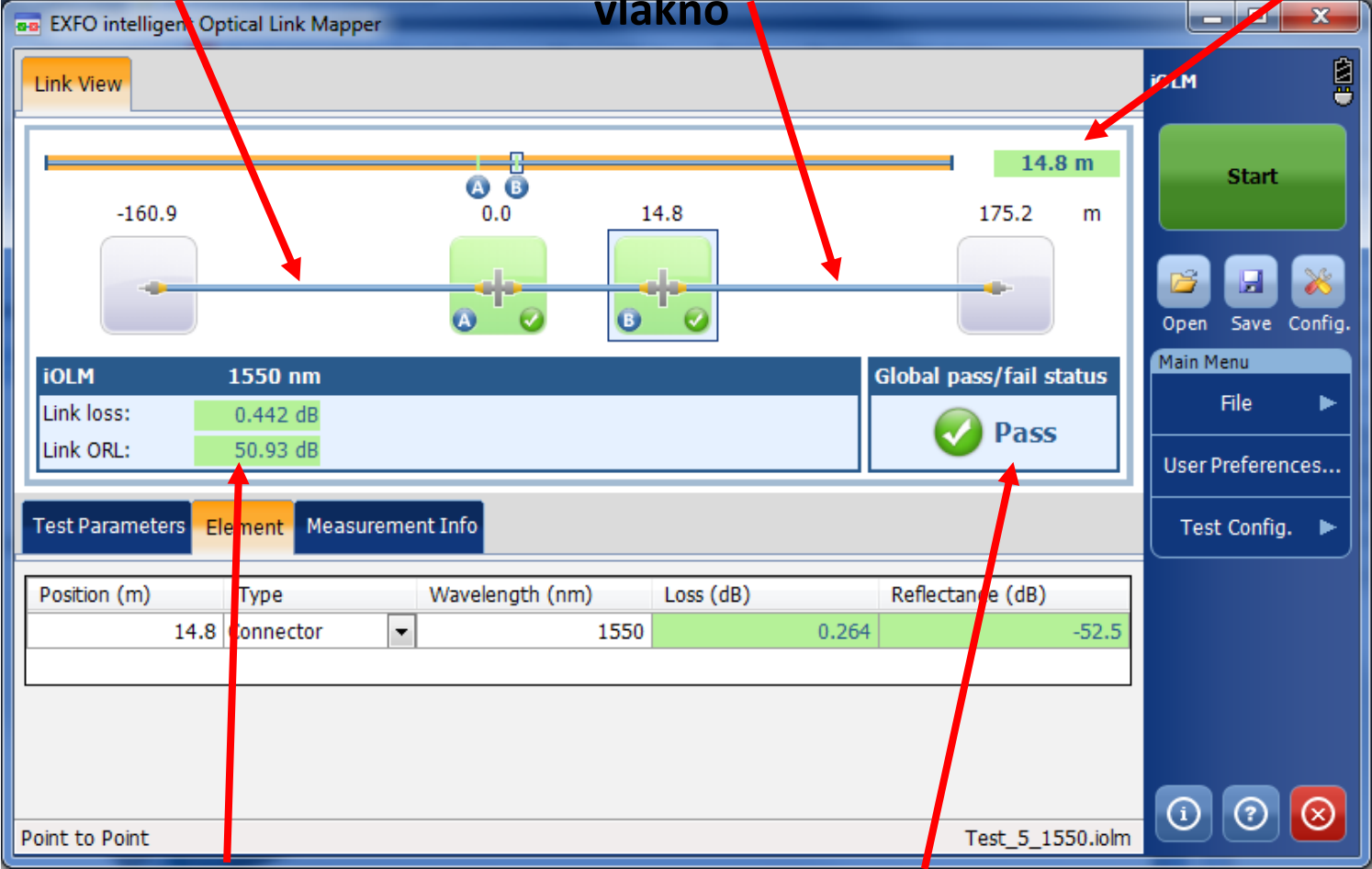


Výhody

- Jednoduché iOLM rozhraní pro ovládání OTDR
- Měření z jednoho místa bez nutnosti přejíždění
- Lokalizace poruchy a vyhodnocení součástek v jednom kroku bez dalších přístrojů
- Vysoká přesnost měření



Předřadné vlákno **Zařadné vlákno** **Délka trasy**



The screenshot shows the EXFO iOLM Optical Link Mapper interface. At the top, a diagram illustrates a fiber link with a total length of 14.8 m. The link is divided into sections: a pre-connector section (Předřadné vlákno) starting at -160.9 m, a connector section (Zařadné vlákno) at 0.0 m, and a post-connector section ending at 175.2 m. The connector section is highlighted with a green box. Below the diagram, the iOLM parameters are displayed: 1550 nm wavelength, Link loss of 0.442 dB, and Link ORL of 50.93 dB. The Global pass/fail status is shown as 'Pass' with a green checkmark. A table at the bottom provides detailed measurement data for the connector at 14.8 m.

Position (m)	Type	Wavelength (nm)	Loss (dB)	Reflectance (dB)
14.8	connector	1550	0.264	-52.5

Celkové IL/ORL **Status trasy**

VLÁKNA

ČSN - evropské normy. Převzaté a někdy přeložené do češtiny.

ČSN EN 60793-1-1: Optická vlákna – Část 1-1 ed, 3 : Měřicí a zkušební postupy – Všeobecně a návod

ČSN EN 60793-1-40: Optická vlákna – Část 1-40 ed. 2: Metody měření útlumu

ČSN EN 60793-1-46: Měřicí metody a zkušební postupy – Monitorování změn optické propustnosti, Srpen 2002



ČSN EN 61300-1 ed. 4: Spojovací prvky a pasivní součástky vláknové optiky - Základní zkušební a měřicí postupy - Část 1: Obecně a návod

ČSN EN 61300-3-4 ed. 2: Spojovací prvky a pasivní součástky vláknové optiky - Základní zkušební a měřicí postupy - Část 3-4 ed.2: Zkoušení a měření – Útlum

ČSN EN 61300-3-7 ed. 2: Spojovací prvky a pasivní součástky vláknové optiky - Základní zkušební a měřicí postupy - Část 3-7 ed.2: Zkoušení a měření - Závislost útlumu a útlumu odrazu na vlnové délce u jednovidových součástek, srpen 2012

PASIVNÍ SOUČÁSTKY



ČSN EN 61280-4-1 ed.3 Postupy zkoušek optického vláknového komunikačního subsystému – Část 4-1: Instalované kabelové trasy – Měření mnohovidového útlumu

OPTICKÉ TRASY

ČSN EN 61280-4-2 ed. 2 Postupy zkoušek optického vláknového komunikačního subsystému - Část 4-2: Instalovaná kabelová trasa - Měření útlumu a útlumu odrazu jednovidových vláken



ISO/IEC 14763-3 Information Technology - Implementation and operation of customer premises cabling
Part 3: Testing of optical fibre cabling

OPTICKÉ TRASY – KABELÁŽNÍ SYSTÉMY

RTM-Reference Test Method
ATM-Alternative Test Method
N/A - Not Applicable

IEC 61280-4-2 Měření IL, OLR tras SMF		metoda A (Annex A: 1-cord)	metoda B (Annex B: 3-cord)	metoda C (Annex C: 2-cord)	metoda D (Annex E:OTDR)
konfigurace A	patchpanel-patchpanel ODF-ODF	RTM	ATM	ATM	ATM
konfigurace B	patchcord-patchcord zástrčka-zástrčka	N/A	RTM	N/A	ATM
konfigurace C	hybridní zástrčka-zásuvka zásuvka-zástrčka	N/A	ATM	RTM	ATM

IEC 61280-4-1 Měření IL tras MMF		metoda A (Annex A: 1-cord)	metoda B (Annex B: 3-cord)	metoda C (Annex C: 2-cord)	metoda D (Annex D: equipment cord)	metoda E (Annex E:OTDR)
konfigurace A	patchpanel-patchpanel ODF-ODF	RTM	ATM	ATM	N/A	ATM
konfigurace B	patchcord-patchcord zástrčka-zástrčka	N/A	RTM	N/A	N/A	ATM
konfigurace C	hybridní zástrčka-zásuvka zásuvka-zástrčka	N/A	ATM	RTM	N/A	ATM
konfigurace D	se šňůrami k zařízení patchcord-patchcord zástrčka-zástrčka	N/A	ATM	N/A	RTM	ATM

IEC 14763-3 Testing of optical fibre cabling		metoda 9.1.1.2 Channel test method	metoda 9.1.1.3 Link test method 1-cord	metoda 9.1.1.3 Link test method enhanced 3-cord	metoda 9.1.2.1 OTDR
konfigurace	permanent link ODF-ODF	N/A	OK*	OK**	OK
konfigurace	channel zástrčka-zástrčka	OK	N/A	N/A	OK

OK-Applicable Test Method
N/A - Not Applicable

Umíte spočítat nejistotu měření?

Krok 2: Proved'te analýzu nejistot
(možné zdroje chyb měření)

AKADEMIE VLÁKNOVÉ OPTIKY A OPTICKÝCH KOMUNIKACÍ[®]

Určení nejistoty: analýzou vlivových veličin + výpočtem

Zdroje chyb při měření útlumu jednovlákenných vláken:

TX: spektrální vlastnosti laseru, nestabilita laseru ...

RX: spektrální vlastnosti detektoru, offset a drift detektoru, linearita elektroniky ...

DUT*: stabilita parametrů, citlivost na parametry TX (např. spektrální útlum)

Měřicí šňůry, doplňky a příslušenství: stabilita parametrů

Vlivy okolí: teplota, vlhkost, prach ... vliv na TX, RX, DUT*, příslušenství

Opakovatelnost ...

Příklad: přímá metoda LS-PM: 37 zdrojů chyb = 37 nejistot = 37 analýz/testů

*) DUT Device Under Test – měřený objekt

Veličina, zdroj nejistoty X_i	odhad x_i	jednotky	štandardná nejistota $u(x_i)$	jednotky	rozdelenie	Citlivostný koeficient c_i	jednotky	Příspěvek k relativní štandardnej nejistote $u(y_i)$	jednotky
Nejistota měření výkonu P1 (reference)									
Zdroj záření									
stabilita výkonu zdroje záření (8h)	1	1	0,66%	1	rovnorné	1	1	6,65E-03	1
nestabilita výstupního výkonu konektoru při manipulaci	1	1	0,13%	1	rovnorné	1	1	1,33E-03	1

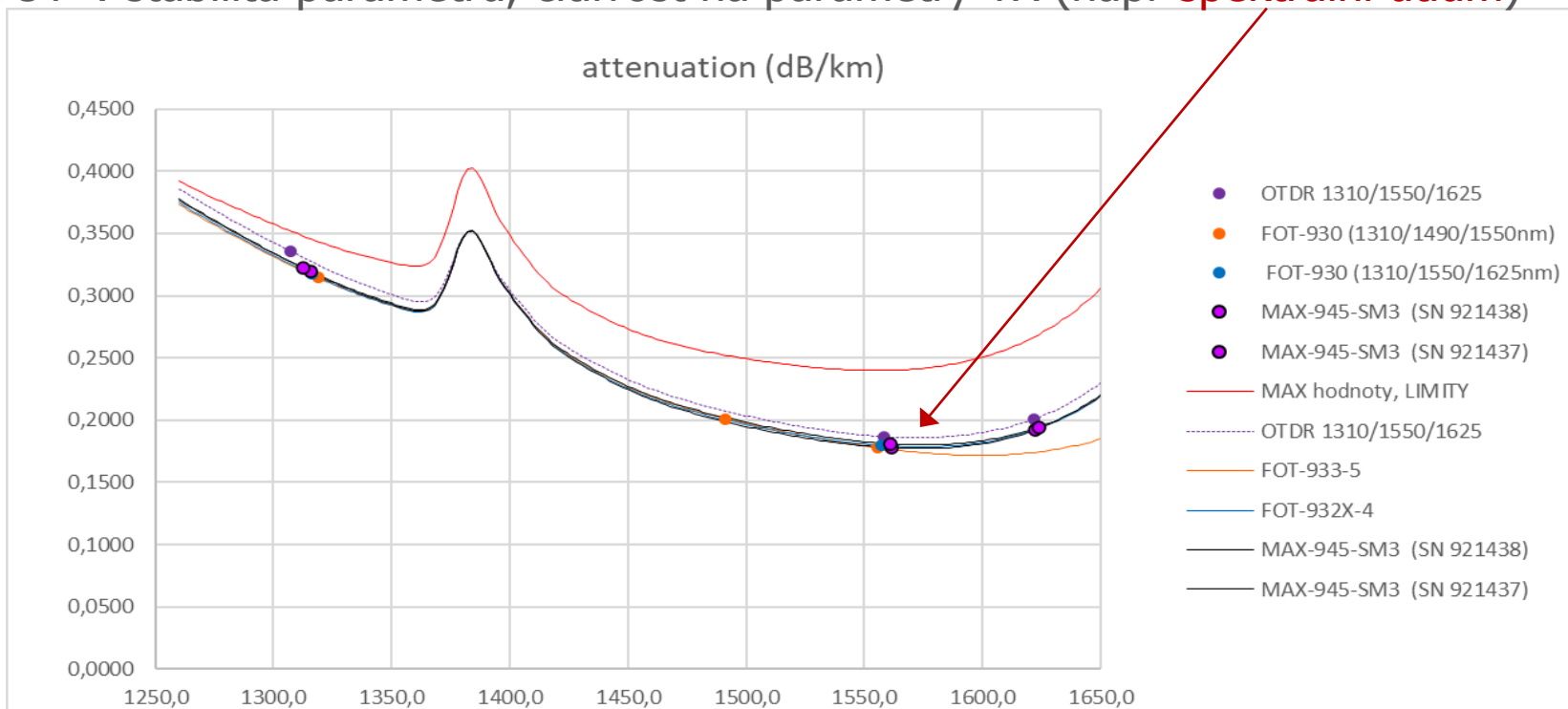
Výsledek: přímá metoda MAX-945: rozšířená nejistota $U = 0,17$ dB (95%, koeficient pokrytí $K=2$)

Určení nejistoty: analýzou vlivových veličin + výpočtem

příklad: TX: spektrální vlastnosti laseru, nestabilita laseru ...

RX: spektrální vlastnosti detektoru

DUT*: stabilita parametrů, citlivost na parametry TX (např **spektrální útlum**)



*) DUT Device Under Test – měřený objekt

Projekt MEKONG - Metrologie a kontrola kvality optické infrastruktury sítí 5G a VHCN

Pro uživatele měřidla je důležité:

1) Určit nejistotu měření pro konkrétní případ, to znamená:

- měřicí metodu
- měřidla
- zapojení
- měřený objekt
- prostředí



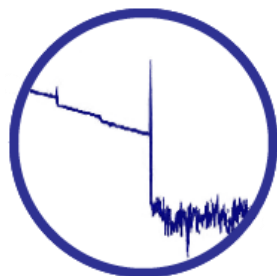
ČVUT FEL, Katedra
elektromagnetického pole

2) Vyzkoušet si měřidla, zapojení a měřicí postup – verifikace metrologických vlastností včetně vlivů prostředí, obsluhy,...

Výstupy projektu MEKONG* by vám to měly usnadnit.

*) Projekt MEKONG č. projektu FW03010551 je realizován za finanční spoluúčasti TAČR, program TREND

Osvěta, inspirace a podpora pro vaše projekty na [webu](#)



OTDR MĚŘENÍ



DOPORUČENÉ MĚŘENÍ OPTICKÉ KABELÁŽE
V DATACENTRECH



Co dalšího si budete přát?

Projekt MEKONG pokračuje ...

Přijďte si změřit trasu, vyzkoušet si to ...

Seminář sítě FTTx v roce 2022:



praktické tipy a informace
ukázka měření na pracovišti PROFiber Networking
vzdělávací sekce v pátek
[aplikační sekce](#) na webu

Praktická školení AKADEMIE VLÁKNOVÉ OPTIKY A OPTICKÝCH KOMUNIKACÍ ®

FO-12 [Měření a vyhodnocení optických kabelových tras](#)

FO-14 [Disperze CD a PMD a její měření](#)

FO-18 [ZDOTDR - Vyhodnocení optických tras](#)

FO-19 [FastReporter - Vyhodnocení optických tras](#)

Projekt MEKONG pokračuje ...

Další příležitost se potkat:

Přijed'te do Tábora 2-3. května!



Pozdravuje vás pan **Josef Hron**, pobočka **ČES Tábor**

Měření a údržba sdělovacích kabelů LII. (MÚ 2022), Tábor 2-3.května 2022

Děkujeme za pozornost

Otázky?

AKADEMIE VLÁKNOVÉ OPTIKY A OPTICKÝCH KOMUNIKACÍ[®]

PROFiber Networking CZ s.r.o.
Mezi Vodami 205/29
143 00 Praha 4

PROFiber Networking s.r.o.
Bernolákova 2
917 01 Trnava

the art of
optical
communication

