



MINISTERSTVO VNITRA
ČESKÉ REPUBLIKY



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ



VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

OPTICKE SITE

Josef Vojtěch

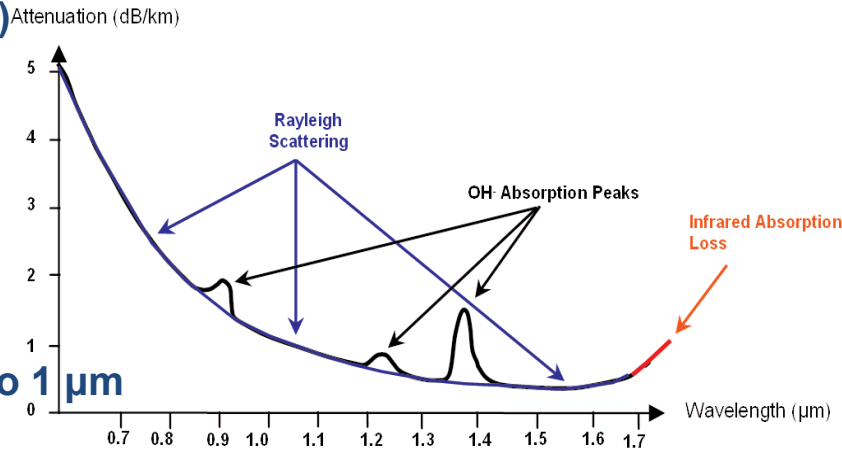
Lada Altmannová, Sarbojeet Bhowmick, Ondřej Havliš, Michal Hažlinský, Tomáš Horváth, Václav Kubernát, Jan Kunderát, Martin Míchal, Tomáš Pecka, Jan Radil, Martin Šlapák, Radek Velc, Rudolf Vohnout

**Oddělení optických sítí
CESNET z.s.p.o.**

19. října 2021

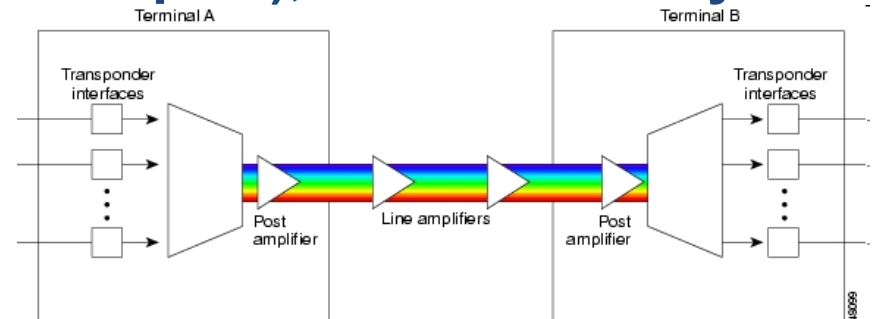
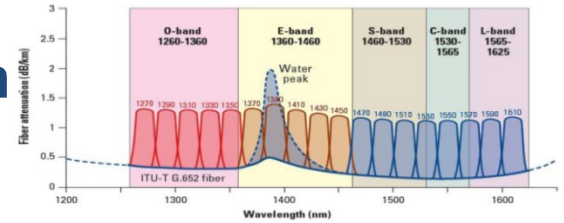
- Historická pozice
- Optická síť e-Infrastruktury CESNET
- Open Line Systém Czech Light
- Specifické přenosové služby
- Panevropská síť GEANT
- Přenosy velmi přesného času a koherentní optické frekvence - projekty
- Kvantová distribuce klíčů – projekty

- 1940 – 3 MHz koaxiální kabel (vzdálenost mezi opakovači 1 km)
- 1948 – Mikrovlnný radiový systém 4 GHz
- 1960 – Funkční laser - T. Maiman
- 1962 – Vynález polovodičového laseru
- 1966 – Charles K. Kao vyrobil vlákno – 1000 dB/km
- 1970 – Kapron, Keck, Maurer, křemičité sklo útlum 20dB/km pro 1 μm
- První generace přenosových systémů
 - GaAs lasery 850 nm, 45 Mb/s, mnoha vidová vlákna, regenerace 10 km
- 80. léta počátek, druhá generace přenosových systémů
 - 1310 nm, 1 dB/km, 100 Mb/s, mnoha-vidová vlákna
 - Pozdní 80. léta – 2 Gb/s, jednovidová vlákna, regenerace 50 km
- Devadesátá léta – třetí generace přenosových systémů
 - 1550 nm, problémy s lasery, 2,5 Gb/s později 10 Gb/s, regenerace 70 km



Doba vláknová s optickými zesilovači

- Optické zesilovače s vláknem dopovaným erbiem
- Čtvrtá generace, revoluce v telekomunikacích
- Pozdní osmdesátá léta, Payne and Kaming (University of Southampton)
- Přímé zesílení v optické doméně, stimulovanou emisí
- Zesilují nezávisle více signálů (vlnový multiplex), nezávislé na rychlosti a protokolu



Optická vlákna v síti CESNET

- 1999 první pronájem temného vlákna

 - 300km - Praha Brno z 155M na 2.5G

- Zásadní koncepty:

 - 2002 Nothing in Line(NIL)

 - 2002 jednovláknové přenosy

 - 2003 Cross Border Fibres (CBF)

 - 2004 Open transmission system

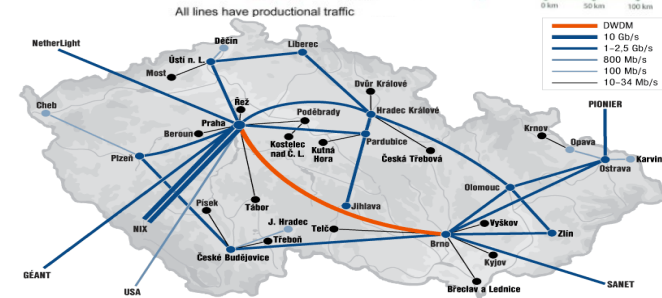
- 2004

 - 3000 km vláken (včetně 350 km jednovláken)

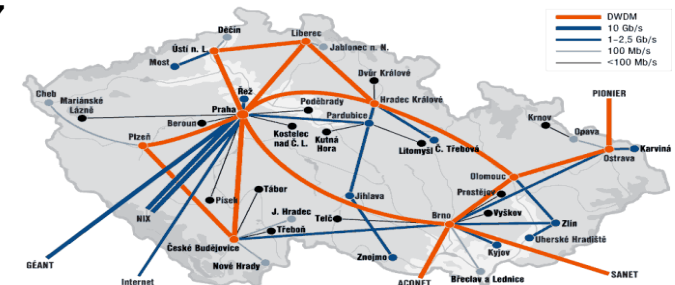
Pre - CESNET2 Topology (February 2000)



2004



2007



Optická vlákna v síti CESNET

■ 2014

■ 100Gbps testy

■ 1063km, 276 dB

■ 655km, vč. 368km jednovláken,
DCF+FBG

■ 2017

■ 56 Gbaud systém 200/300/400 Gbps,
vyžaduje 59 GHz spektra

■ Jen 48 kanálů, 19.2 Tbps)

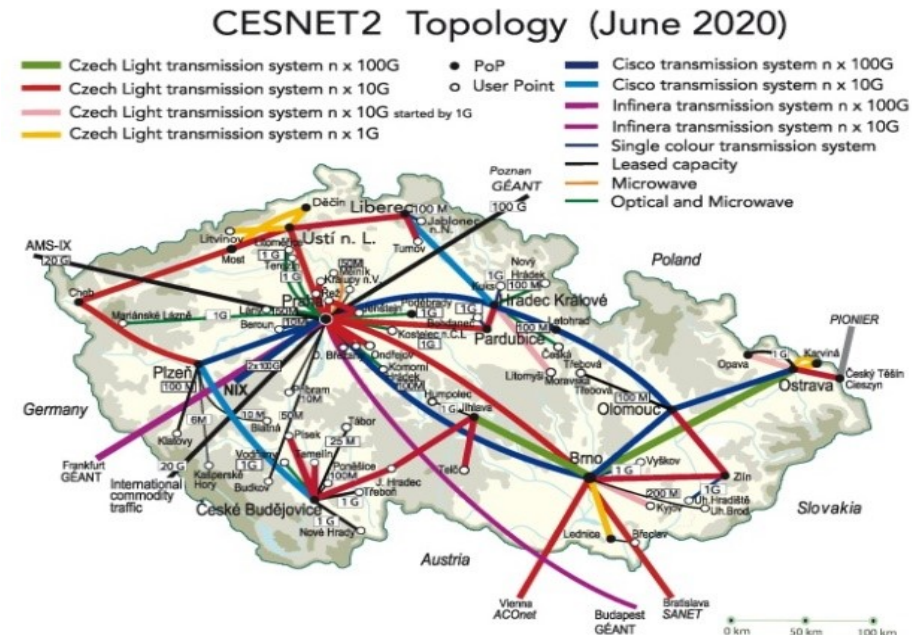
■ Dosaženo 300 Gbps achieved



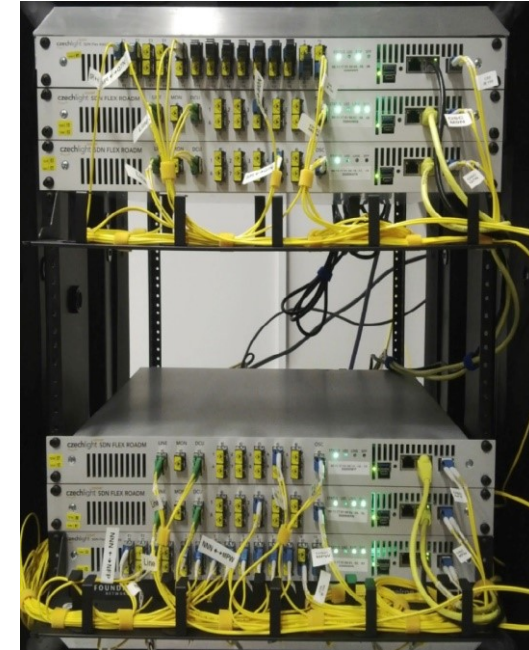
Optická vlákna v síti CESNET

■ Stav 2021

- > 5800 km linek temných vláken celkem
- > 1390 km z toho jednovláknových linek
- Upgrade z 10G DWDM s kompenzací CD (10+100G) na systém s flexibilním gridem a až 400 Gbps přenosy



- Open Line System – Czech Light
- Pro efektivní využití vláknových kapacit (pásma C a L, sdílení vláken, obousměrné přenosy).
Nasazován od roku 2004: „CzechLight & CzechLight Amplifiers“, 17th TF-NGN, Zurych, 2005“
- Nasazeno více než 130 zařízení rodiny Czech Light® v CESNET2.



■ CESNET Lambda

Vyhrazená přenosová kapacita

Nízké (5 μ s/km) a garantované zpoždění a jeho rozptyl

Vyšší bezpečnost (odposlech přenášených dat je obtížný, fyzický přístup)

Vyšší spolehlivost (minimum OEO)

■ CESNET Photonic

Služba spektra - čistě optický přenos

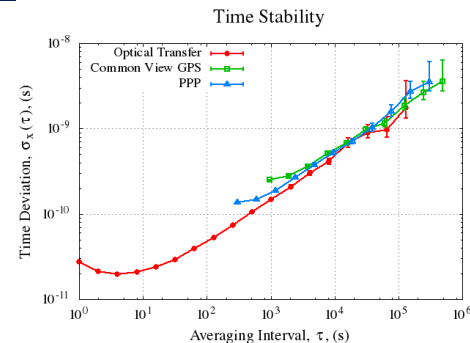
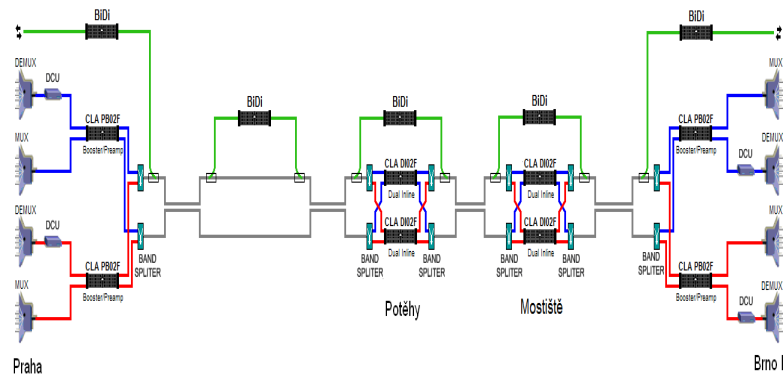
Vhodné pro aplikace vyžadující vysokou reprodukovatelnost

Umožňuje komunikaci v reálném čase, včetně procesů s náročnými požadavky na dobu odezvy sítě (tzv. „hard real time“)

Umožňuje rychlejší inovační cyklus a reakci na potřeby přenosů

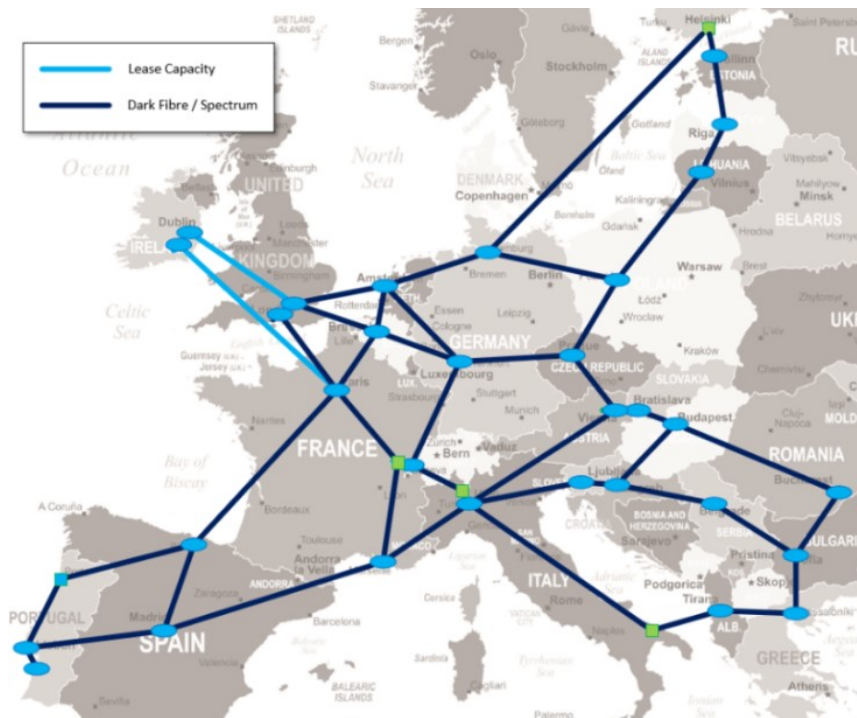
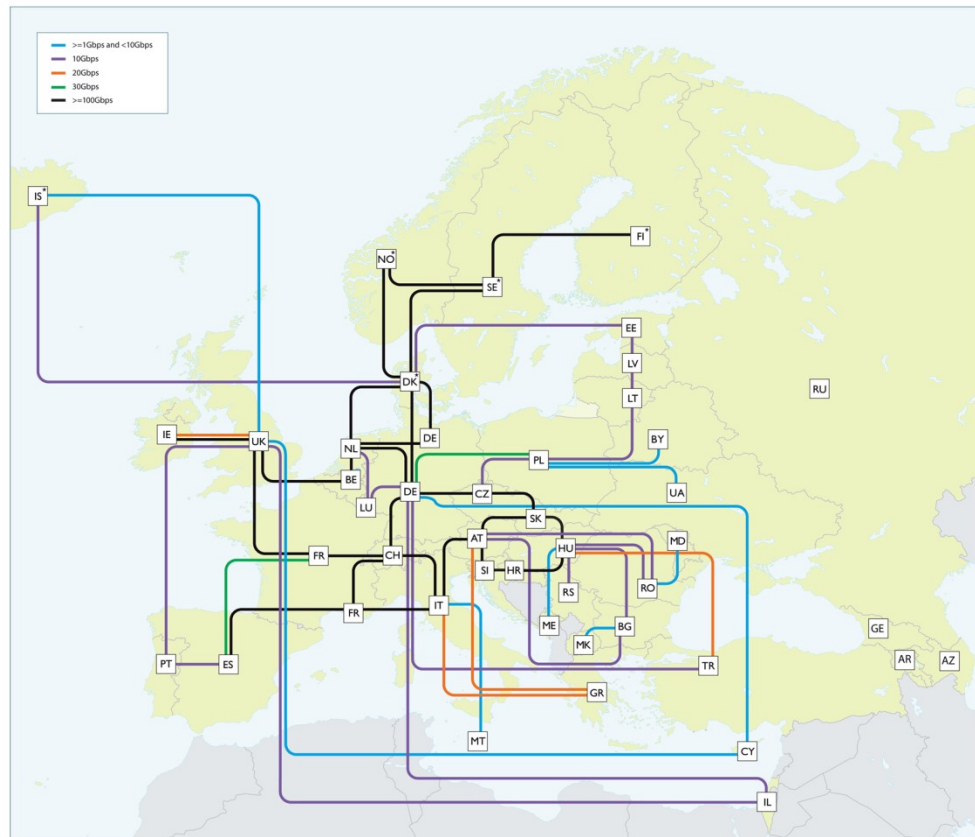
Časové přenosy v síti CESNET

- T UFE (Praha) – BEV (Wien), od 2011
- T obousměrně UFE (Praha) – VUGKT (Pecný), od 2013
- obousměrně T a F: CESNET (Praha) – UPT (Brno), od 2014



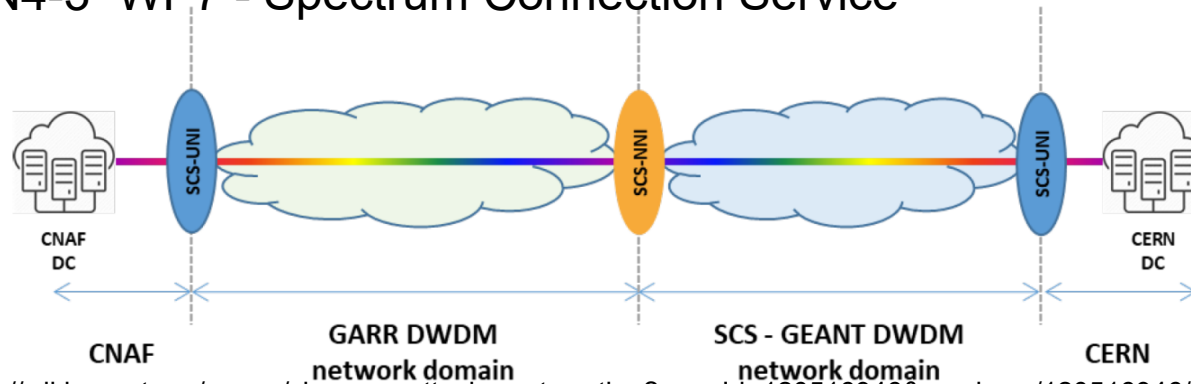
The Pan-European Research and Education Network

GÉANT interconnects Europe's National Research and Education Networks (NRENs). Together we connect over 50 million users at 10,000 institutions across Europe.



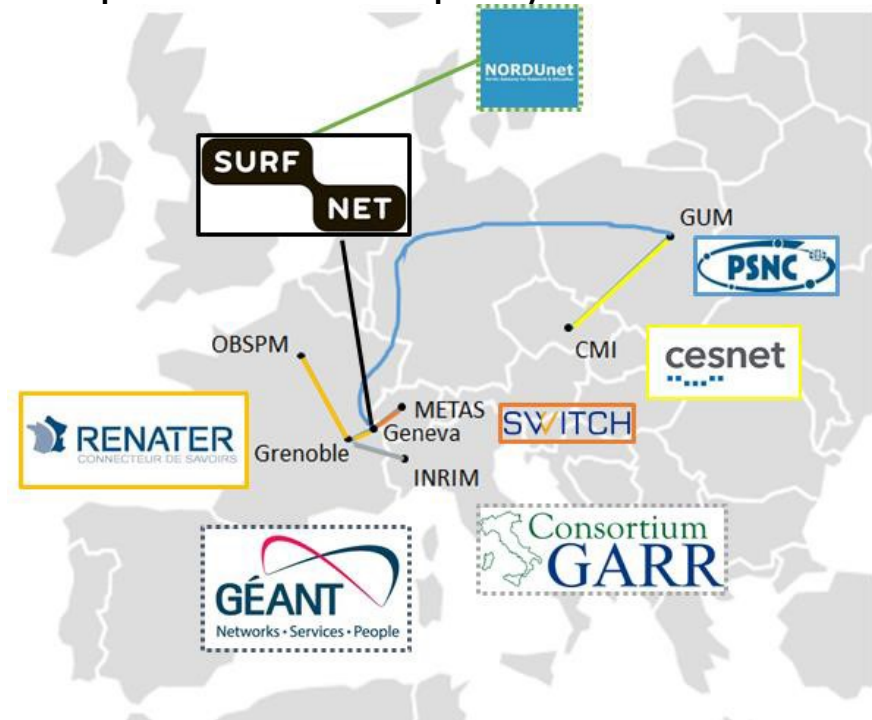
- GÉANT GN4-3 (856726 H2020), pracovní balíček 7 - Spectrum Connection Service
- Nová generace sítě umožní poskytnutí spektra jako služby
- SCS - Service Definition publikováno
- Vzorové příklady použití - Praha – Ženeva, Praha Amsterdam

GN4-3 WP7 - Spectrum Connection Service



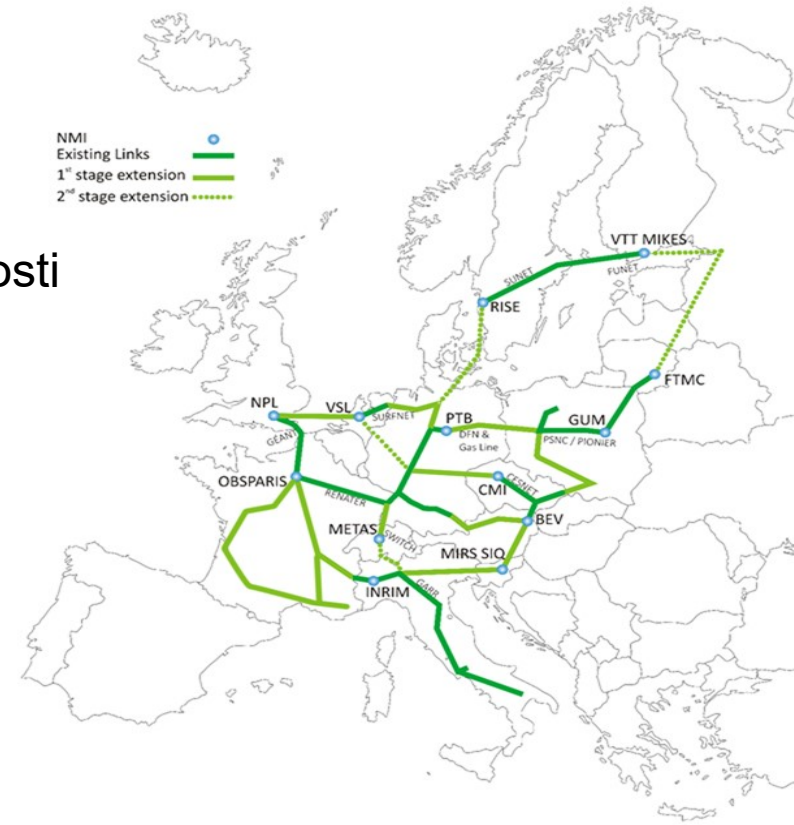
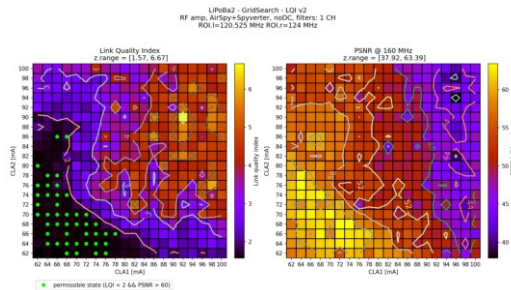
- https://wiki.geant.org/pages/viewpageattachments.action?pageId=120516946&preview=/120516946/154996387/M7-2_SCS-Service-Definition.pdf

- GÉANT GN4-3 (856726 H2020), pracovní balíček 6 - Optical Time Frequency Network
- Navržen TF testbed
- Bílý dokument „Distributing New Performant Time and Frequency Services over NREN Network“:
 - https://www.geant.org/Resources/Documents/GN4-3_White-Paper_Time_and_Frequency.pdf
 - GÉANT Infoshare: European Time and Frequency Services - Principles, Challenges and Use Cases
 - <https://events.geant.org/event/451/>
- Laboratorně otestován přenos s novým HW Infinera a obusměrným zesilovačem CzechLight CLA BiDi L



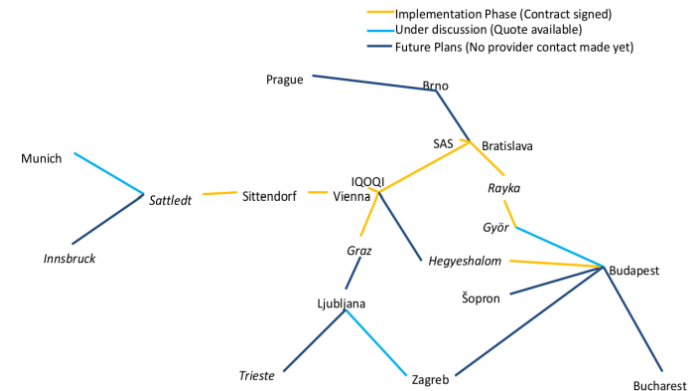
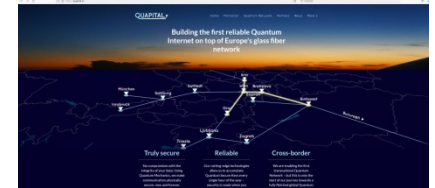
- CLONETS –DS (2020-2022)
- CLOck NETwork Services - Design Study
- Definice architektury která bude podporovat TF služby na nejvyšší možné úrovni stability a přesnosti

- TiFOON (2019-2022)
- Automatický provoz linek TF
- Detekce a zamezení oscilací
- Nasazení na EF Praha - Brno
- TF přenosy pro nové koherentní sítě





- Od 2018 QUAntum Photonic Intercity TrAnsmiSSion Lattice
- (QUPITAL) - <https://quapital.eu/>
IQOQI Vienna, Austrian Academy of Sciences



- First intercity and international trial in CZ
 - OpenQKD (Horizon 2020) - <https://openqkd.eu/>
 - (PSNC, TUOstrava)
 - Ostrava - Cieszyn line - 75km, 16 dB
 - Line used for data still
 - Lessons learned
 - very carefull cleaning, OTDR
 - SP(A)D might be advantage
 - QBER 2.19%, secret key rate 2kbps



- GÉANT GN4-3 pracovní balíček 6 - QKD
- [GÉANT Infoshare: Quantum Technologies - Principles, Challenges and Applications](#)
- <https://events.geant.org/event/353/>
- GÉANT Infoshare: Quantum Key Distribution - Practical Implementations, Challenges, R&E Use Cases and Standardisation outlook
- <https://events.geant.org/event/453/>
- **15.10.21 GÉANT Infoshare: Quantum Key Distribution, Physical implementation and testbed**
- <https://events.geant.org/event/1006/>

DĚKUJI ZA POZORNOST- DOTAZY PROSÍM

A NEW MAP of the **SUBMARINE CABLES** connecting the World, according to the best Authorities with all the latest Discoveries to the PRESENT PERIOD, 2015.

