

Certifikované měřicí nástroje ČTÚ

Nařízení (EU) 2015/2120; GBER, Pokyny BEREC; VO-S/1; Směrnice (EU) 2018/1972 (evropský kodex pro elektronické komunikace); ČTÚ-NetTest & Metodické postupy ČTÚ

Ing. Petr Koudelka, Ph.D.

Oddělení kontroly datových služeb
Odbor kontroly služeb a monitorování radiového spektra

Kam kráčí bezdrátové sítě / 21. května 2026



Český **telekomunikační** úřad



Obsah

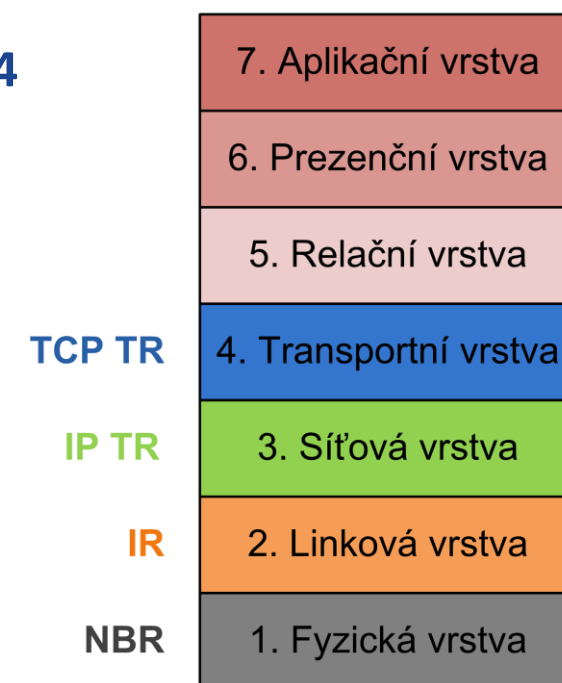
- Terminologie rychlostí
- Nařízení (EU) 2015/2120
 - Skutečný výkon služby
 - Certifikovaný monitorovací mechanismus
 - Skutečně dosahovaná rychlost (SDR), skutečná přenosová rychlost (SPR) a dopad počtu TCP vláken
 - VO-S/1
- Certifikovaný měřicí nástroj ČTÚ-NetTest
 - Metodika BEREC BoR (22) 82
 - Vlastnosti měřicího jádra na bázi nástroje RTR-NetzTest
 - Certifikované měření
- Metodický postup pro pevné a semi-pevné sítě
 - Obsah a význam hlavního těla metodického postupu
 - Měření podle přílohy č. 1 + alternativní měření
 - Měření podle přílohy č. 2
 - Měření podle přílohy č. 3
- Závěr
 - Praktické ukázky jednotlivých typů měření



Terminologie rychlostí: Základy počítačových sítí

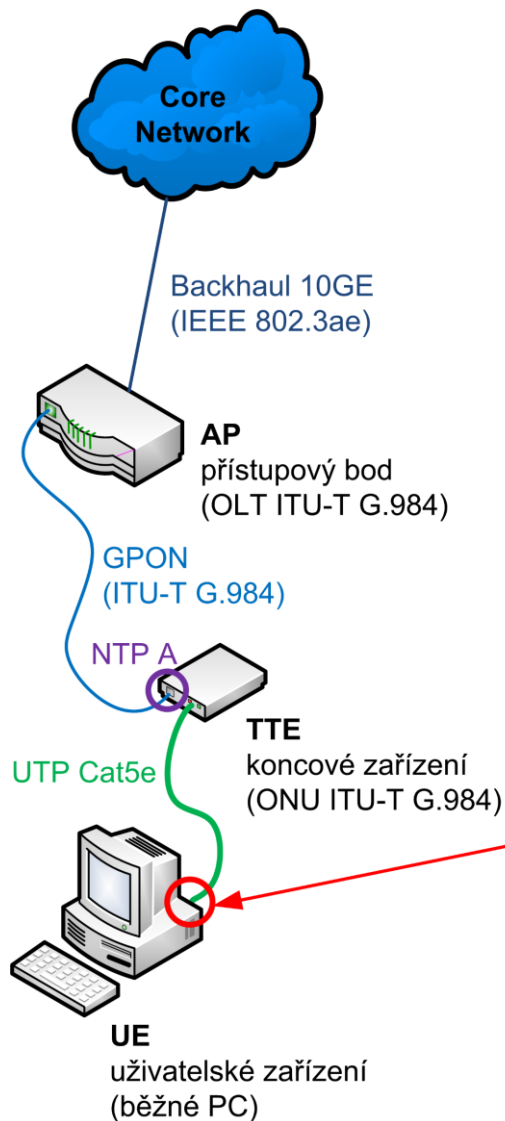
- Rychlosti dle **RM ISO/OSI**:
 - **NBR** (*Net Bit Rate*) je **bitová rychlost** (fyzická rychlost) → **L 1**
 - **IR** (*Information Rate*) je **linková rychlost** (informační rychlost) → **L 2**
 - **IP TR** (*IP Throughput*) je **IP propustnost** (IP síťová rychlost) → **L 3**
 - **TCP TR** (*TCP Throughput*) je **TCP propustnost** (TCP transportní rychlost) → **L 4**
- Potřebné parametry pro rozklíčování vztahu mezi jednotlivými rychlostmi a jejich vzájemný přepočet:
 - **MTU** (*Maximum Transmission Unit*) je maximální přenosová jednotka označující maximální velikost paketu, který lze přenášet síťovým rozhraním
 - Nejčastěji je MTU = 1500 B, v případě sítí CETIN (plánuje i TM) je MTU = 1492 B (používají PPPoE protokol)
 - **Velikost IP záhlaví** (*IP Header*) v rozsahu 20 až 60 B, standardně IPv4 = 20 B
 - Začíná se exponenciálně prosazovat IPv6 (40 B), nicméně zatím IPv6 nelze nárokovat v případě koncového uživatele (výklad BEREC)
 - **Velikost TCP záhlaví** (*TCP Header*) v rozsahu 20 až 60 B, standardně 20 B
 - Měřicí nástroj ČTÚ dle IETF RFC 6349, využívá velikost TCP záhlaví = 32 B (kvůli synchronizaci nástroje mezi terminálem a serverem)
 - **Velikost UDP záhlaví** (*UDP Header*) standardně 8 B

Referenční model ISO/OSI
(RM ISO/OSI)





Terminologie rychlostí: Základy počítačových sítí

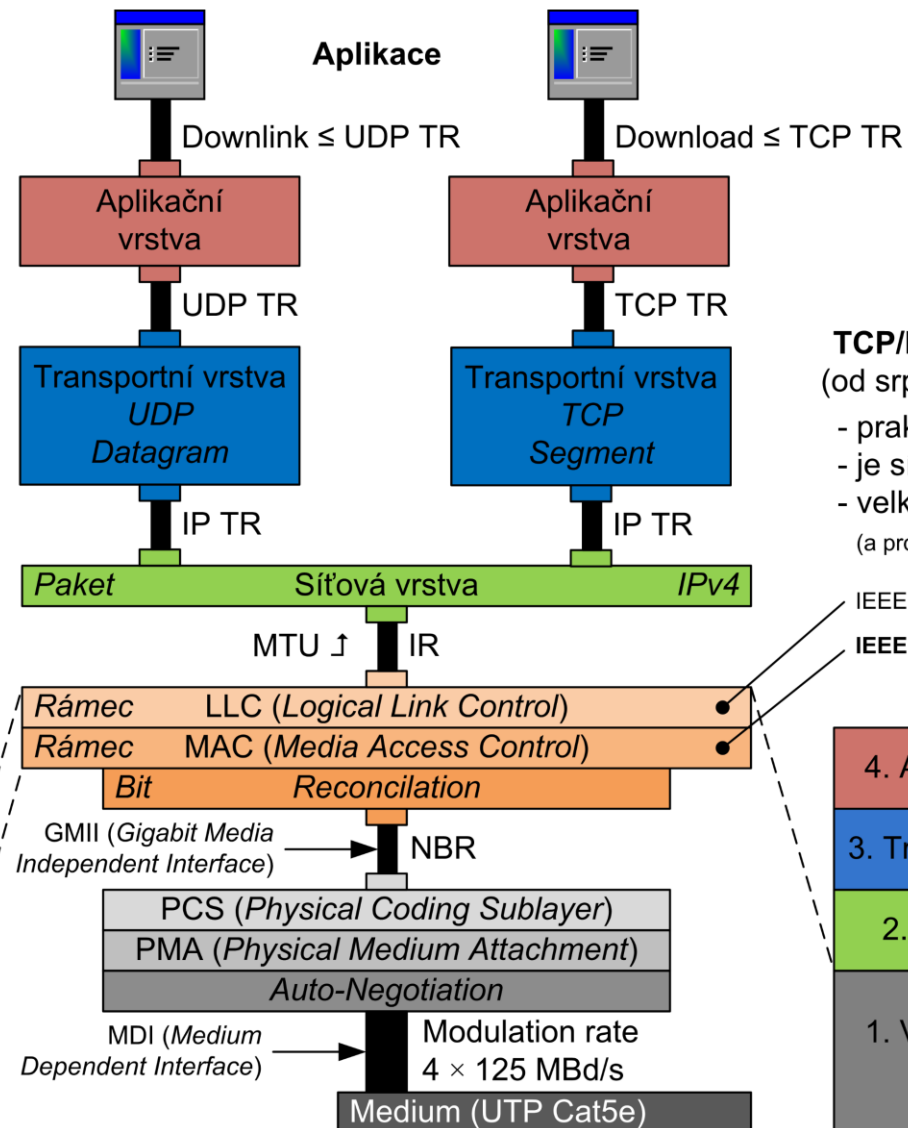


Referenční model ISO/OSI (RM ISO/OSI)

- teoretický model
- není síťovou architekturou
- menší vazba na praxi



Aplikace



TCP/IP model verze 4 (od srpna 1978 do dnes)

- praktický model
- je síťovou architekturou
- velká vazba na praxi (a proto má méně vrstev)

IEEE 802.2

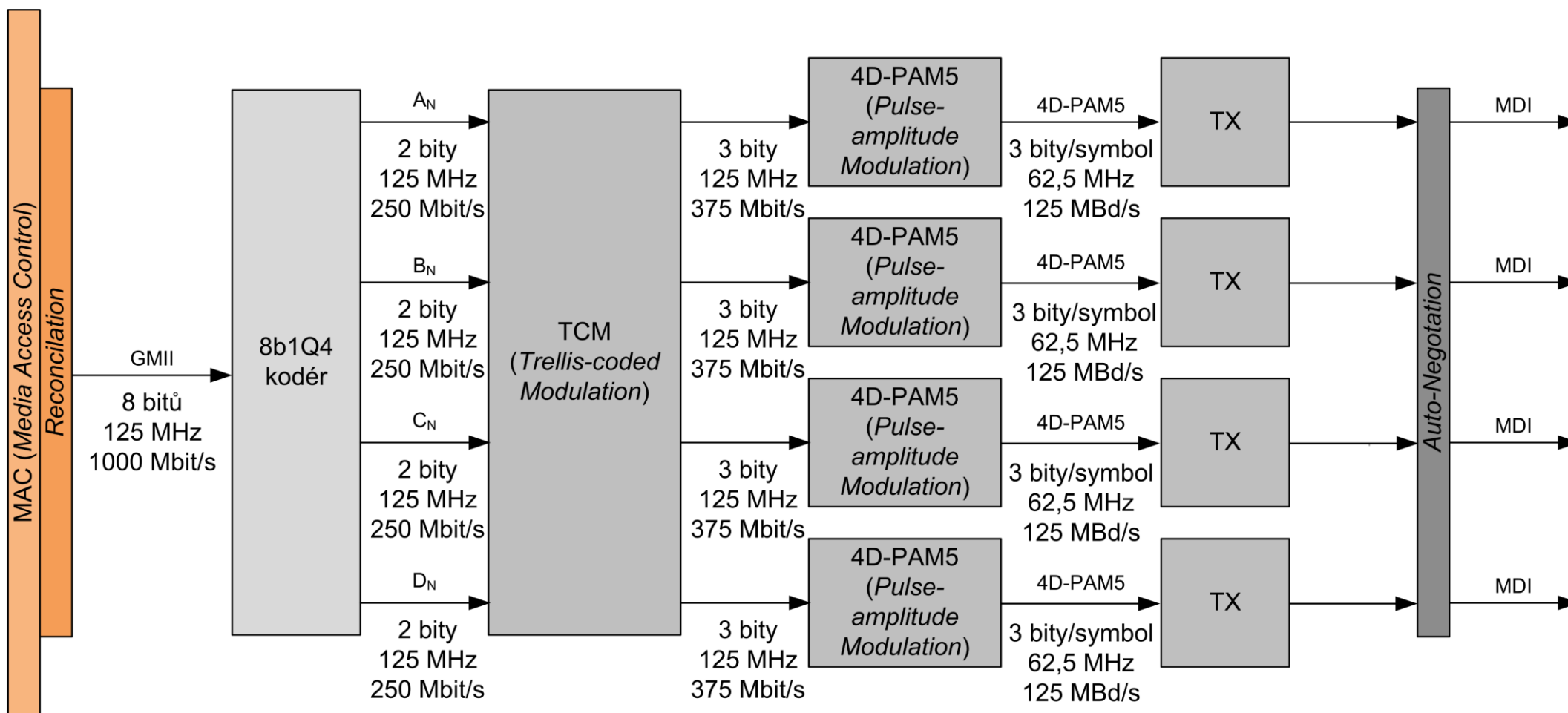
IEEE 802.3 (IEEE 802.3ab = 1000BASE-T)





1GE RJ-45 rozhraní: Procesy na fyzické vrstvě

- IEEE 802.3ab (1000Base-T) → NBR = 1000 Mbit/s
 - Připojení 1000 Mb/s (*connection 1000 Mbps*), modulační rychlost 125 MBd/s





Nařízení (EU) 2015/2120: Rychlosti ve smlouvě

■ Nařízení (EU) 2015/2120, čl. 4 odst. 1 (d) pro služby v pevném místě

- ISP zajistí, aby smlouva, která zahrnuje služby přístupu k internetu, obsahovala alespoň:

- **Inzerovaná rychlost (R_{inzer})** odpovídá TCP propustnosti (TCP TR)
- **Maximální rychlost (R_{max})** odpovídá TCP propustnosti (TCP TR)
- **Běžně dostupná rychlost (BDR)** odpovídá TCP propustnosti (TCP TR)
- **Minimální rychlost (R_{min})** odpovídá TCP propustnosti (TCP TR)

a proč zrovna odpovídají TCP propustnosti (protokolu transportní vrstvy)? Odpověď nám dávají BEREC Pokyny BoR (22) 81.

■ BEREC Pokyny BoR (22) 81, odst. 140:

- Za účelem posílení postavení koncových uživatelů by **hodnoty rychlostí požadované čl. 4 odst. 1 (d)** měly být uvedeny ve smlouvě a zveřejněny takovým způsobem, aby je bylo možno ověřit a použít ke zjištění jakéhokoli rozporu mezi skutečným výkonem služby a parametry dohodnutými ve smlouvě. Rychlosti pro upload a download by měly být uváděny jako jednotlivé numerické hodnoty v bitech za sekundu (např. kbit/s nebo Mbit/s). **Rychlosti by měly být uváděny na základě uživatelských dat protokolu transportní vrstvy**, a nikoli na základě protokolu nižší vrstvy.

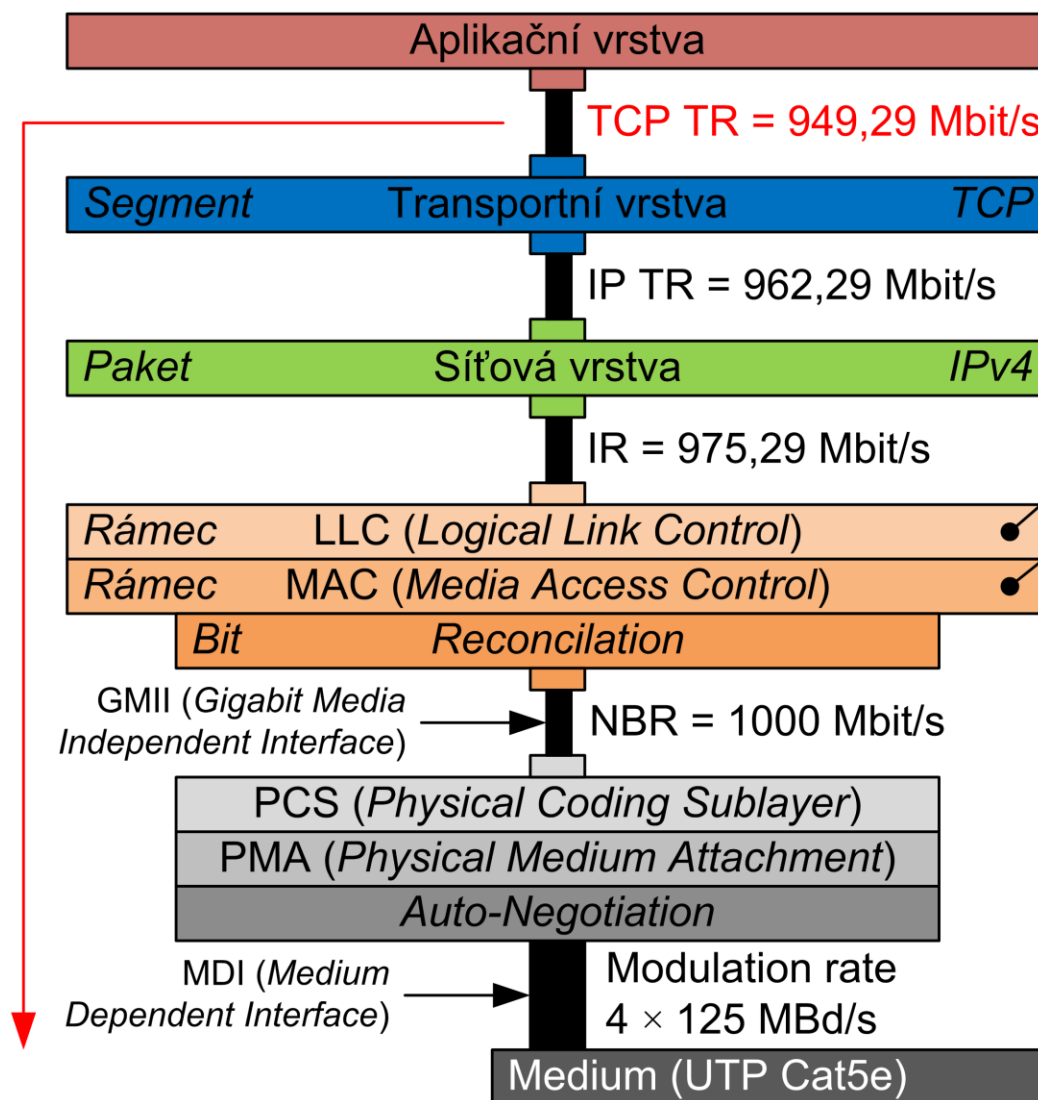
VO-S/1: „Uváděnou jednotkou jsou numerické hodnoty v bitech za sekundu (např. kb/s nebo Mb/s).“



Nařízení (EU) 2015/2120: Rychlosti ve smlouvě

Nařízení (EU) 2015/2120
Článek 4 odst. 1 (d)

Jak se má tedy měřit?
Odpověď nám dávají
Nařízení (EU) 2015/2120
Článek 4 odst. 1 (e),
Článek 4 odst. 4
a BEREK Pokyny
BoR (22) 81



*Může být na rozhraní IEEE 802.3ab (1000BASE-T) poskytována běžná služba s inzerovanou (maximální) rychlostí **1000 Mbit/s**?*

IEEE 802.2
IEEE 802.3 (IEEE 802.3ab = 1000BASE-T)

*Odpověď: **ano**, definice **maximální rychlosti dle VO-S/1** to umožňuje **díky toleranci šířky pásma 5 %**.*

*Koncový uživatel by službu **949,29 Mbit/s** nepochopil.*



Nařízení (EU) 2015/2120: Skutečný výkon služby

- **Nařízení (EU) 2015/2120, čl. 4 odst. 1 (e)**
 - ISP zajistí, aby smlouva, která zahrnuje služby přístupu k internetu, obsahovala alespoň:
 - jasné a srozumitelné vysvětlení toho, jaké prostředky nápravy má spotřebitel k dispozici podle vnitrostátního práva v případě **trvalé nebo pravidelně se opakující odchylky skutečného výkonu služby** přístupu k internetu, **pokud jde o rychlost** nebo jiné parametry kvality služby, od výkonu uvedeného podle písmen a) až d).

- Co je to **skutečný výkon služby**, pokud jde o rychlosti dle čl. 4 odst. 1 (d)??

- **Nařízení (EU) 2015/2120, čl. 4 odst. 4**
 - Za nedodržení výkonu pro účely aktivace prostředků nápravy, které má spotřebitel k dispozici podle vnitrostátního práva, se považuje jakákoliv velká a trvající či pravidelně se opakující odchylka **skutečného výkonu služby** přístupu k internetu, pokud jde o rychlost nebo jiné parametry kvality služby, od výkonu, který poskytovatel služeb přístupu k internetu uvedl v souladu s odst. 1 písm. a) až d), **pokud byly příslušné skutečnosti zjištěny pomocí mechanismu sledování ověřeného** vnitrostátním regulačním orgánem.

 - Originál (ENG): „...where the relevant facts are established by a **monitoring mechanism certified** by the..“



Nařízení (EU) 2015/2120: Certifikovaný mechanismus

■ Výklad podmínek ověřeného mechanismu sledování lze nalézt v BEREC Pokynech BoR (22) 81, odst. 161 až 166:

- (161) ...Nařízení nevyžaduje, aby členské státy nebo vnitrostátní regulační orgán vytvářely nebo certifikovaly mechanismus monitorování. Pokud vnitrostátní regulační orgán má k dispozici mechanismus monitorování zavedený za tímto účelem, měl by být tento považovaný za certifikovaný mechanismus monitorování podle čl. 4 odst. 4.
- (162) Práva zakotvená v Nařízení by byla účinnější, kdyby vnitrostátní regulační orgány vytvořily nebo certifikovaly jeden nebo více mechanismů monitorování...
- (163) Metodiky, které by certifikované mechanismy monitorování mohly používat, jsou dále popsány v následující části nazvané Metodika pro monitorování výkonu služby přístupu k internetu (IAS)...

Metodika pro sledování výkonu služby přístupu k internetu

- (164) Vnitrostátní regulační orgány by měly při zavádění metodiky měření přihlídnout k dokumentu **BoR (14) 117** a k dokumentu **BoR (22) 72**...
 - Report BEREC **BoR (14) 117**: *Monitoring quality of Internet access services in the context of net neutrality*: Kapitola 4.1: Metriky měření → „RFC 3148 a **RFC 6349** define frameworks for measurement of transmission speed using the TCP protocol“
 - Metodika BEREC **BoR (22) 72**: *Net Neutrality Regulatory Assessment* → **ČTÚ-NetTest**



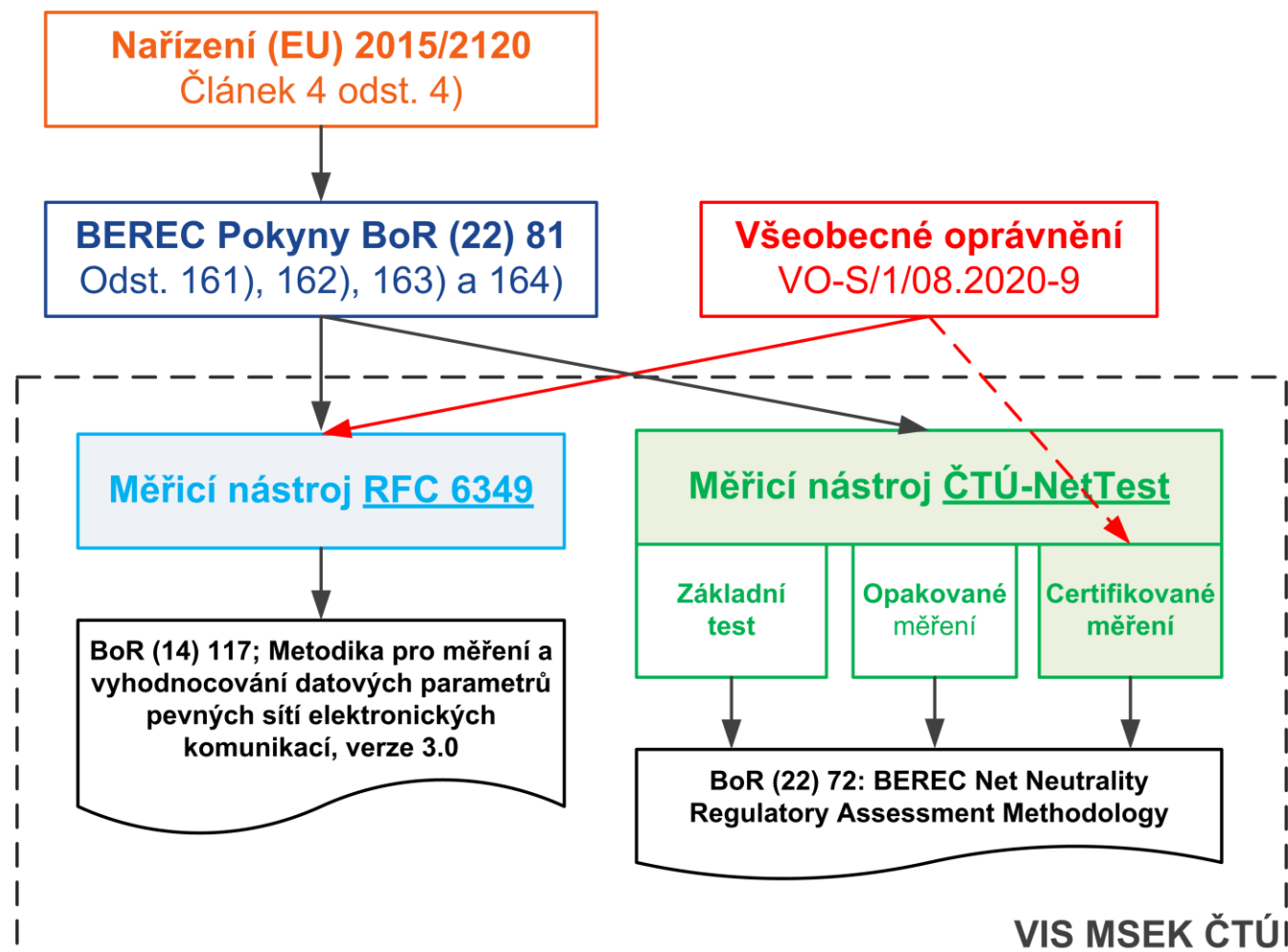
Certifikované monitorovací mechanismy (měřicí nástroje)

■ Nástroj RFC 6349:

- součást kalibrovaného měřicího systému v rámci VIS MSEK (EXFO),
- schopnost měřit až 10 Gb/s,
- měření provádí pracovníci ČTÚ,
- místní šetření, kontrola.

■ Nástroj ČTÚ-NetTest:

- veřejně dostupný měřicí nástroj,
- založen na bázi open source, spolupráce s RTR (RTR-NetzTest),
- limitace rychlostí vlivem:
 - webového browseru,
 - síťového rozhraní PC,
 - výkonu CPU (CPU-Z Benchmark),
- reklamace nebo podnět,
- Broadband Atlas (BBA),
- **monitorování dodržování Nařízení.**





Výsledky měření skutečného výkonu služby (rychlosti)

■ Skutečná přenosová rychlost (SPR)

- tento typ výsledku měření vznikl nevhodným překladem Nařízení (EU) 2015/2120, odst. 17, do češtiny: „...úrovně a účinků přetížení sítě, **skutečné přenosové rychlosti** v porovnání s inzerovanou,...“,
- pro pochopení významu je nutné se podívat do originálního znění: „...the levels and effects of congestion in the network, **actual versus advertised speeds**,...“
- protože se jedná o **aktuální rychlost**, je to objem přenesených (užitečných) dat **za jednotku času**,
- její znalost odhalí různé praktiky poskytovatelů služeb (zacházení s datovým provozem).

■ Skutečně dosahovaná rychlost (SDR)

- určuje se jako objem přenesených (užitečných) dat **za časový interval**,
- výsledná hodnota je tedy ovlivněna délkou měření (stanoveného časového intervalu),
- prakticky se tak jedná o **průměrnou aktuální rychlost za časový interval**.

■ BEREC Pokyn BoR (22) 81: **skutečně dosahovaná rychlost**

- (165) Podle stávajících pokynů se rychlost vypočítává podle objemu dat **za určité časové období**. Tato měření rychlosti by měla být prováděna pro download i upload. Kromě toho by rychlost měla být vypočítána **na základě uživatelských dat protokolu transportní vrstvy**...



Skutečná přenosová rychlost a skutečně dosahovaná rychlost

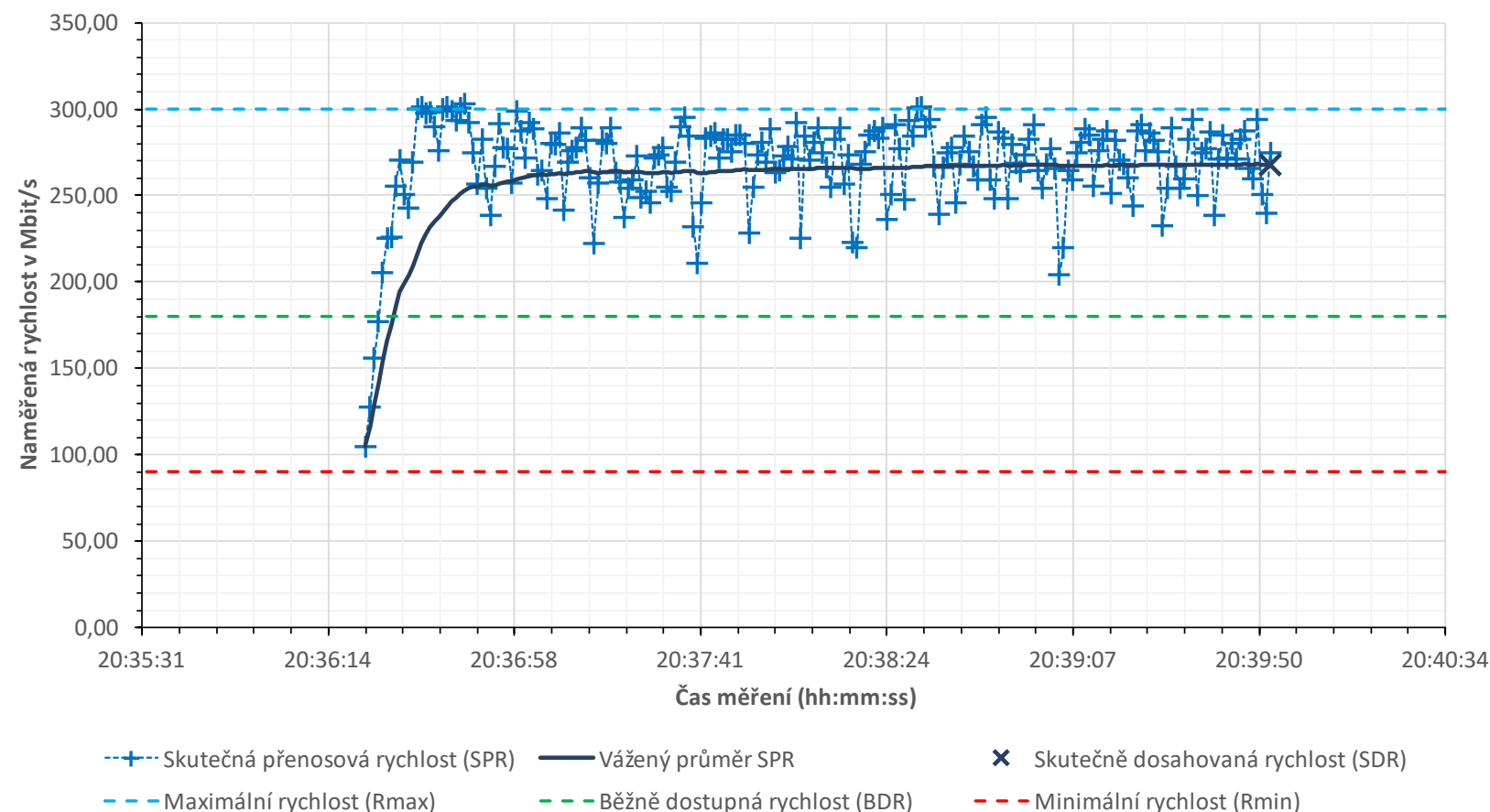
- **MSEK Downloader** je doplňkový měřicí nástroj (Python, bez dopadu CPU).
- Výsledek zobrazuje **reálné rozdíly** mezi SPR a SDR (interval měření 3,5 minut).
- ČTÚ dokáže díky od roku 2021 měřit a analyzovat skutečnou přenosovou rychlost (SPR):
 - **stará verze nástroje:** měření probíhá pouze prostřednictvím **1 TCP vlákna**,
 - **nová verze nástroje:** měření probíhá na **libovolném počtu TCP vláken** dle zvoleného scénáře.

MSEK Downloader: 05.09.2021 / 20:36:23

Název poskytovatele služby, DOCSIS 3.0 (DOCSIS): Název služby

$R_{inzer} = 300/20$ Mbit/s; ulice SNP, Otrokovice

UE: Intel Core i5-6300U CPU @ 2.30 GHz, CPU -Z: 811





Skutečná přenosová rychlost a skutečně dosahovaná rychlost

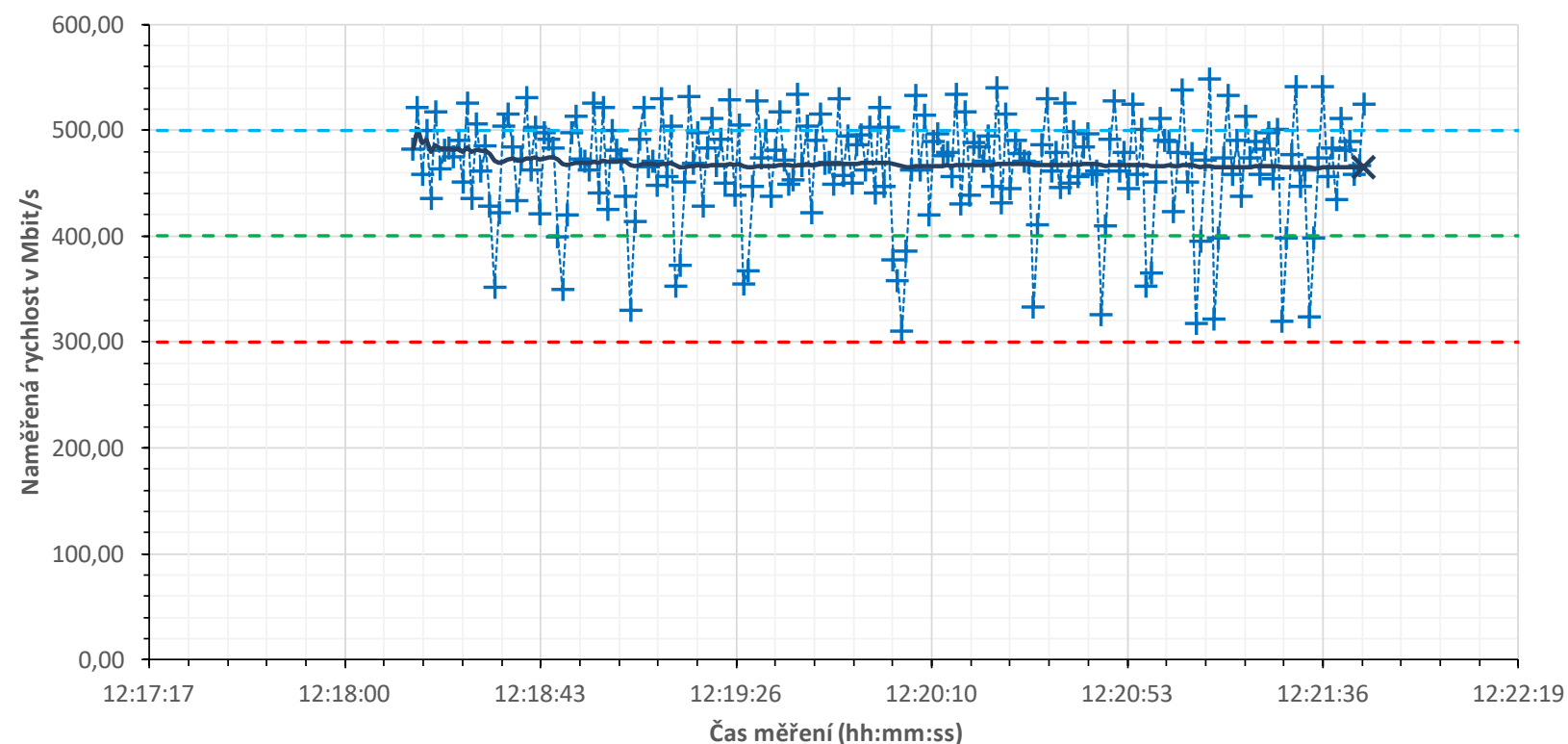
- **Pro zamyšlení:** Vykazovala by taková služba velké odchylky od výkonu služby (BDR)??
 - Kdybychom ji posuzovali podle skutečné přenosové rychlosti (SPR), **tak zřejmě ano...**
 - a přitom se jen jedná o přirozenou vlastnost TCP protokolu (v tomto případě).
- TCP protokol přenáší data jako proud bytů a proto musí zajišťovat řízení toku a předcházet zahlcení (*algoritmus TCP Congestion Control, TCP Cubic*).

MSEK Downloader: 06.09.2021 / 12:13:40

Název poskytovatele služby, FTTH (FTTx): Název služby

$R_{inzer} = 500/150$ Mbit/s; ulice Zděnka Bára, Ostrava

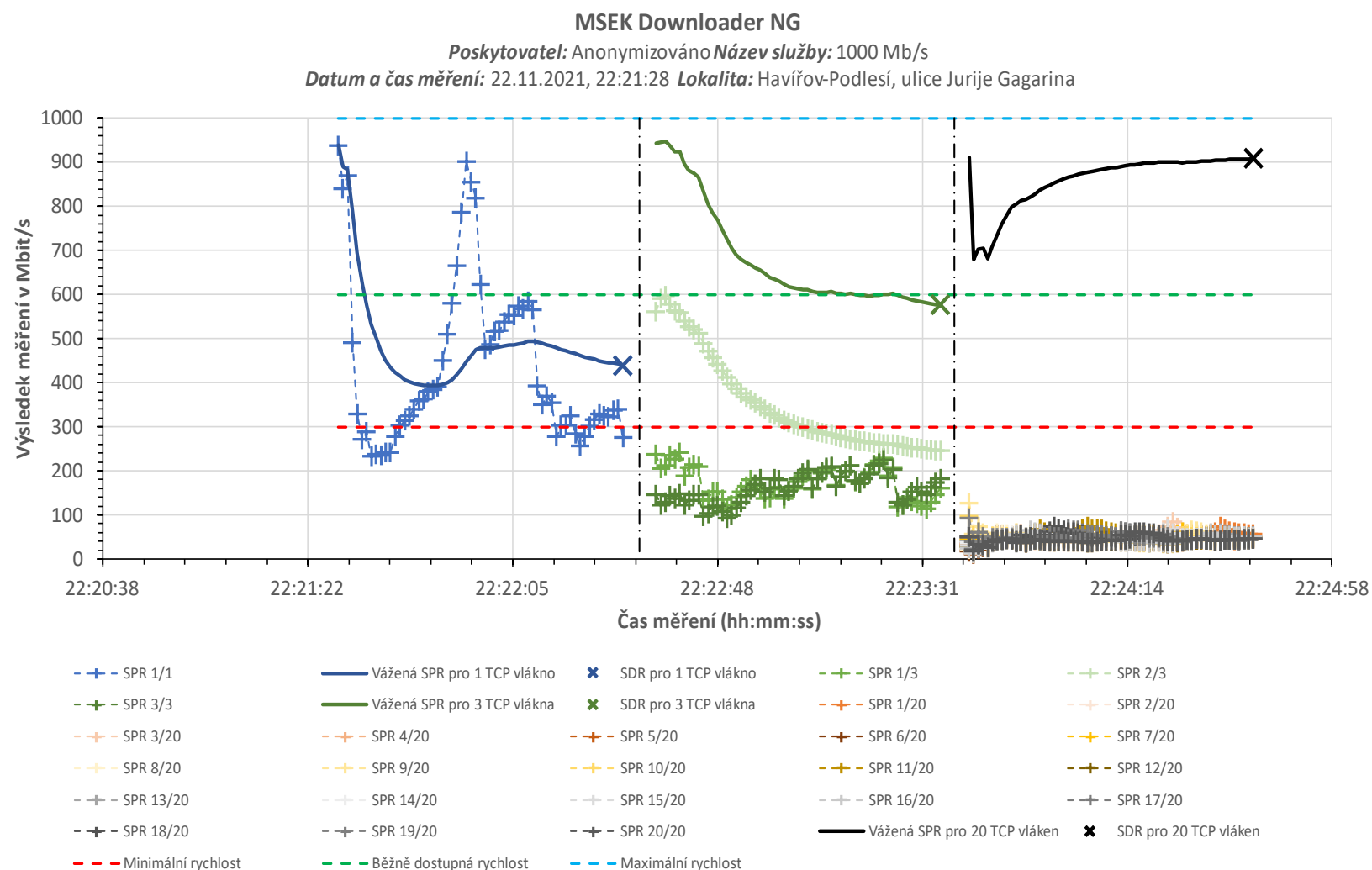
UE: Intel Core i5-6300U CPU @ 2.30 GHz, CPU -Z: 811





Skutečná přenosová rychlost a skutečně dosahovaná rychlost

- Výsledek zobrazuje dopad:
 - **1 TCP** vlákna,
 - **3 TCP** vláken (jako ČTÚ-NetTest),
 - **20 TCP** vláken (přibližně jako Ookla ≈ 24).
- Na výsledku měření nástrojem s velkým počtem TCP vláken je **významně menší dopad QoS parametrů**.
- Výsledkem je maximální dosažitelná rychlost (\approx UDP).
- **BEREC BoR (22) 81, odst. 165:** Měření by se neměla provádět pouze v rámci úseku zajišťovaného poskytovatelem internetových služeb.





Skutečně dosahovaná rychlost

■ Skutečně dosahovaná rychlost: **2 jediné možné technické přístupy**

■ Doporučení IETF **RFC 6349**

- Musíme znát „*bottleneck bandwidth*“ = **úzké hrdlo šířky pásma NTP**, což vzhledem k službě přístupu k internetu je **maximální rychlost** (přepočtená na L 1).
- Změří se hodnota zpoždění sítě *minRTT* „bez zátěže“ (zátěž 5% maximální rychlosti).
- Vypočte se *bandwidth delay product* (BDP) = *bottleneck bandwidth* × *minRTT*.
- Na základě BDP se stanoví **počet TCP vláken + TCP okna**, kterými se zatěžuje síť.
- Paralelně se zatíženou sítí se měří zpoždění.
- Výsledná TCP propustnost = průměrné zpoždění / velikost TCP okna.

■ „Stahuj data a počítej **objem dat**, který se stáhl **za časový interval**“

- Všechny ostatní měřicí nástroje (ČTÚ-NetTest, Breitbandmessung, Ookla, speedtest.net, rychlost.cz, DSL.cz, iPERF včetně MSEK Downloaderu...).
- Každý nástroj má typický počet TCP spojení, např. ČTÚ-NetTest = **3 TCP spojení**, Ookla má 24 TCP spojení proti 4 měřicím serverům (*k čemu je to dobré? Velké množství TCP spojení odpovídá UDP = měření maximální dosažitelné rychlosti, takto se dokonce vyjádřil i provozovatel Ookly*).
- Výsledná TCP propustnost = podíl objemu dat (3 TCP spojení) za časový interval.



Certifikovaný měřicí nástroj ČTÚ-NetTest

- **Nástroj by měl dle BEREC Pokynů BoR (22) 81, odst. 164, splňovat Metodiku BoR (22) 72:**
 - Měření kvality služby přístupu k internetu:
 - měření skutečně dosahované rychlosti (výkonu) služby přístupu k internetu,
 - umístění měřicího serveru nástroje mimo síť poskytovatelů služby přístupu k internetu (*outside the IAS network*), a **co nejbližší peeringovému uzlu** (*the number of physical paths between the main IXP switch and server be kept at a minimum*),
 - v závislosti na „specific national situation“ může být více měřicích serverů → toto není situace ČR (ale např. Německa/spolkové země) → **vybrán uzel NIX.CZ (2011)**.
 - Požadavky na veřejně dostupný měřicí nástroj:
 - pro **maximalizaci compatibility v reálném prostředí se** přesto **doporučuje měřit** rychlost download/upload dat ... **prostřednictvím protokolu HTTP(S)**,
 - tímto způsobem lze rychlost měřit na základě užitečného **zatížení protokolu transportní vrstvy**, dle požadavků odst. 140 BEREC Pokynů BoR (22) 81,
 - na základě vytížení trasy je doporučeno využití **3 HTTP(S) spojení** (3 TCP spojení), nově maximálně 6,
 - **délka jednoho testu je 10 s** (*the test is stopped after a total of 10 seconds*).

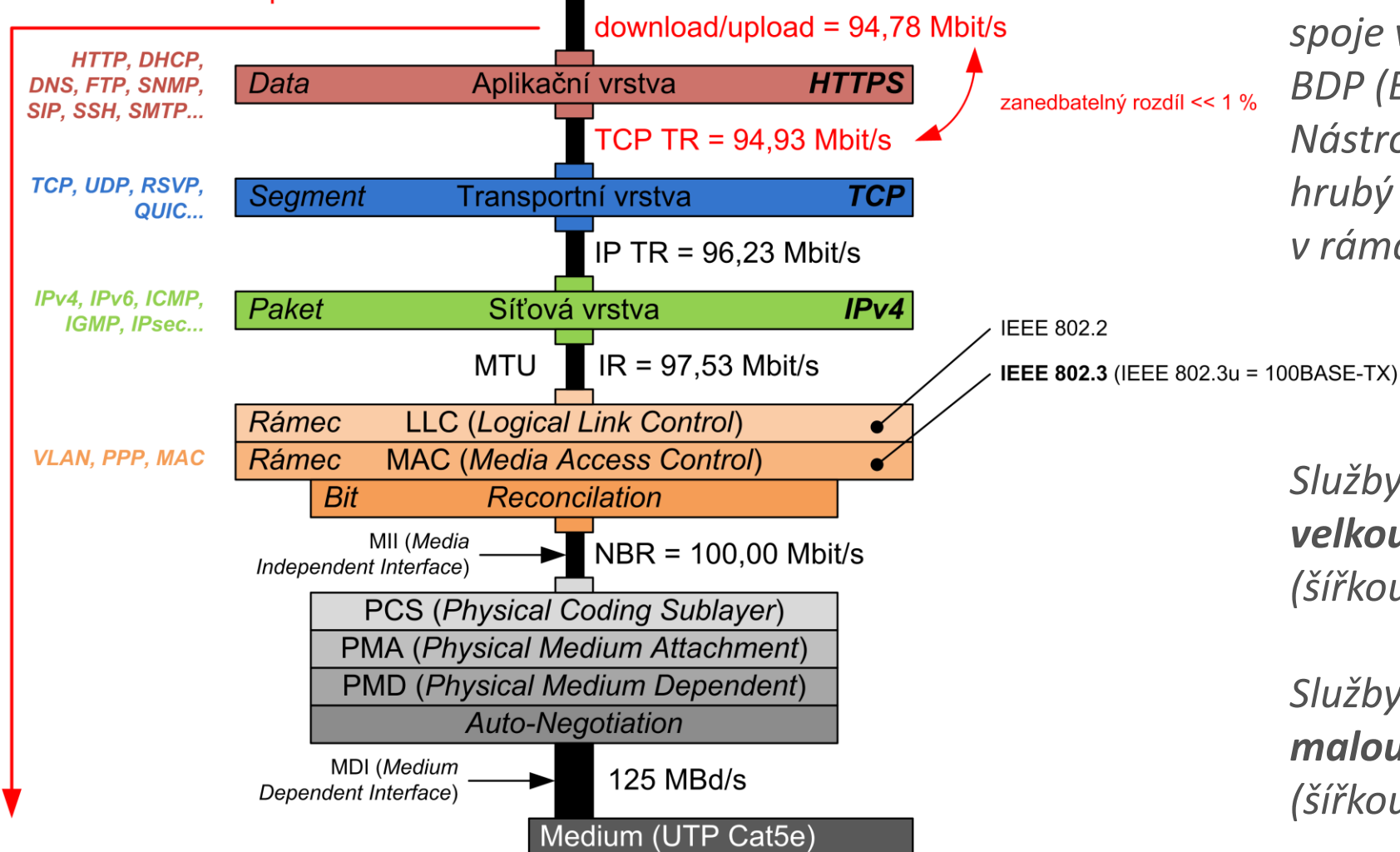


Certifikovaný měřicí nástroj ČTÚ-NetTest

BEREC Pokyny BoR (22) 81
odst. 140: zatížení protokolu L4



BEREC Pokyny BoR (22) 72
...doporučuje se v reálném prostředí
měřit...prostřednictvím protokolu HTTP(S)



Měření se účastní **až 3 TCP/IP** spoje v závislosti na velikosti BDP (Bandwidth-Delay Product).
Nástroj ČTÚ-NetTest provádí hrubý odhad šířky pásma (BDP) v rámci předtestu (2,5 s; fáze 2)

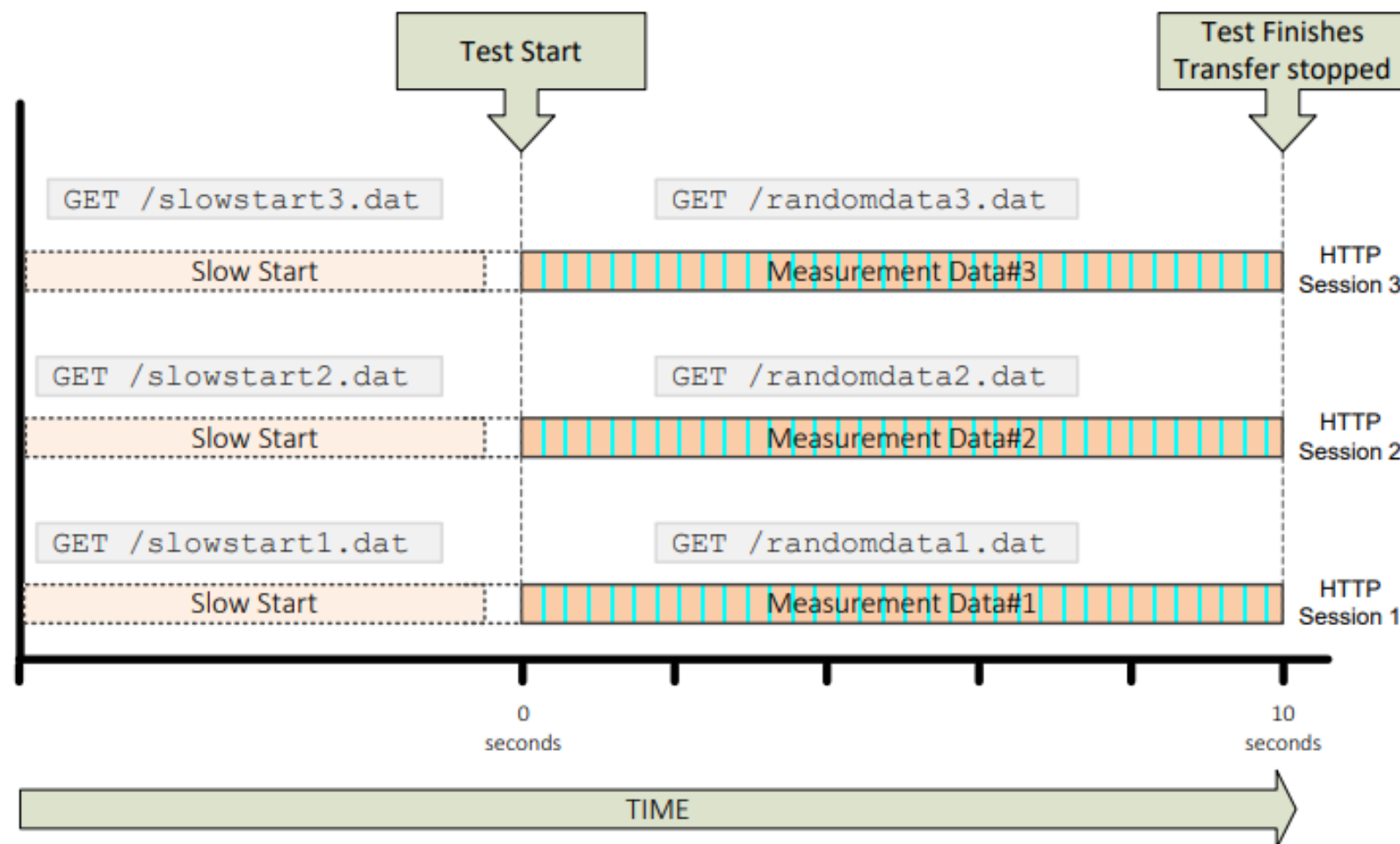
Služby přístupu k internetu s **velkou** maximální rychlostí (šířkou pásma) → **3 TCP/IP**

Služby přístupu k internetu s **malou** maximální rychlostí (šířkou pásma) → **1 TCP/IP**



BEREC Metodika BoR (17) 178 → BoR (22) 72

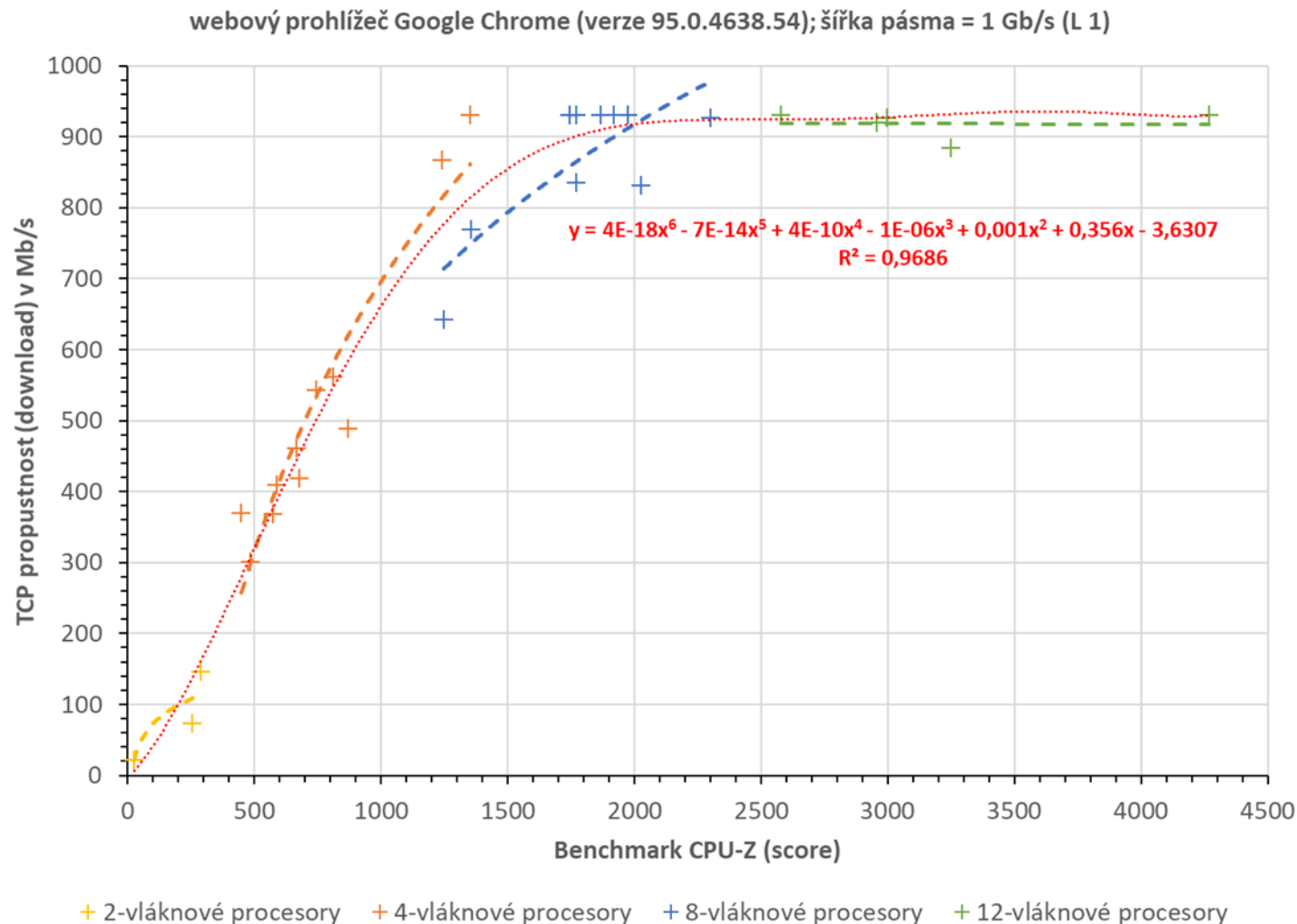
- Úvodní část testu označená jako „*Slow Start*“ se nezapočítává do procesu měření, byť je jeho součástí
- Obrázek ukazuje názorně proces měření 3 HTTP spojení (3 TCP spojení)
- Detailní informace o principu činnosti nástroje ČTÚ-NetTest prezentoval Úřad v časopise **NEXT GEN Telekomunikace**, č. 3 – 4, str. 23: *ČTÚ-NetTest – princip činnosti nového měřicího nástroje určeného pro širokou veřejnost*





Certifikovaný měřicí nástroj ČTÚ-NetTest

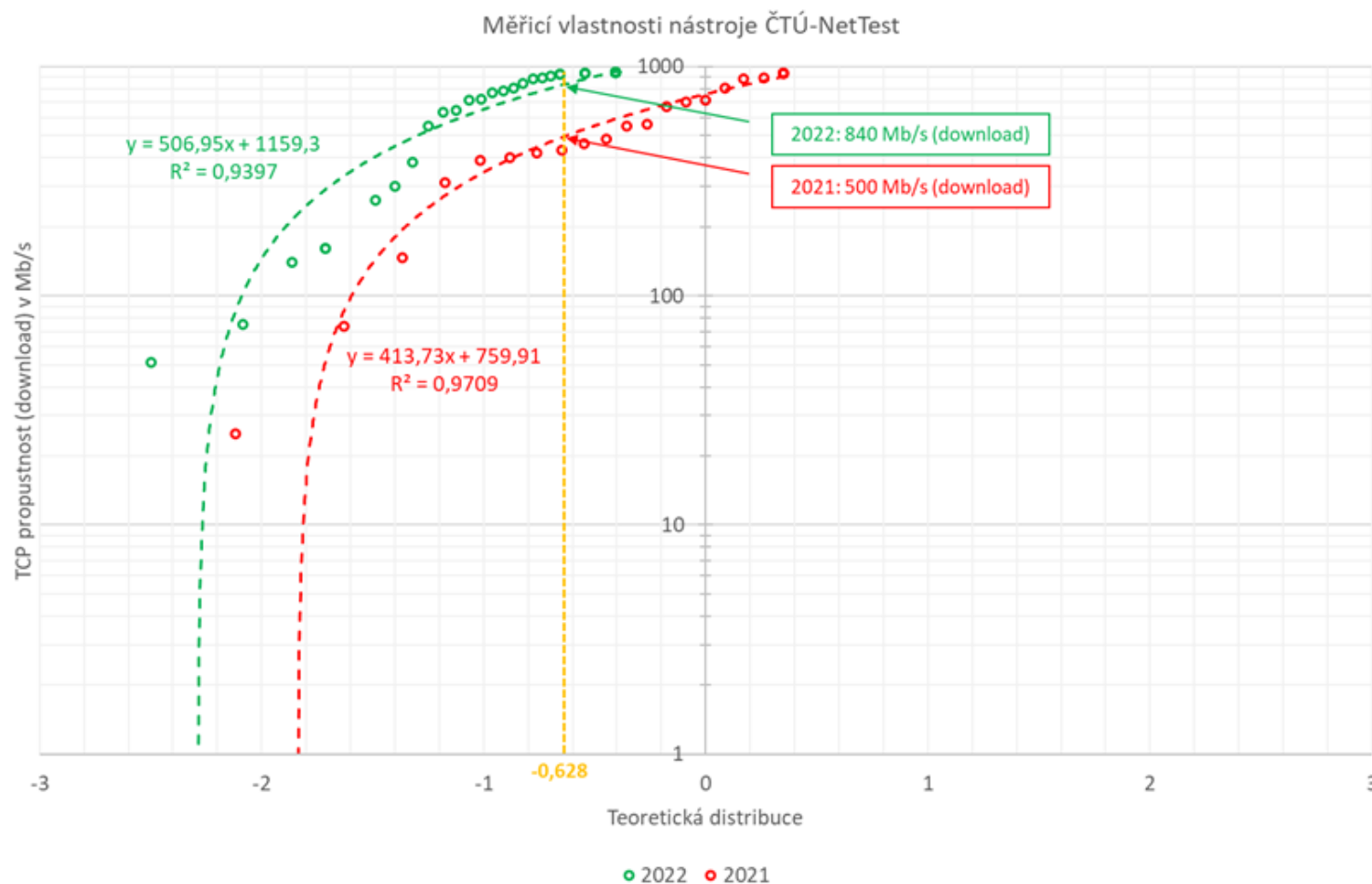
- **Nástroje na bázi RTR-NetzTest jsou náročnější na výkon CPU** uživatelského zařízení UE (počítač nebo notebook)
 - u aplikací pro mobilní telefony se tato vlastnost neprojevuje.
- Výsledek zobrazuje část výsledků studie ČTÚ, kdy se posuzoval **dopad CPU na výsledek měření ČTÚ-NetTest.**
- Benchmark CPU byl prováděn pomocí nástroje **CPU-Z** → tzv. „zaškátulkování“ podle score.
- Běžné UE → score 500 až 800.
- **Současnost:** statický limit **500/250 Mbit/s** (down/up).





Certifikovaný měřicí nástroj ČTÚ-NetTest

- Snížení vlivu CPU v průběhu času vlivem aktualizací operačního systému (WIN10) a webových prohlížečů (Chromium).
- Nástroj ČTÚ-NetTest je schopen pro většinu běžných PC (CPU) měřit TCP propustnost **až do 840 Mb/s** (download).
- **Současnost:** stále zachován statický limit **500/250 Mbit/s** (down/up) z důvodů struktury nabízených služeb přístupu k internetu (většinou 500 Mb/s a pak 1000 Mb/s).
- **MSEK Downloader:** minimální zátěž CPU během měření, komunikace přímo se síťovým rozhraním, nastavení velikosti chunku pro 1 Gb/s.





Certifikovaný měřicí nástroj ČTÚ-NetTest

- **Pro účely reklamace služby** přístupu k internetu má měřicí nástroj ČTÚ-NetTest vyhrazenou funkcionalitu (včetně průvodce) s názvem **Certifikované měření** → 5 kroků procesu certifikovaného měření
 - 1. krok: **Informace**
 - Informují o podmínkách měření a o procesu měření jako celku.
 - 2. krok: **Údaje (o sobě a adresním místě)**
 - Koncový uživatel uvede potřebné informace o sobě a adresním místě do formuláře.
 - 3. krok: **Informace o službě (přístupu k internetu)**
 - Koncový uživatel uvede potřebné informace o službě a NTP/TTE do formuláře.
 - 4. krok: **Měření (spustí certifikované měření služby)**
 - Automaticky provede **6 testů** v časovém rámci **90 minut** (plánovaný čas dokončení).
 - Všechny jednotlivé testy jsou uloženy anonymně do produkční databáze (otevřená data).
 - 5. krok: **Výsledek (certifikovaného měření služby)**
 - Zobrazí výsledek měření + **stažení v podobě PDF** (pouze u uživatele/48 hod.).
- Pracovníci ČTÚ mají k dispozici aplikaci, ke které lze **přiřadit konkrétní měřicí server** „CTU NetTest M01 až M04“ (změna IP, kontrolování dodržování článku 3 Nařízení).



Certifikovaný měřicí nástroj ČTÚ-NetTest

- Služba v pevném místě (Wi-Fi; 5 GHz):

- $R_{inzer} = 18/5$ Mbit/s,
- BDR = **16/5** Mbit/s,
- $R_{min} = 6/3$ Mbit/s.

- Souhrn** výsledků všech 6 měření je uveden **na str. 3** PDF dokumentu (10 str.).

- Všech **6 výsledků měření** ve směru download je menších než BDR → indikace **velké trvající odchylky výkonu služby** (vada služby).

- A co minimální rychlost??**

Provedená měření

Byla provedena následující měření

#	Datum a čas měření (UTC)	ID testu	Download (Mb/s)	Upload (Mb/s)	Ping (ms)
1	2022-04-10 16:09:16	0575acf4d-218f-4157-8998-8e528e7f9be2	2.7	5.3	39
2	2022-04-10 16:24:15	014a15e7d-276e-428f-8dd4-56e539be569f	3.1	5.5	36
3	2022-04-10 16:39:15	0c4d8794a-a1cb-4c0c-8d70-dfd89079670a	2.5	5.3	31
4	2022-04-10 16:54:15	0aa9c9409-a765-43d4-8e1a-65119be8ecd0	2.8	5.5	49
5	2022-04-10 17:09:16	0dba09882-a5fa-4f47-b5d5-407b68c9a35e	2.7	4.2	37
6	2022-04-10 17:24:15	0122ecfa4-0716-4321-ac96-e52154462013	7.2	5.2	33

Všechna měření si můžete zobrazit zde:

https://www.nettest.cz/cs/Openests?loop_uuid=Lc9122e82-e19f-4e96-bbdb-c9720e79225f



Metodický postup pro službu v pevném místě

- Metodika pro měření a vyhodnocení datových parametrů pevných sítí elektronických komunikací, verze 3.0.
- Hlavní tělo metodického postupu:
 - Úvod a Vymezení měřících strana a přenosové cesty.
 - **Vymezení souboru datových parametrů** (souvisí s **přílohou č. 1**).
 - **Vymezení souboru rozšířených datových parametrů** (souvisí s **přílohou č. 2**).
 - **Vymezení souboru datových parametrů tvořící kritéria výkonnosti VHCN** (souvisí s **přílohou č. 3**).
 - Soubor identifikačních parametrů (lokalizace, identifikace zařízení).
 - Postup měření (detailní).
 - **Demarkační body** (souvisí s možnostmi dle Nařízení (EU) 2015/2120, Čl. 5 odst. 2).
- Soubor základních datových parametrů
 - **Vzestupná TCP propustnost** (upload) dle IETF RFC 6349 → SDR_{up}
 - **Sestupná TCP propustnost** (download) dle IETF RFC 6349 → SDR_{down}
 - **Zpoždění** dle IETF RFC 6349 → Delay(avg)



Měření souboru základních datových parametrů: RFC 6349

- Vstupní parametry nástroje (metody), které je nutné znát:
 - **Bottleneck Bandwidth (BB)**, tedy úzké hrdlo šířky pásma pro danou službu:
 - To je přece **maximální rychlost služby!** Ovšem ta se udává na transportní vrstvě, kdežto vstupní parametr BB je udáván na fyzické vrstvě: **Nutný přepočítání L4 → L1.**
 - **Příklad:** $R_{\max} = 100 \text{ Mbit/s}$ (L4), pokud $\text{MTU} = 1500\text{B}$, záhlaví transportní vrstvy = 20B, záhlaví síťové vrstvy = 20B a linková vrstva má standardní velikost (18B), potom: **$\text{BB} = R_{\max} (\text{L1}) = 102,6 \text{ Mbit/s}$** → **nastavuje obsluha nástroje!!**
 - **Minimální zpoždění (minRTT)** odpovídá zpoždění při zatížení měřené služby (tedy měřené trasy; NUT) **5 % hodnoty BB** → **provádí sám nástroj!!**
- Pak už další parametry automaticky nastavuje **sám nástroj** dle IETF RFC 6349:
 - **Výpočet BDP** (Bandwidth-Delay Product) = $\text{BB} \times \text{Delay}_{\text{baseline}}$.
 - **Výpočet počtu TCP vláken a velikosti okna** na základě hodnoty BDP.
- Obsluha nástroje nastaví **časový interval měření** (3 min. a 30 sek.).



Nastavení měřicího nástroje RFC 6349 dle doporučení IETF

- Krok 1: Nastavení bloku **BASE-T Electrical** (rozhraní):
 - standardní nastavení záložek *Interface* a *Network*.
- Krok 2: Nastavení parametrů služby v bloku **RFC 6349**:
 - 1) Musí být vždy využito režimu *Multiple Connection*.
 - 2) Hodnoty *CIR* (*upload L→R*, *download R→L*) dle průvodního dokumentu.
 - 3) Nepoužívat *Window Boost*.
 - 4) Nastavit MTU dle průvodního dokumentu, ale neprovádět *Path MTU Discovery*.
 - 5) Nepoužít *Pass/Fail Verdict*, vyhodnocuje *Záznam o měření*.

Port 1 - RFC 6349

Operation Mode: RFC 6349 DTS

Direction: Bidirectional

TCP Port: 50201

Discover Remote

WAN IP: 37.188.182.0

Multiple Connections

	L->R	R->L	
CIR	5,0	20,0	Mbit/s
TOS/DS	0x00	0x00	
TOS/DS Config	TOS/DS Config	TOS/DS Config	
Window Boost			<input type="checkbox"/> Enable

Max MTU (bytes): 1500

Path MTU Discovery

Window Sweep

Duration (per step): 00:30

TCP Throughput

Duration: 00d:00:03:30

Pass/Fail Verdict

Threshold (% of ideal):

Advanced Restore RFC 6349 Defaults

EXFO FTB-870v2 NetBlazer

Start

Save Load Report Discover Remote

Lpbk Tool

Setup Results Functions

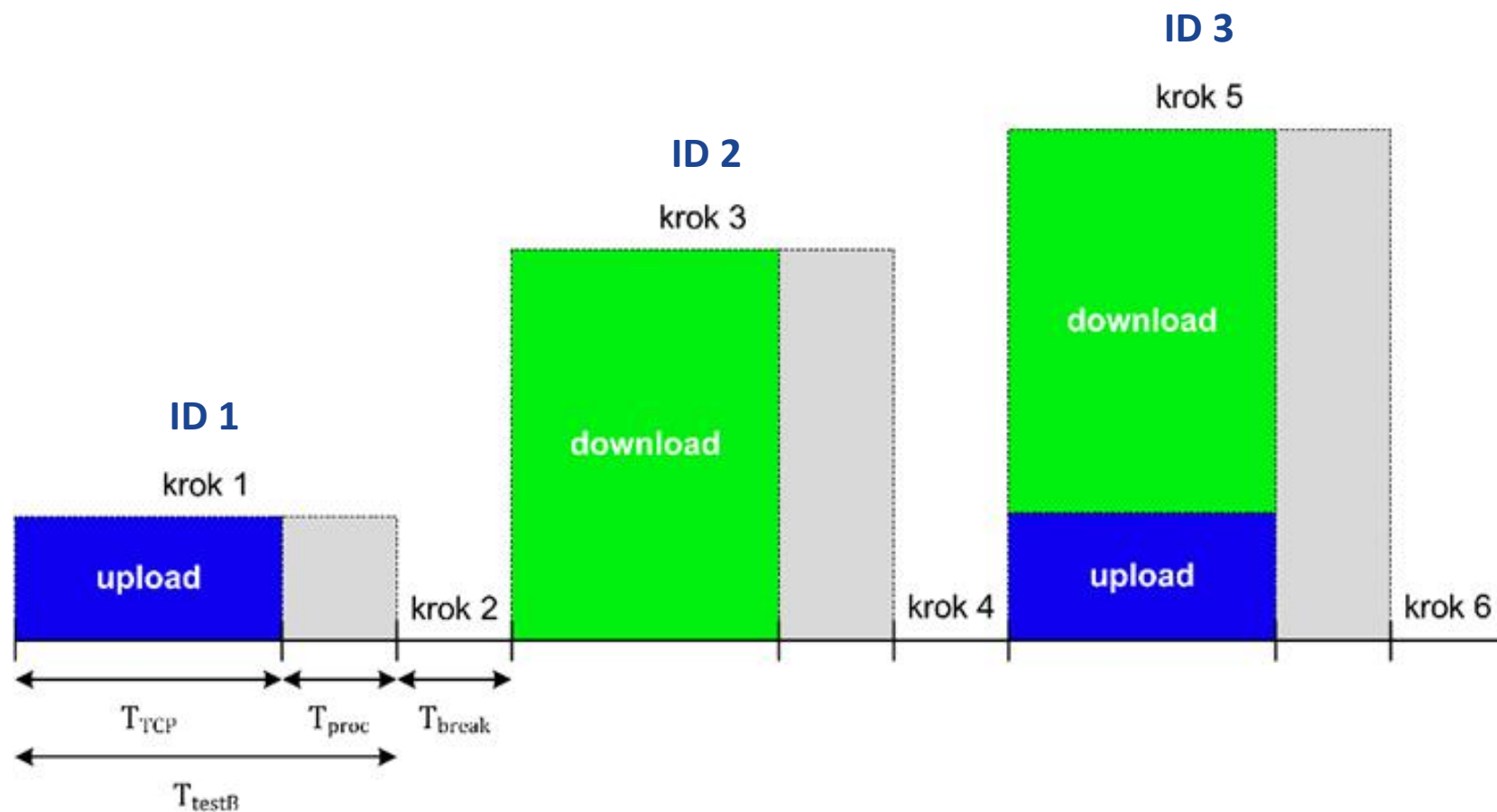
P1 1GE LINK ↑ INT

Nově se *Threshold* nebude nastavovat, vše se vyhodnocuje v Záznamu o měření.



Měření soubor základních datových parametrů: RFC 6349

- Všechny hodnoty napovídá obsluze nástroje RFC 6349 průvodní dokument (aby se vyloučila možná chyba).
- Obsluha nástroje RFC 6349 ukládá výsledky **v podobě reportů s *Circuit ID***:
 - Sekvence 1: **ID 1, ID 2 a ID 3,**
 - Sekvence 2: **ID 4, ID 5 a ID 6,**
 - Sekvence 3: **ID 7, ID 8 a ID 9.**
- Doporučuje se dodržovat **délku pauzy dle metodického postupu**, protože čas zahájení ID 1 a čas konce ID 9 se musí vlézt do 90 minut.





Nastavení reportu RFC 6349 dle doporučení IETF (příloha č. 1)

- Příklad nastavení reportu nástroje RFC 6349, mění se oproti jiným měřicím nástrojům (postupům):
 - *Circuit ID: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8* nebo 9.
 - *File Name: Job ID-1, Job ID-2, Job ID-3 až Job ID-9.*
- Všechny reporty ukládat do stejné složky pojmenované jako **Job ID**, ideálně na flash paměť nebo na OneDrive:
 - Po skončení měření celou složku překopírovat do import adresáře FME serveru (import/fix/odbor).

The screenshot shows the 'Generate report' dialog box with the following configuration:

- Job Information:** Job ID: 2023-219-00-D3, Contractor Name: Český telekomunikační úřad, Customer Name: 516, Operator Name: 22666.
- Report Headlines and Content:** Report Header: Český telekomunikační úřad, Report Title: Měření podle přílohy č. 1, Optional Content: All.
- Save Report:** Auto-Generate Report: , Auto-Generate File Name: , Display Report after Saving: , Turn on Report Generation Prompt: , Save To: D3-2023-219-00, File Name: 2023-219-00-D3-9, Format: Html, Logo: EXFO.



Kontrola reportu nástroje RFC 6349 dle doporučení IETF

- Po vygenerování reportu nástroje RFC 6349 vždy provést kontrolu:
 - Status testu **Completed**.
 - Report obsahuje nějaké výsledky (pokud měříte ID 1, tedy L→R, je zřejmé, že ve směru R→L nebude žádný výsledek).
 - Pro informaci: hodnota *Window 15 KiB (2 conn.@ 7 KiB)* znamená, že se během měření využívali 2 TCP spojení, obě se 7 KiB oknem.
 - Pro informaci: *Minimum RTT* představuje obousměrné zpoždění při zatížení 5% z CIR.

Český telekomunikační úřad

Page 1 of 10

SUMMARY

Results Summary

Test Status	
Test Status	Completed
Pass/Fail Verdict	PASS
Start Time	25.09.2023 08:52:28
Duration	00d:00:04:18
Test Recovery	0

RFC 6349	
MTU (bytes)	1500
Minimum RTT (ms)	26,468

	Actual L4 (Mbit/s)			
	1/8 of BDP	1/4 of BDP	1/2 of BDP	BDP
L->R	--	--	--	--
R->L	--	--	--	--

	TCP Throughput				
	Window	Ideal L4 (Mbit/s)	Actual L4 (Mbit/s)	TCP Efficiency (%)	Buffer Delay (%)
L->R	15 KiB (2 conn.@ 7 KiB)	4,7	4,0 Pass	100,00	25,25
R->L	--	--	--	--	--

RX Frequency		
	Max Negative Offset	Max Positive Offset
Frequency Offset (ppm)	-57,2	0,0



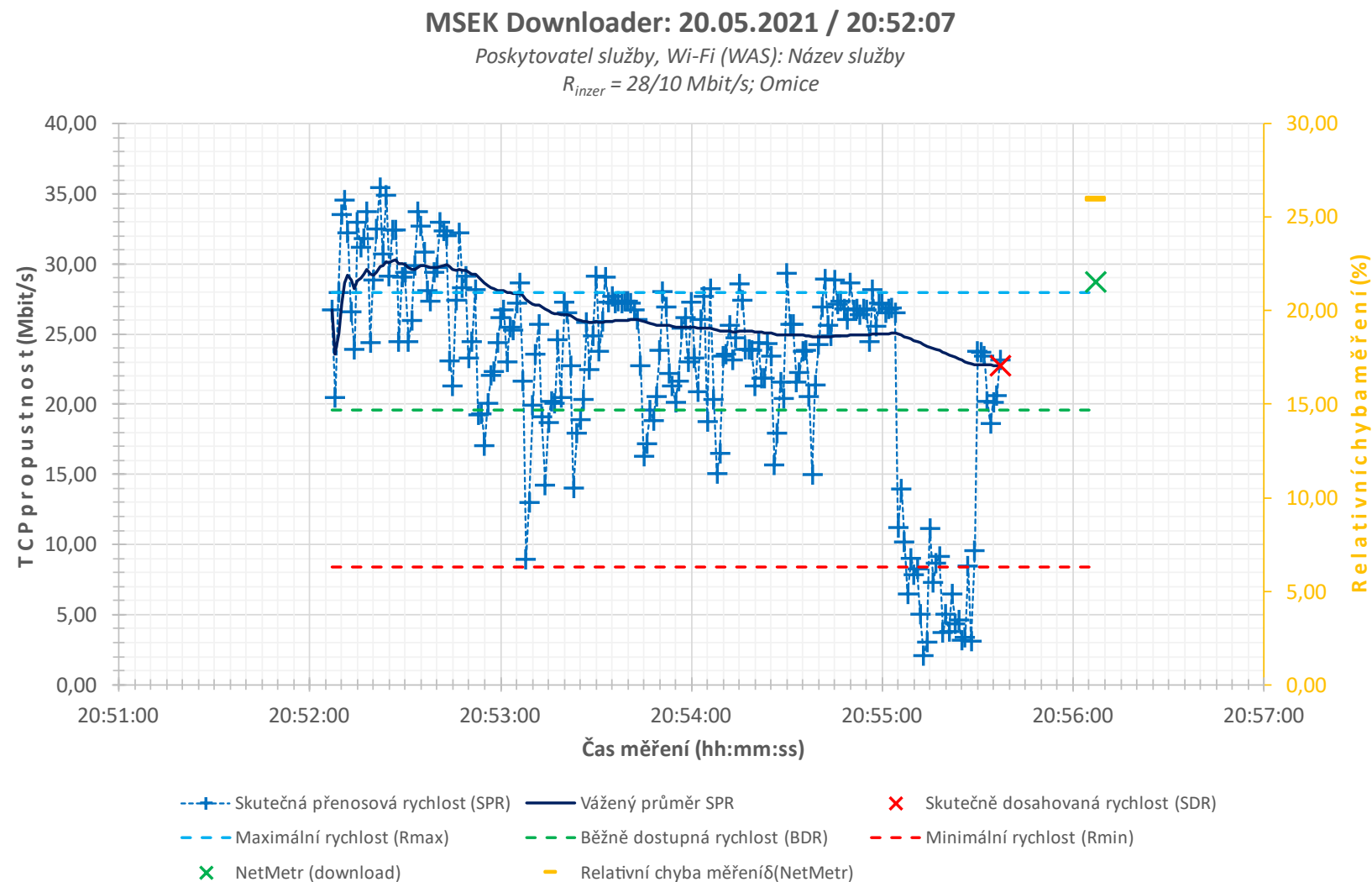
Vyhodnocení měření souboru základních parametrů

- Doporučení IETF RFC 6349 specifikuje dále „**TCP metriky**“, je nám to k něčemu dobré? **Ano!** Napovídá nám to o situaci v síti.
 - **TCP efficiency:** specifikuje procento retransmisí (znovu odeslání segmentů):
 - 100% ideální hodnota: Všechny segmenty přišli v pořádku,
 - Tato hodnota úzce souvisí se ztrátovostí paketů!
 - **Buffer delay:** Vztah mezi zpožděním při minimální zátěži sítě *Minimum RTT* při 5% hodnoty BB zatížením služby (sítě) a zpožděním při plné zátěži odpovídající 100% hodnoty BB:
 - 0% ideální hodnota,
 - Souvisí s hodnotou zpoždění paketů: Z hodnoty se vypočítá výsledné zpoždění!!
- **Při jaké situaci použít alternativní způsob měření??**
 - **ITU-T Y.1564:** Ztrátovost paketů vyšší než 5% (3%) – **Velká ztrátovost paketů.**
 - **ITU-T O.150:** Extrémní ztrátovost paketů nebo **Deep Packet Inspection** (kvůli vysokokapacitním spojům se už od této metody ustupuje, daleko efektivnější je řešení na bázi DNS, např. Whalebone).



Alternativní měření dle přílohy č. 1: nástroj dle ITU-T Y.1564

- Typický případ: **kapacita neodpovídá** poskytovaným službám v dané lokalitě.
- **Poskytovatel to řeší nasazením opatření řízení provozu:** „dropuje“ pakety a tím uměle zpomaluje službu (autoregulační TCP algoritmus dle operačního systému, např. TCP Cubic).
- **Co je to „dropování“ paketů??** Uměle vytvořená ztrátovost paketů → hodnota větší než 5%: **přestane fungovat nástroj RFC 6349 → ITU-T Y.1564.**





Nastavení měřicího nástroje EtherSAM dle ITU-T Y.1564

- Krok 1: Nastavení bloku **BASE-T Electrical** (rozhraní):
 - standardní nastavení záložek *Interface* a *Network*.

- Krok 2: Nastavení parametrů služby v bloku **Services**:
 - 1) Povolit *Service 1* (*Enable*) při profilu *Data*.
 - 2) *Frame size* (*Fixed*) dle průvodního dokumentu.
 - 3) Hodnoty *CIR* a *CIR+EIR* dle průvodního dokumentu.
 - 4) Nepoužívat *Traffic Policing*.
 - 5) Nekontrolovat *Performance Criteria* (*Max Jitter*, *RTT Latency* ani *Frame Loss Rate*).

The screenshot displays the configuration interface for the EXFO NetBlazer device. The main window is titled 'Port 1 - Services' and shows the configuration for 'Service 1'. The service is currently disabled, as indicated by the 'Enable' button. The configuration is set for a 'Data' profile with a 'Fixed' frame size of 1518 bytes. The total transmission rate is configured for 3,000 Mbit/s in the L-to-R direction and 12,000 Mbit/s in the R-to-L direction. The SLA parameters are configured with a CIR of 3,000 Mbit/s and a CIR+EIR of 5,000 Mbit/s. The performance criteria section is currently empty, indicating that no specific performance metrics are being monitored. The interface also includes a 'Start' button to begin the test and various utility icons for saving, reporting, and discovering remote devices.



Nastavení měřicího nástroje EtherSAM dle ITU-T Y.1564

- Krok 3: Nastavení bloku EtherSAM (nástroj):
 - 1) Nastavit *Dual Test Set* (jinak nepůjde nastavit obousměrné měření L→R a R→L).
 - 2) Nastavit konfigurační test v podobě *Ramp Testu* (50% CIR, 75% CIR, 90% CIR, 100% CIR a CIR+EIR).
 - 3) Nastavit délku zátěžového testu na 5 minut.
 - 4) *Nevyužívat Pass/Fail Verdict.*
 - 5) Po synchronizaci (Discover Remote) provést pokaždé kontrolu nastavení bloku Services (čárka + jednotky).

The screenshot displays the EtherSAM configuration interface. At the top, there are tabs for 'Test Applications', 'Test Configurator', 'Timer', and 'System'. The main window is titled 'EtherSAM' and shows a 'Dual Test Set' configuration. A diagram illustrates two FTB devices connected via LAN and WAN, with a NAT symbol in the middle. Below the diagram, the WAN IP is listed as 37.188.191.248. A 'Discover Remote' button is visible. The 'Subtests' section includes 'Service Configuration Test' with options for 'Subtest Duration' (00:00:25), 'Ramp Test' (checked), 'Burst Test', and 'Service Performance Test' (checked) with a 'Subtest Duration' of 00d:00:05:00. A 'Global Test Duration Estimation' of 00d:00:05:25 is also shown. The 'Global Options' section has 'Per direction Configuration' (checked), 'Pass/Fail Verdict' (unchecked), and 'Latency Measurement Mode' set to 'Round Trip'. A 'Restore EtherSAM Defaults' button is at the bottom right. The interface also features a sidebar on the right with 'EXFO' branding, 'FTB-870v2 NetBlazer' status, and buttons for 'Start', 'Save Load', 'Report', 'Discover Remote', 'Lpbk Tool', 'Setup', 'Results', and 'Functions'. At the bottom, there are status indicators for 'P1 1GE LINK' and 'RCV'.



Alternativní měření dle přílohy č. 1: EtherSAM

- Obsluha nástroje EtherSAM ukládá výsledky **v podobě reportů s *Circuit ID***:
 - Sekvence 1: **ID 4**,
 - Sekvence 2: **ID 8**,
 - Sekvence 3: **ID 12**.
- Nástroj EtherSAM má nastavení délky trvání testu (konfigurační + zátěžový test **5 minut a 25 sekund**), je nutné pouze ručně hlídat:
 - doporučuje se dodržovat **délku pauzy 23 minut** (1380 s v rámci kroku 2: T_{break}).





Nastavení reportu EtherSAM dle ITU-T Y.1564 (příloha č. 1)

- Příklad nastavení reportu nástroje EtherSAM, mění se oproti jiným měřicím nástrojům (postupům):
 - *Circuit ID: 4, 8 nebo 12,*
 - *File Name: Job ID-4, Job ID-8 nebo Job ID-12.*
- Všechny reporty ukládat do stejné složky pojmenované jako **Job ID**, ideálně na flash paměť nebo na OneDrive:
 - Po skončení měření celou složku přkopírovat do import adresáře FME serveru (import/fix/odbor).

Generate report

Test

Config/Save Open Import/Export

Job Information

Job ID 2023-219-00-D3 Customer Name 516

Contractor Name Český telekomunikační úřad Operator Name 22666

Circuit ID 12

Comment

Restore Default

Report Headlines and Content

Report Header Český telekomunikační úřad Optional Content All Choose Content

Report Title Měření podle přílohy č. 1

Save Report

Auto-Generate Report

Auto-Generate File Name

Display Report after Saving

Turn on Report Generation Prompt

Save To D3-2023-219-00 Browse Save Report

File Name 2023-219-00-D3-12

Format Html

Logo EXFO

Close

P1 1GE LINK ↑

INT



Kontrola reportu nástroje EtherSAM dle ITU-T Y.1564

- Po vygenerování reportu nástroje EtherSAM vždy provést kontrolu:
 - Status konfiguračního testu **Completed**
 - Status zátěžového testu **Completed**
 - Report obsahuje nějaké výsledky (nejsou zde nuly; v případě výsledku *Frame Loss Rate* jsou nuly v pořádku)

Český telekomunikační úřad

Page 1 of 15

SUMMARY

Results Summary

Test Status	
Service Configuration Test Status	Completed
Service Performance Test Status	Completed
Start Time	21.09.2023 16:09:46
Duration	00d:00:06:10
Test Recovery	0

EtherSAM

Services Summary

	Service Name	Service Configuration Test	Service Performance Test
1	Service 1		

Service Configuration Summary

	Service Name	Direction	Frame Loss Rate	Max Jitter (ms)	Max Latency (ms)	Max Throughput (Mbit/s)
1	Service 1	L->R	0,0E-00	16,30428		5,01
		R->L	0,0E-00	102,60707	157,35388	20,03

Service Performance Summary

	Service Name	Direction	Frame Loss Rate	Max Jitter (ms)	Max Latency (ms)	Avg Throughput (Mbit/s)
1	Service 1	L->R	0,0E-00	26,63271		2,99
		R->L	2,0E-05	114,49174	191,81195	11,99

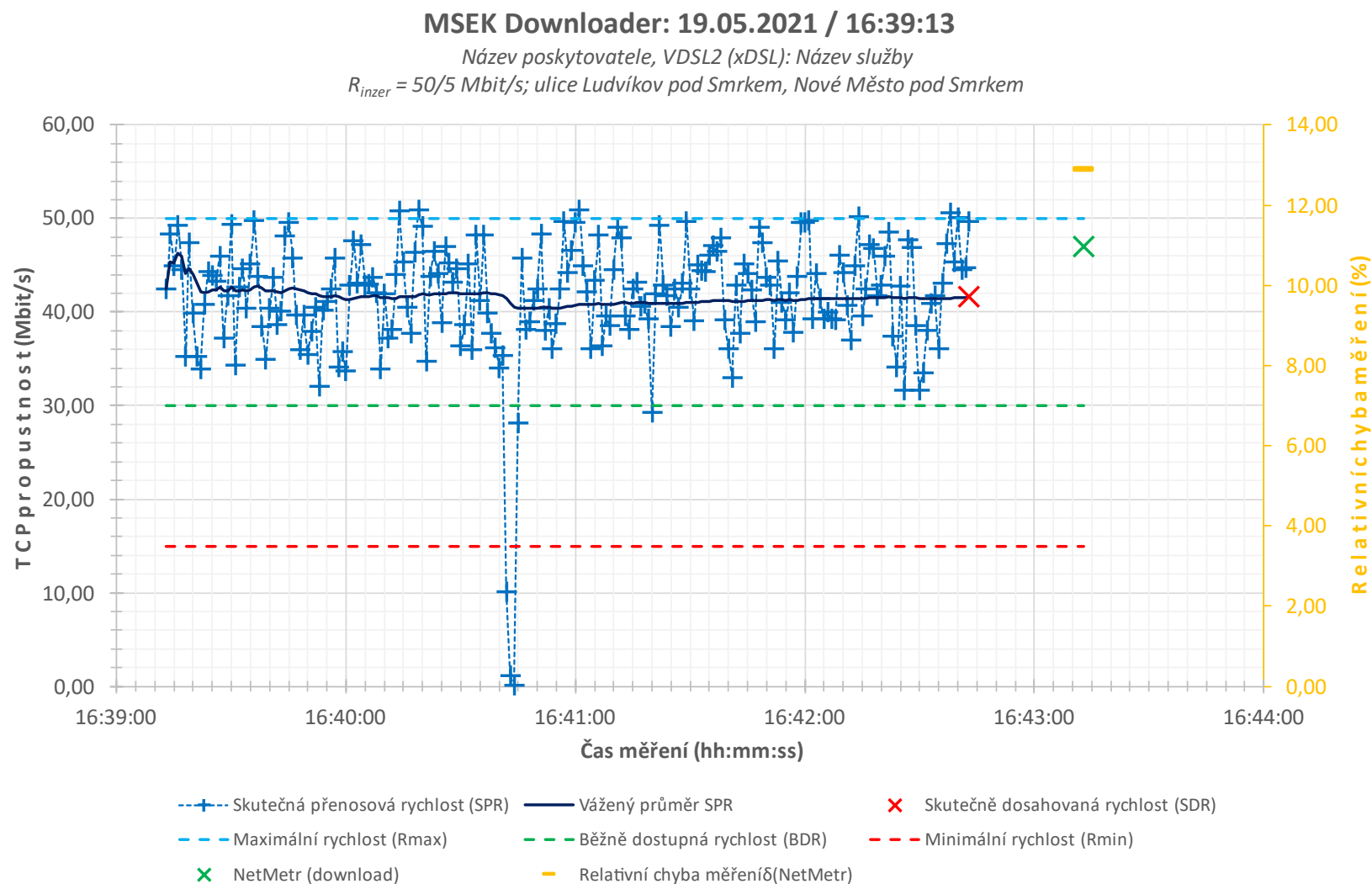
VLAN Preservation

No Mismatch Detected



Alternativní měření dle přílohy č. 1: nástroj dle ITU-T O.150

- Typický případ: kapacita neodpovídá poskytovaným službám v dané lokalitě, nebo se hojně využívá v síti **BitTorrent**.
- **Poskytovatel používá metodu Deep Packet Inspection (DPI):** Vezme vzorek paketů, podívá se na obsah a reguluje provoz.
- **Přeruší se synchronizace nástroje RFC 6349 → přestane fungovat dokonce i ITU-T Y.1564 → ITU-T O.150.**





Nastavení měřicího nástroje EtherBERT dle ITU-T O.150

- Krok 1: Nastavení bloku síťového rozhraní (BASE-T Electrical):
 - standardní nastavení záložek *Interface* a *Network*.
- Krok 2: Kontrola nastavení bloku MAC/IP/UDP:
 - Kliknutím na tlačítko *Modify Frame Structure* proveďte kontrolu, zda na transportní vrstvě je **UDP** protokol (pro TCP protokol nástroj nefunguje).

The screenshot displays the 'Modify Frame Structure' dialog box in the EXFO NetBlazer software. The dialog is open over the 'MAC' configuration tab. The 'Framing' section is expanded, showing 'Frame Format' set to 'Ethernet II', 'Network Layer' set to 'IPv4', and 'Transport Layer' set to 'UDP'. The 'VLAN' section is collapsed. The background shows the 'MAC' configuration fields: Destination MAC Address (D8:58:D7:00:74:85), Source MAC Address (00:03:01:11:95:AA), and EtherType (0x0800). The EXFO logo and 'FTB-870v2 NetBlazer' are visible in the top right corner. A 'Start' button and various utility icons (Save Load, Report, Discover Remote, Lpbk Tool, Reset, Inject) are in the bottom right. A status bar at the bottom left shows 'P1 1GE LINK' with a green up arrow and '1010 1010'.



Nastavení měřicího nástroje EtherBERT dle ITU-T O.150

- Krok 3: Nastavení bloku EtherBERT (nástroj):
 - 1) Nastavit *Coupled RX to TX*.
 - 2) *TX* i *RX Pattern* (vzorky) musí být **PRBS31** (monový polynom $x^{31} + x^{28} + 1$).
 - 3) Nastavit *Pass/Fail Verdict* na *Bit Error Rate*.
 - 4) Nastavit *BER Threshold* na $1,0E-03$ (= 0,1 % chybovost).
 - 5) Nastavit *Disruption Monitoring* s hodnotou *No Traffic Time* = 50,0 ms.
 - 6) *Frame size (Fixed)* dle průvodního dokumentu.
 - 7) Hodnota *TX Rate* dle průvodního dokumentu.

The screenshot displays the configuration interface for the EXFO FTB-870v2 NetBlazer, specifically for Port 1 - EtherBERT. The interface is divided into several sections:

- Pattern:**
 - Coupled RX to TX: TX Pattern is PRBS31, RX Pattern is PRBS31. Both have Invert checkboxes.
 - No Pattern Analysis (Live): RX Pattern is PRBS31.
- Bit Error:**
 - Pass/Fail Verdict: Bit Error Rate
 - BER Threshold: 1,0E-03
- Service Disruption:**
 - Disruption Monitoring: Pass/Fail Verdict is disabled.
 - No Traffic Time (ms): 50,0
 - SDT Threshold (ms): [empty]
 - Debounce Time (ms): 0,0
- Ethernet Frame:**
 - Frame Size (Bytes): Fixed, 1518
- Shaping:**
 - TX Rate (Mbit/s): 5,000
 - Unit: Mbit/s
 - Enable TX
- Latency:**
 - Enable: Mode is Round-Trip, Unit is ms.
 - Pass/Fail Verdict: disabled
 - Round-Trip Threshold (ms): [empty]

The interface also shows a status bar at the bottom with "P1 1GE LINK" and "1010 1010" indicators, and a right-hand sidebar with various utility buttons like "Start", "Save Load", "Report", "Discover Remote", "Lpbk Tool", "Reset", "Inject", "Setup", "Results", and "Functions".



Alternativní měření dle přílohy č. 1: EtherBERT

- Obsluha nástroje EtherBERT ukládá výsledky **v podobě reportů s *Circuit ID***:
 - Sekvence 1: **ID 4a**,
 - Sekvence 2: **ID 8a**,
 - Sekvence 3: **ID 12a**.
- Protože nástroj EtherBERT nemá nastavení délky trvání testu, je nutné ručně hlídat:
 - doporučuje se **vypnout test po 5 minutách** (300 s),
 - délka trvání testu ale **nesmí přesáhnout 7 minut** (420 s),
 - doporučuje se dodržovat **délku pauzy 23 minut** (1380 s v rámci kroku 2: T_{break}).





Nastavení reportu EtherBERT dle ITU-T O.150 (příloha č. 1)

- Příklad nastavení reportu nástroje EtherBERT, mění se oproti jiným měřicím nástrojům:
 - *Circuit ID: 4a, 8a nebo 12a,*
 - *File Name: Job ID-4a, Job ID-8a nebo Job ID-12a.*
- Všechny reporty ukládat do stejné složky pojmenované jako **Job ID**, ideálně na flash paměť nebo na OneDrive:
 - po skončení měření celou složku překopírovat do import adresáře FME serveru (import/fix/odbor).

The screenshot shows the 'Generate report' configuration window in EtherBERT. The 'Job Information' section includes fields for Job ID (2023-219-00-D3), Contractor Name (Český telekomunikační úřad), Customer Name (516), and Operator Name (22666). The 'Report Headlines and Content' section includes Report Header (Český telekomunikační úřad) and Report Title (Měření podle přílohy č. 1). The 'Save Report' section includes checkboxes for Auto-Generate Report, Auto-Generate File Name, Display Report after Saving, and Turn on Report Generation Prompt. The Save To field is set to D3-2023-219-00 and the File Name field is set to 2023-219-00-D3-12a. A 'Close' button is at the bottom right.



Kontrola reportu nástroje EtherBERT dle ITU-T O.150

- Po vygenerování reportu nástroje EtherBERT vždy provést kontrolu:
 - Status testu **Completed**.
 - Report obsahuje nějaké výsledky (nejsou zde nuly, ovšem výsledek bitových chyb *BER Errors* nuly obsahovat může).

Český telekomunikační úřad

Page 1 of 13

SUMMARY

Results Summary

Test Status	
Test Status	Completed
Pass/Fail Verdict	PASS
Start Time	21.09.2023 13:18:01
Duration	00d:00:05:02
Test Recovery	0

BER Pass/Fail Verdict	
Pass/Fail Verdict	PASS

BER Alarms	Seconds
No Traffic	0
Pattern Loss	0

BER Errors	Seconds	Count	Rate
Bit Error	0	0	0,00E00
Mismatch '0'	0	0	0,00E00
Mismatch '1'	0	0	0,00E00

Traffic	Frame Count
Total TX	121767
Total RX	122250

Service Disruption						
Longest (ms)	Shortest (ms)	Last (ms)	Average (ms)	Total duration (ms)	Count	Verdict
136,798	50,508	111,031	92,031	2300,785	25	Disabled

	Average	Minimum	Maximum
Round-Trip Latency (ms)	35,00951	19,27586	346,62384



Terminologie rychlostí: BEREC Pokyny BoR (23) 164

- Rychlosti dle **BEREC Pokynů BoR (23) 164** pro definici VHCN sítě
 - Definice VHCN sítě vychází ze Směrnice (EU) 2018/1972 (Čl. 82)
 - VHCN (*Very High Capacity Networks*) → *Jak se definuje vysoká kapacita??*
 - splní **kritérium 1** nebo **kritérium 2**: optické vlákno až do budovy / e(g)NodeB a nebo případně (pokud ve své síťové infrastruktuře nevyužívá optické vlákna)
 - splní **kritérium 3** nebo **kritérium 4** = parametry dle *performance threshold 1 / 2*
 - **Pevné sítě (kritérium 3)** → parametry dle *performance threshold 1*:
 - *downlink/uplink data rate ≥ 1000/200 Mbit/s* → *downlink* a *uplink* je šířka pásma (*bandwidth*), resp. **IP TR** (UDP na transportní vrstvě), proč šířka pásma??
 - Směrnice (EU) 2018/1972, Čl. 82: ...dostupnou **šířku pásma** pro ***downlink*** a ***uplink***...
- **BEREC Pokyny BoR (23) 164**, odst. 20 (d):
 - 20 (d). The threshold data rates of performance thresholds 1 are **data rates** at the level of the **IP packet payload**.
 - **Pozor:** V roce 2026 byla vydána novelizace, která slučuje rychlosti spjaté s Pokyny k VHCN sítím s podmínkami síťové neutrality, tj. performance thresholds 1 are **data rates** at the level of the **transport payload**: kritéria 3 a 4 budou odpovídat běžně dostupné rychlosti.

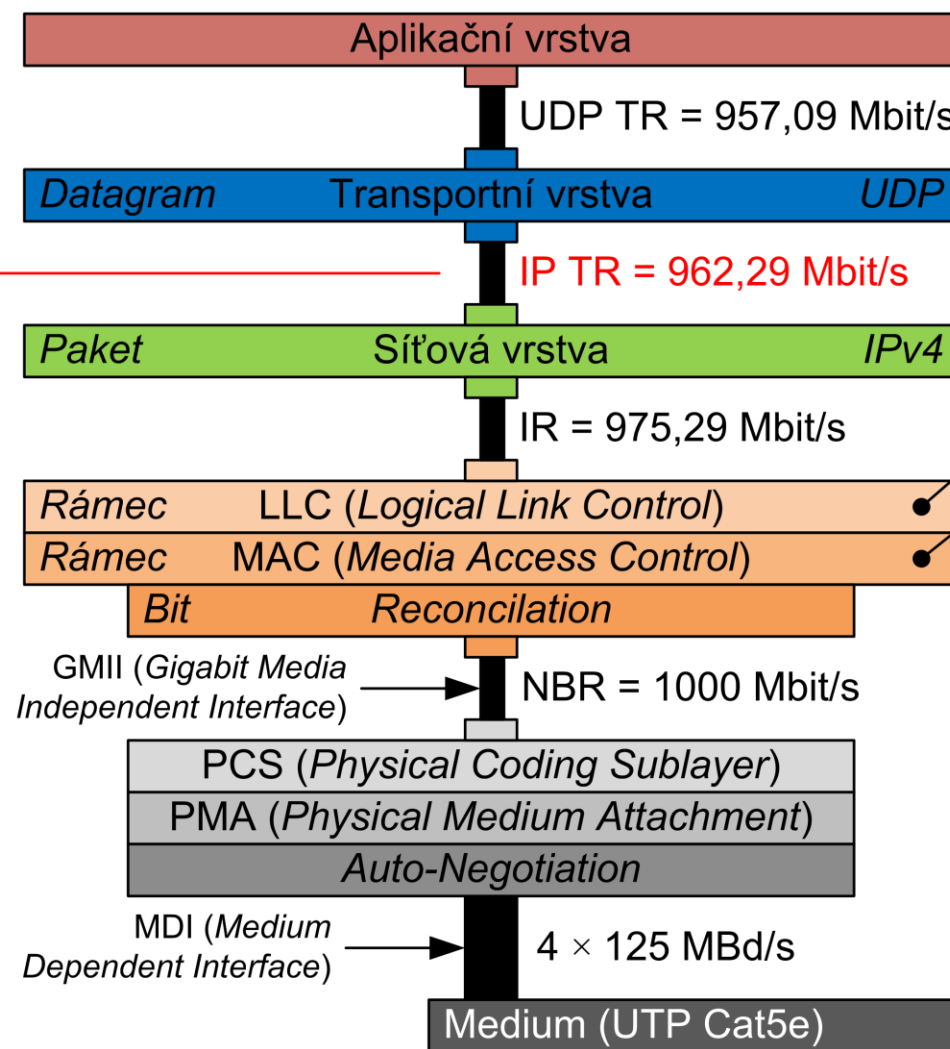


Terminologie rychlostí: BEREC Pokyny BoR (23) 164: VHCN

BEREC Pokyny BoR (20) 165
Performance threshold 1 a 2:
„down- and uplink bandwidth“

Měření dle standardu
ITU-T Y.1540

Anex A (A.4.2.2): „**The UDP capacity represents the maximum achievable IP rate for each line.**“



*Splňuje rozhraní IEEE 802.3ab (1000BASE-T) kritérium VHCN pro downlink **1000 Mbit/s**??*

IEEE 802.2

IEEE 802.3 (IEEE 802.3ab = 1000BASE-T)

*Odpověď: **ano**, standard ITU-T Y.1540 (příloha A) zavádí stejnou **5 % toleranci šířky pásma** jako VO-S/1 pro R_{max} .*

*Měření by mělo odpovídat standardu **ITU-T Y.1540** (zatím není dostupný nástroj).*



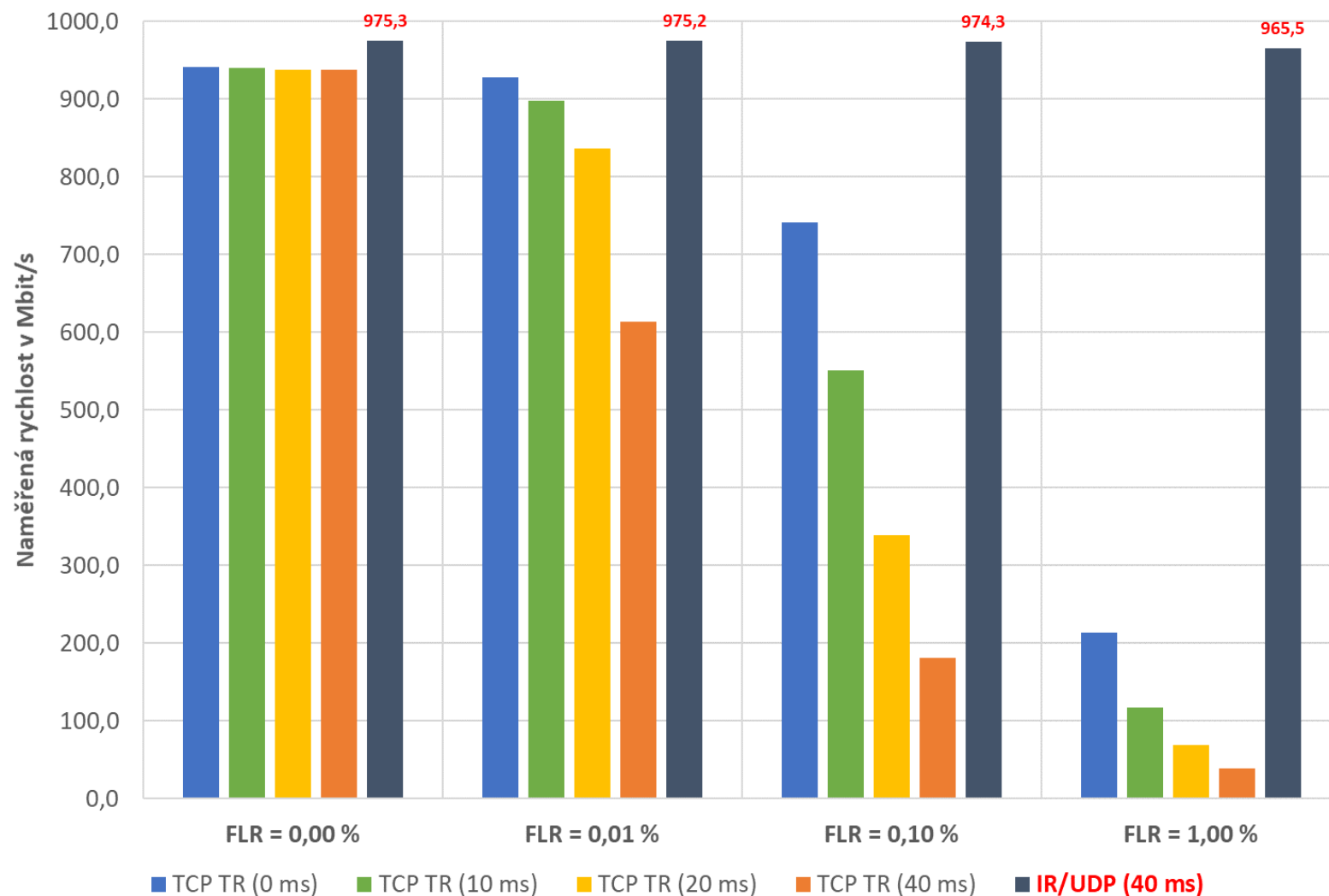
Terminologie rychlostí: BEREC Pokyny BoR (23) 164: VHCN

- Proč šířka pásma *downlink* a *uplink* odpovídá síťové vrstvě (IP TR)??
 - Je to na základě definice Pokynů BoR (20) 165: „...are data rates at the level of the **IP packet payload**“,
 - Po změně VHVCN Pokynů se sice bude měřit šířka pásma na L4 (TCP), L3 šířka pásma ale zůstane pro QoS.
- **UDP** je nespojově orientovaný a velmi jednoduchý **protokol**
 - Nezajišťuje řízení toku ani nepředchází možnému zahlcení.
 - Přenáší data po blocích (datagramech) na rozdíl od TCP protokolu, který přenáší data jako proud bytů a proto musí zajišťovat řízení toku a zahlcení.
 - **UDP protokol** je ideálním protokolem pro měření „**průměru trubky**“
- **Dva protokoly transportní vrstvy v novelizaci Pokynů BEREC VHVCN**
 - **Měření šířky pásma downlink a uplink** bude probíhat na transportní vrstvě **při protokolu TCP**.
 - Protože se jedná o šířku pásma dostupnou **v době provozní špičky**, bude se posuzovat jako by se jednalo o **běžně dostupnou rychlost** (tak k tomu přistupuje i MPO v rámci dotací).
 - **Měření QoS parametrů dle standardu ITU-T Y.1540** bude probíhat **na síťové vrstvě při UDP protokolu** na transportní vrstvě.
 - Zatížení **síťové vrstvy (IP TR)** bude opět odpovídat **šířce pásma běžně dostupné rychlosti**.



VHCN sítě: Rozdíl v chování TCP a UDP protokolů

- **IR/UDP** = linková rychlost dle **ITU-T Y.1564** (nástroj Y.1540 dostupný od konce roku 2024).
- **TCP TR** = TCP propustnost dle **IETF RFC 6349**.
- Posuzován dopad ztrátovosti a zpoždění rámců (RTT).
- **Ztrátovost 1 % = pokles šířky pásma o 1 % z původní hodnoty** (rozhraní IEEE 802.3ab; NBR = 1 Gbit/s).
- Délka měření nástrojem Y.1540 dle Annex B, Tab. B.2: **5 až 60 sekund**.
- Dle znění novelizace BEREC Pokynů k VHCN sítím nebude možné provést měření pouze 1 nástrojem:
RFC 6349 + Y.1540





Nastavení měřicího nástroje Y.1540

- **Krok 1:** Nastavení bloku síťového rozhraní (10 GE optical LAN):
 - standardní nastavení záložek *Interface* a *Network*.
 - *Nastavení probíhá v nástroji Y.1564, který musí být na pozadí spuštěn.*
- **Krok 2:** Nastavení NBR (L1):
 - Nastaví se šířka pásma, která má být zatížena.
- **Krok 3:** Nastavení velikosti rámců při procesu měření (stejně jako v nástroji Y.1564).
- **Krok 4:** Nastavení délky měření.

Test Y.1540

← [X] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Report Config Test Result

Enable

Remote IP Address: 10.10.149.94

Remote connection via: DTS

Net Bit Rate (L1): 2000

Net Bit Rate (L1): 2000

Duration: 60

Previous IP Quick Ping

L->R R->L

Burst Max Rate: [] [] Enable

Frame Size: 1518

Start test

Data Profile

Values for testing EtherSAM Y.1540.
Connected to remote device on address: 10.10.149.94



Výsledky měření nástroje Y.1540

- Po uplynutí délky měření (60 sekund) se zobrazí výsledky měření.
- Zobrazují se tyto parametry:
 - Průměrná hodnota zatížení šířky pásma (L3) během měření.
 - Zpoždění IP paketů (průměr).
 - Kolísání zpoždění IP paketů (průměr).
 - Chybovost IP paketů (%).
 - Ztrátovost IP paketů (%).
 - Dostupnost IP služby (%).
- Porovnání s definovanými kritérii pro VHCN síť.

Test Y.1540

Test duration: 60 seconds

Report Config Export to PDF Export to Html Export to CSV

#	Direction	Throughput [Mbit/s]		Latency [ms]		Jitter [ms]		IPER [%]	IPLR [%]	IP Service Availability
		Avg	Max	Avg	Max	Avg	Max			
1	L->R	1924.578	1924.580	0.047	0.049	9.00E-5	0.001	0.000	0.000	100.000 %
	R->L	1924.577	1924.580							7.00E-5
2	L->R									
	R->L									
3	L->R									
	R->L									
4	L->R									
	R->L									
5	L->R									
	R->L									
6	L->R									
	R->L									
7	L->R									
	R->L									
8	L->R									
	R->L									
9	L->R									
	R->L									
10	L->R									
	R->L									

Děkujeme za pozornost

Odbor kontroly Českého telekomunikačního úřadu

Tým oddělení kontroly datových služeb



Český telekomunikační úřad