

Měření datových parametrů sítí pomocí TCP protokolu

Ing. Karel Tomala, Ing. Petr Koudelka, Ph.D.

Oddělení kontroly datových služeb

Sítě FTTx v roce 2018, Brno, 08/03/2018



Český telekomunikační úřad



Obsah

- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2120
- BEREC BoR (16) 127
- Vyhádření Českého telekomunikačního úřadu k vybraným otázkám přístupu k otevřenému internetu a evropským pravidlům síťové neutrality
- Grafické vyjádření rychlostí
- Matematické vyjádření rychlostí
- Metodika ČTÚ "Měření datových parametrů sítí pomocí TCP protokolu" a její uplatňování v praxi



Nařízení 2015/2120, odst. 17

- (17) ... Vnitrostátní regulační orgány by v tomto ohledu měly posoudit dopad na dostupnost a obecnou kvalitu služeb přístupu k internetu analýzou mimo jiné parametrů kvality služeb (zpoždění, kolísání velikosti zpoždění ("jitter"), ztrátovost paketů atd.), úrovně a účinků přetížení sítě, skutečné přenosové rychlosti v porovnání s inzerovanou, výkonu služeb přístupu k internetu ve srovnání s jinými službami, než je přístup k internetu a kvality vnímané koncovými uživateli.



Nařízení 2015/2120, odst. 18

- (18) ... Poskytovatelé služeb přístupu k internetu by rovněž měli spotřebitele informovat o prostředcích nápravy, které má podle vnitrostátního práva k dispozici pro případ nesplnění požadavků na výkon. Za účelem stanovení prostředků nápravy, které má koncový uživatel k dispozici podle vnitrostátního práva, by se za nesplnění požadavků na výkon měla považovat jakákoli **velká a trvající či pravidelně se opakující odchylka skutečného výkonu služby od výkonu uvedeného ve smlouvě**, pokud byla zjištěna za pomocí mechanismu sledování ověřeného vnitrostátním regulačním orgánem.



Nařízení 2015/2120, článek 4 odst. 1d)

Opatření ke zvýšení transparentnosti pro zajištění přístupu k otevřenému internetu

- 1. Poskytovatelé služeb přístupu k internetu zajistí, aby smlouva, která zahrnuje služby přístupu k internetu, obsahovala alespoň:
 - d) jasné a srozumitelné vysvětlení toho, jaká je **minimální, běžně dostupná, maximální a inzerovaná rychlosť** stahování a vkládání u služeb přístupu k internetu v případě pevných sítí, nebo jaká je odhadovaná maximální a inzerovaná rychlosť stahování a vkládání u služeb přístupu k internetu v případě mobilních sítí, a toho, jaký dopad by mohly mít **velké odchyly** od inzerované rychlosťi stahování nebo vkládání na výkon práv koncových uživatelů stanovených v čl. 3 odst. 1;



BEREC Guidelines BoR (16) 127, článek 4 odst. 1d)

- (140) ... Rychlosti pro upload a download by měly být uváděny jako jednotlivé numerické hodnoty v bitech za sekundu (např. kb/s nebo Mb/s). Rychlosti by měly být uváděny na základě uživatelských dat IP paketů nebo uživatelských dat protokolu transportní vrstvy, a nikoli na základě protokolu nižší vrstvy.

Specifikace rychlostí pro službu přístupu k internetu v pevných sítích:

- Minimální rychlosť,
 - Maximálna rýchlosť,
 - Béžne dostupná rýchlosť,
 - Inzerovaná rýchlosť.



Vyjádření ČTÚ k pravidlům síťové neutrality

- Koncový uživatel má právo aktivovat nápravné prostředky plynoucí z Nařízení, a to, pokud nebudou dodrženy smluvní parametry. Vzhledem k obecnému charakteru definice běžně dostupné rychlosti v pevných sítích a rychlosti inzerované v síti mobilní Úřad přistoupil k popisu tzv. **odchylek jako indikátorů skutečnosti, že výkon služby nedosahuje smluvených parametrů**.
 - Při kontrole, zda nedochází k porušování smluvních podmínek, bude Úřad provádět měření **na transportní vrstvě** a bude postupovat dle svého metodického postupu "Měření datových parametrů sítí pomocí TCP protokolu", který je zveřejněn na stránkách Úřadu.



Minimální rychlos

Minimální rychlosť:

- Minimální rychlosť se rozumí nejnižší garantovaná rychlosť stahovania (tj. downloadu) a vkladania (tj. uploadu), ktorou sa pôsobiaci poskytovateľ služby prístupu k internetu smluvne zavázal koncovému užívateľovi poskytnúť. V prípade, že rychlosť klesne pod tuto hodnotu, znamená takový stav výpadok služby. To znamená, že rychlosť stahovania, resp. vkladanie dat by nemala nikdy klesnúť pod tuto hodnotu.
 - Minimální rychlosť = R_{min} (b/s).



Maximální rychlos

Maximální rychlosť:

- Maximální rychlostí se rozumí nejvyšší možná rychlosť stahovania a vkladania, ktorou príslušný poskytovateľ služby prístupu k internetu uvedl v smlouve koncovému užívateľovi pre poskytovanie danej služby. Maximálna rýchlosť musí byť stanovená realisticky s ohľadom na použitú technológiu a jej prenosové možnosti a s ohľadom na konkrétné podmienky nasadenia, ktoré sú pre rýchlosť stahovania a vkladania limitujúce. Maximálna rýchlosť musí byť na danú prípojku či v danom mieste pripojenia reálne dosažiteľná.
 - Maximálna rýchlosť = R_{max} (b/s).



Běžně dostupná rychlos

Běžně dostupná rychlosť:

- Běžně dostupnou rychlostí se rozumí taková rychlosť, kterou může koncový uživatel předpokládat a reálně dosahovat při stahování a vkládání dat v době, kdy danou službu používá. Tato rychlosť je definována jako podíl množství stažených či vložených dat a příslušného časového úseku, ve kterém je služba poskytována. Běžně dostupná rychlosť může být specifikována různou hodnotou pro čas špičky i pro čas mimo špičku, avšak v takovém případě, musí být dané rychlosti běžně dosažitelné v daných časových úsecích (ve špičce, mimo špičku). Poskytovatel služby přístupu k internetu musí též jasně uvést časové vymezení úseků ve špičce a mimo špičku, a to jasnými numerickými hodnotami.
 - Běžně dostupná rychlosť = BDR (b/s).



Inzerovaná rychlos

Inzerovaná rychlosť:

- Inzerovaná rychlosť je rýchlosť stahovania a vkladania, ktorou poskytovateľ služby prístupu k internetu používa v svých obchodných sčítaníach, včetne reklamy a marketingu, v súvislosti s propagáciu, predajom alebo dodaním danej služby. Inzerovaná rychlosť, včetne ďalšej komerčnej komunikácie, podlieha rovnako príslušným ustanoveniam spotrebiteľského a súťažného práva a **nesmí byť vyšších hodnot než v smlouve uvedené hodnoty maximálnych rychlosťí** (Pokyny bod 151).
 - Inzerovaná rychlosť = R_{inzer} (b/s).

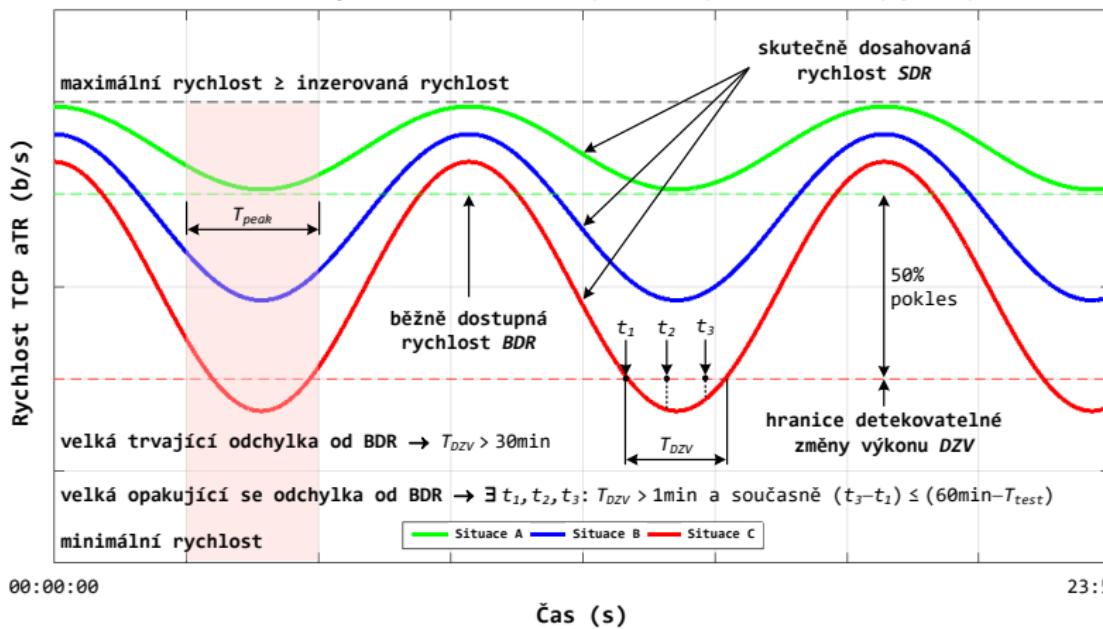


Odchylky od běžně dostupné rychlosti *BDR*

- Za **detekovatelnou změnu výkonu** služby přístupu k internetu v pevné síti se považe pokles alespoň jedné ze skutečně dosahovaných rychlostí stahování či vkládání **pod 50% hodnoty rychlostí uvedených jako rychlosť běžně dostupná**.
 - Za **velkou trvající odchylku** od běžně dostupné rychlosti stahování a vkládání dat považe Úřad takovou odchylku, která **vytváří souvislou detekovatelnou změnu výkonu služby přístupu k internetu delší než 30 minut**.
 - Za **velkou opakující se odchylku** od běžně dostupné rychlosti stahování a vkládání dat považe Úřad takovou odchylku, při které **dojde alespoň ke třem detekovatelným změnám výkonu služby přístupu k internetu delším než 1 minuta v časovém úseku 1 hodiny**.

Grafické vyjádření rychlostí a příslušných parametrů

Dosahované rychlosti stahování (download) a vkládání (upload)





Matematické vyjádření rychlostí

- Maximální rychlosť = R_{max} (b/s)
 - Minimálna rýchlosť = R_{min} (b/s)
 - Inzerovaná rýchlosť = R_{inzer} (b/s)
 - $R_{max} \geq R_{inzer}$
 - Běžně dostupná rychlosť = BDR (b/s)
 - $R_{min} < BDR < R_{max}$
 - Špička → BDR_{peak} : $T_{BDR} \in T_{peak(i)}$
 - Mimo špičku → $BDR_{off-peak}$: $T_{BDR} \in (24 \text{ hod} - \sum_1^i T_{peak(i)})$

Poznámka: Doporučení uvádět ve smlouvách i vrstvu dle RM ISO/OSI, které odpovídají uvedené rychlosti, např. L1.



Matematické vyjádření parametrů

- Detekovatelná změna výkonu služby = DZV (b/s)
 - pokles BDR (%) = $p_{BDR} \times 100$
 - DZV (b/s) = $BDR \times p_{BDR}$
 - Velká trvající odchylka od $BDR \rightarrow T_{DZV} > 30$ min
 - Velká opakující se odchylka od BDR
 - čas překročení $DZV = t_x$, kde $x \in \mathbb{N}^+$
 - časový interval, během něhož je překročena $DZV \rightarrow T_{DZV}$
 - Velká opakující se odchylka od $BDR \rightarrow \exists t_1, t_2, t_3 :$
 $T_{DZV} > 1$ min a současně $(t_3 - t_1) \leq (60$ min – $T_{test})$



Měření datových parametrů pomocí TCP protokolu

- Účelem metodiky je popis a sjednocení postupu pro měření reprezentativních datových parametrů pevných, mobilních, bezdrátových a jiných sítí elektronických komunikací, a to pomocí **TCP protokolu** (dle RFC 6349).
 - Vymezení měřících stran a přenosové trasy:
 - Měřící server,
 - Měřící zařízení (terminál),
 - Přenosová trasa.
 - Definice jednotlivých procesů měření:
 - Identifikace MTU,
 - Měření RTT,
 - Měření BB,
 - Měření propustnosti TCP datového toku.



Výpočet vstupních parametrů

- Výpočet BDP (bandwidth-delay product) jako výsledek násobku kapacity přenosové trasy a zpoždění mezi oběma koncovými zařízeními měřené přenosové trasy:
 - $BDP = \text{minRTT} \cdot BB; [b; s, b/s]$.
- Výpočet velikost bufferu BS na přijímací i vysílací straně:
 - $BS \geq BDP; [b; b]$.
- Výpočet velikosti TCP RWNDmin:
 - $TCP\ RWNDmin = \frac{BDP}{8}; [B; b]$.
- Stanovení počtu TCP spojení:
 - $TCP\ RWNDmin > TCP\ RWND; [B; b]$,
 - $n = TCP\ RWNDmin / TCP\ RWND; [-; B, B]$.



Výpočet propustnosti TCP datového toku

- Výpočet ideální hodnoty propustnosti TCP datového toku, který vychází ze složení vrstev modelu RM ISO/OSI:
 - $FPS = NDR \text{ (L1)} / ((\text{Preamble} + \text{SFD} + \text{IFG} + \text{MAC SRC} + \text{MAC DST} + 802.1Q + \text{TYP} + \text{Payload} + \text{CRC32}) \cdot 8); [1/s; b/s, b],$
 - $\text{TCP iTR} = (\text{MTU} - \text{IP} - \text{TCP}) \cdot 8 \cdot \text{FPS}; [b/s; B; 1/s].$
 - Výpočet aktuální hodnoty propustnosti TCP datového toku, který vychází z kontinuálního měření RTT během testu a stanovení průměrné hodnoty RTT:
 - průměrná RTT = $1 / t \cdot \sum_{i=0}^{N-1} \text{RTT}_i; [s; s, s]$,
 - $\text{TCP aTR} = \text{TCP RWND} \cdot 8 / \text{průměrná RTT}; [b/s; B, s]$.



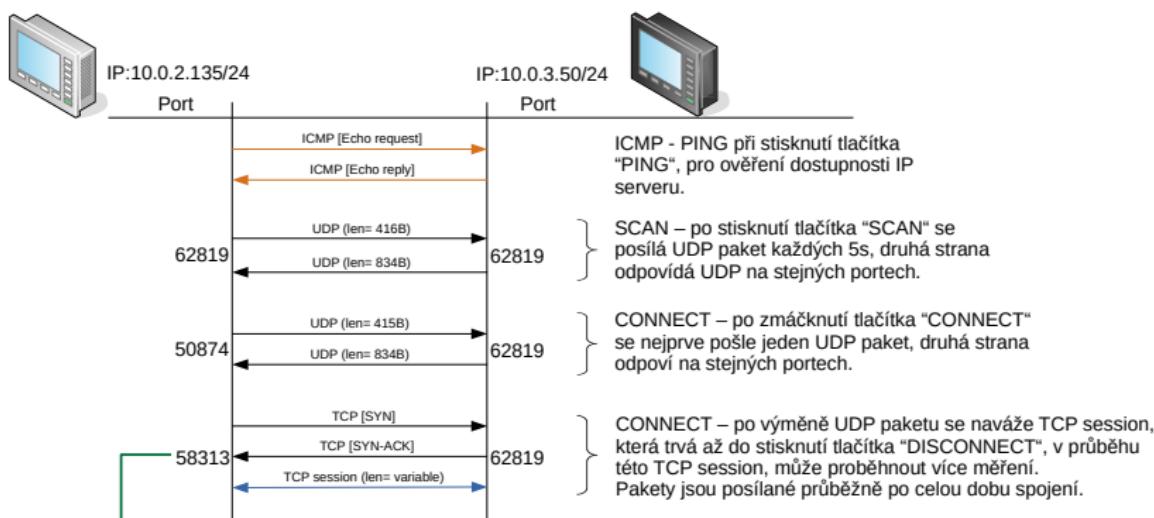
Výpočet TCP metrik

- TCP metriky slouží dle RFC 6349 k lepšímu porozumění a porovnání jednotlivých výsledků měření. Doporučení definuje 3 TCP metriky, minimální přípustná varianta dle metodiky ČTÚ je v podobě stanovení TCP efficiency a Buffer delay (pro každý směr zvlášť).
- TCP efficiency reprezentuje procento úspěšně přenesených bitů bez nutnosti jejich znova zaslání:
 - $TCP\ EFF = ((TB - rTB) / TB) \cdot 100; [\%; b, b].$
- Bufer delay reprezentuje vztah mezi nárůstem průměrné hodnoty RTT během testu propustnosti TCP datového toku a výchozí hodnotou bRTT stanovenou před zahájením testu:
 - $BD = ((průměrná\ RTT - bRTT) / bRTT) \cdot 100; [\%; s, s].$



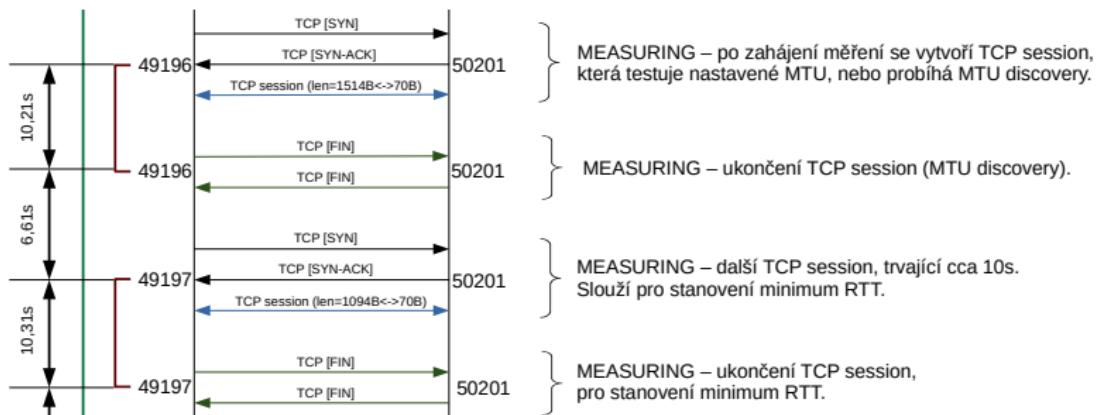
Měření propustnosti TCP datového toku

- ČTÚ → Měřící systém schopný měřit dle RFC 6349 a naplňovat kritéria stanovené v Metodice měření datových parametrů sítí pomocí TCP protokolu.
- Krok 1: inicializace měření.



Měření propustnosti TCP datového toku

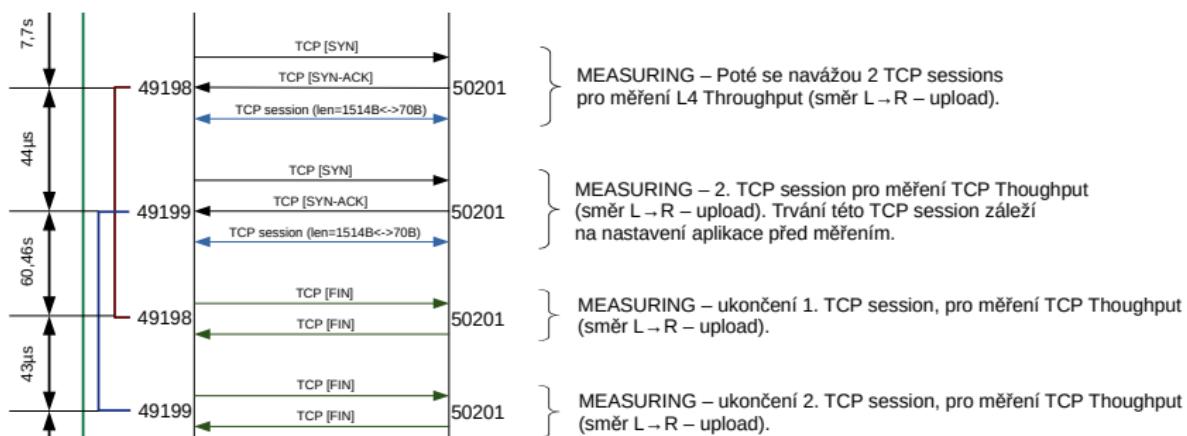
- Krok 2: zahájení měření → MTU, bRTT a minimální RTT.





Měření propustnosti TCP datového toku

- Krok 3: zahájení měření → aktuální propustnost TCP datového toku TCP aTR (2 TCP spojení v rámci T_{TCP}).





Měření propustnosti TCP datového toku

- Doporučení provádět 3 hlavní, nezávislé, měření (Měření č. 1, 2 a 3) včetně dodržení časové diverzity (definice minimální podoby).
- Garance délky měření propustnosti TCP datového toku T_{TCP} :
 - splnění podmínky $T_{TCP} > 1 \text{ min} \rightarrow T_{TCP} = 90 \text{ s}$,
 - na základě měřícího procesu dle RFC 6349 můžeme stanovit:

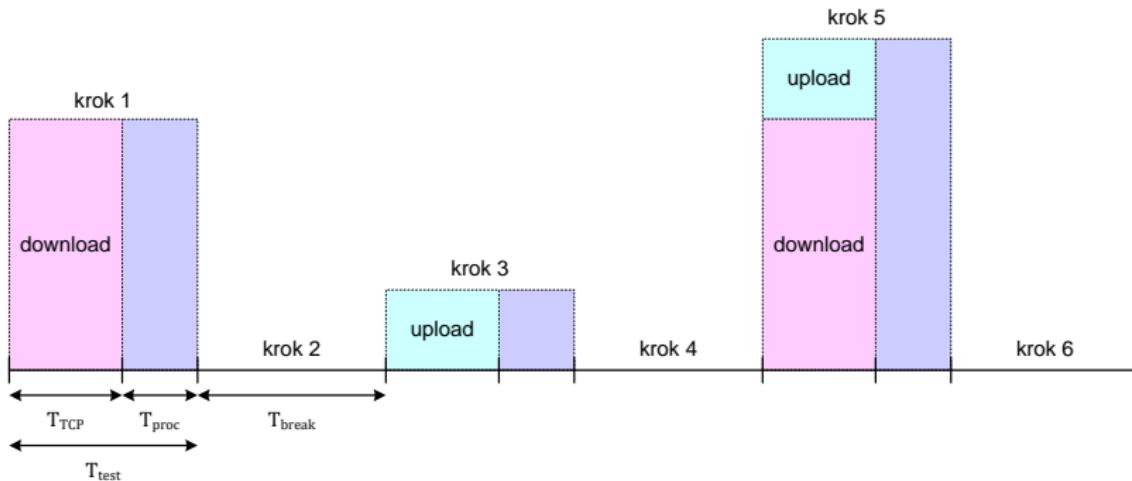
$$T_{test} = T_{TCP} + T_{proc} \leq 150 \text{ s.}$$

- Stanovení celkové délky měření $T_{meas} \leq 15 \text{ min}$:
 - krok 1 - download o délce testu $T_{test} \leq 150 \text{ s}$,
 - krok 2 - pauza (uložení výsledků) o délce $T_{break} \leq T_{test}$,
 - krok 3 - upload o délce testu $T_{test} \leq 150 \text{ s}$,
 - krok 4 - pauza (uložení výsledků) o délce $T_{break} \leq T_{test}$,
 - krok 5 - download + upload o délce testu $T_{test} \leq 150 \text{ s}$,
 - krok 6 - pauza (uložení výsledků) o délce $T_{break} \leq T_{test}$.



Měření propustnosti TCP datového toku

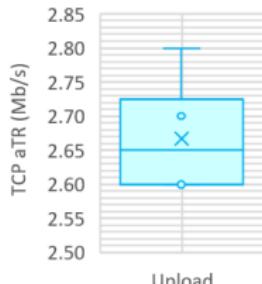
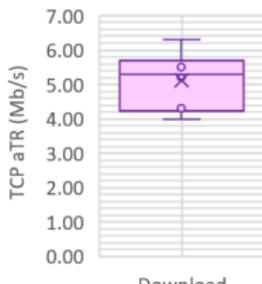
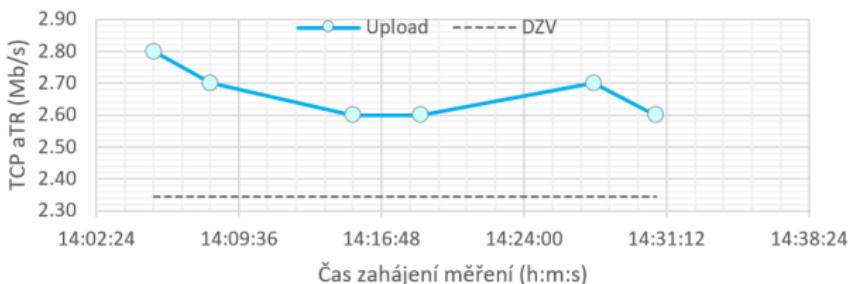
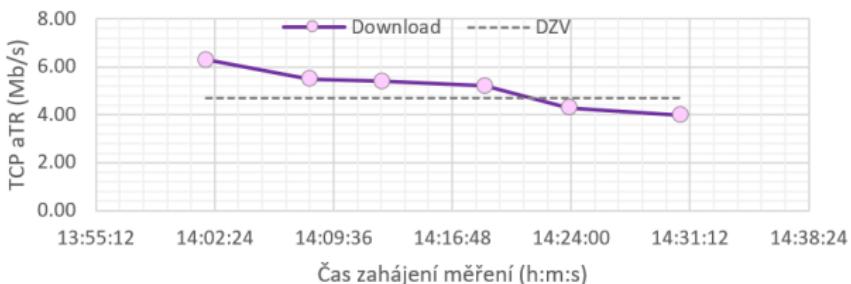
- Doporučená podoba měření propustnosti TCP datového toku (krok 1 a krok 2 představují minimální přípustnou variantu).





Příklady z praxe → Wi-Fi

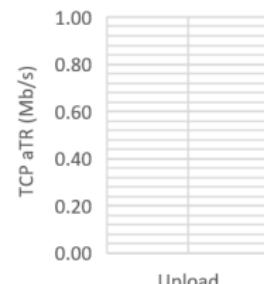
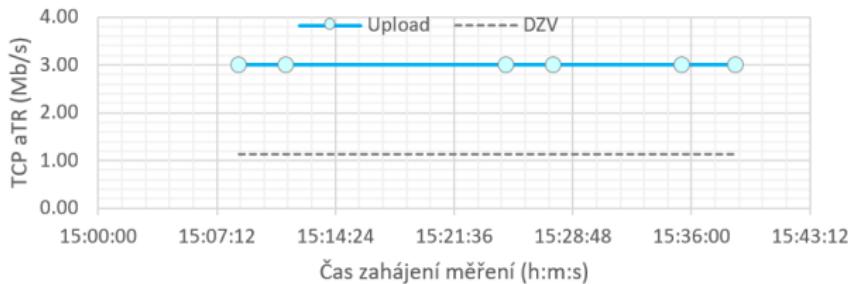
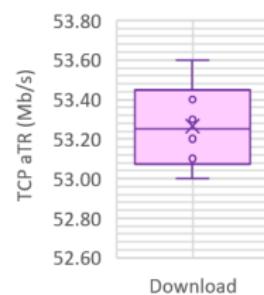
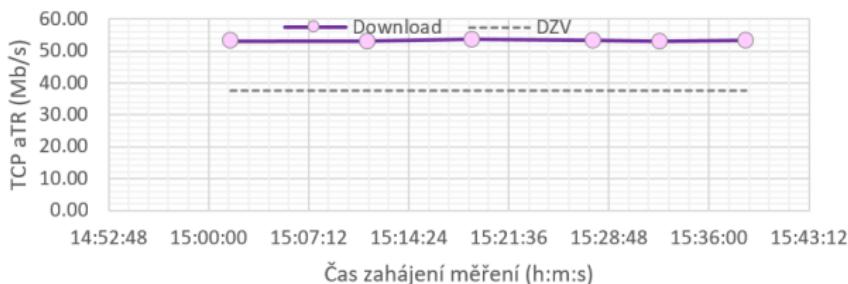
- Poskytovatel Wi-Fi 5 GHz, R_{min} (down/up) = 6/3 Mb/s.
 - R_{max} (down/up) = BDR (down/up) = 10/5 Mb/s.





Příklady z praxe → VDSL2

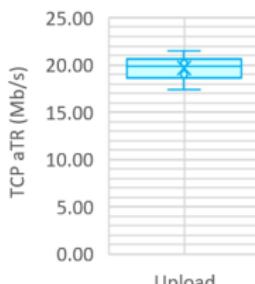
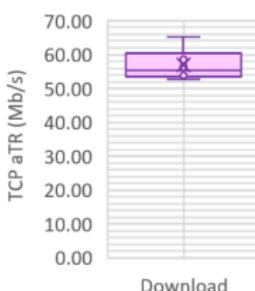
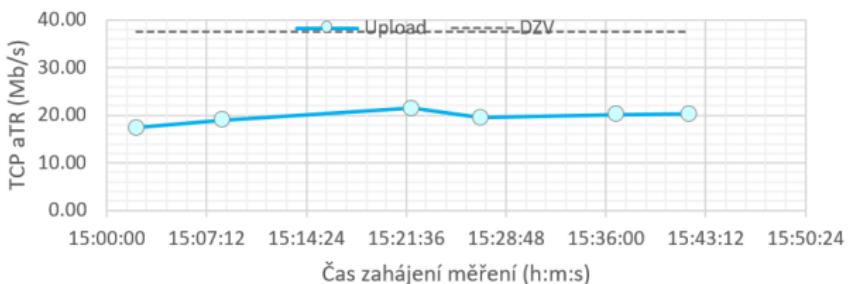
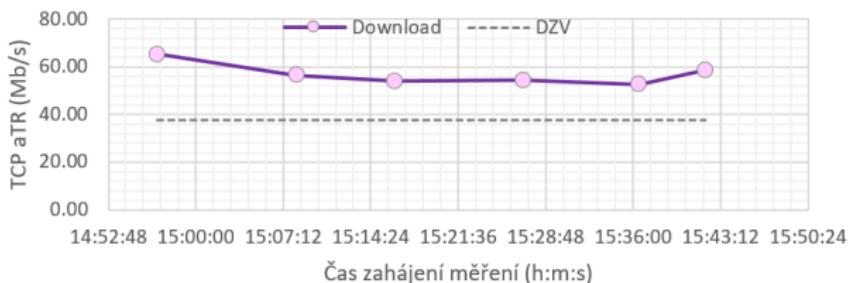
- Poskytovatel VDSL2, R_{min} (down/up) = 4/1 Mb/s.
- R_{max} (down/up) = 100/3 Mb/s, BDR (down/up) = 80/2.4 Mb/s.





Příklady z praxe → FTTB

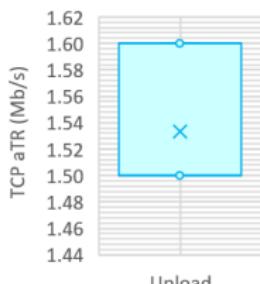
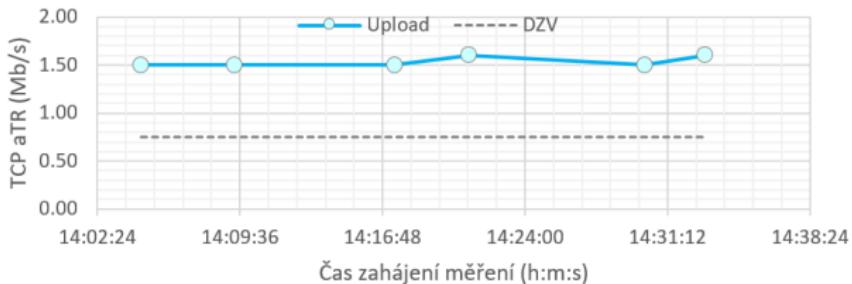
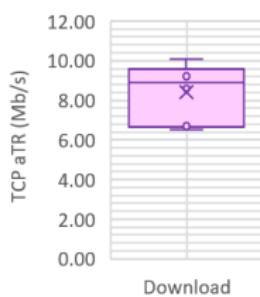
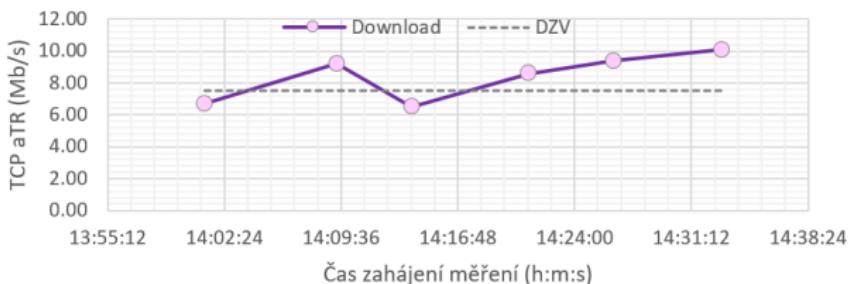
- Poskytovatel FTTB, R_{min} (down/up) = 80/80 Mb/s.
 - R_{max} (down/up) = BDR (down/up) = 80/80 Mb/s.





Příklady z praxe → Mobilní v pevném místě (MvPM)

- Poskytovatel MvPM, R_{min} (down/up) = 16/16 kb/s.
- R_{max} (down/up) = 20/2 Mb/s, BDR (down/up) = 16/1.6 Mb/s.





Q&A

Děkuji za pozornost