

Metodika vyhodnocování dopadu kapacity sítě

Metodický postup pro vyhodnocování dopadu kapacity sítí elektronických komunikací na výkon služeb přístupu k internetu a síťová neutralita obecně

Ing. Petr Koudelka, Ph.D.

Ing. Karel Tomala

Odbor kontroly služeb a monitorování radiového spektra

Konference ISP Futuretec 2024 / 6. června 2024



Český **telekomunikační** úřad



Obsah

- Časový vývoj metodického postupu
- Přirozená agregace
- Metodický postup (od 1.1.2023)
 - Poissonův proces
 - Poissonův proces s UF faktorem
- Sdělení EU 2022
- Nařízení (EU) 2015/2120
- VO-S/1
- Kvalita služeb a způsoby měření
- Závěr



Časový vývoj metodického postupu

- **Metodika pro měření a vyhodnocování datových parametrů pevných komunikačních sítí** (Metodický postup verze 1.0.0)
 - Příloha P2 – verze 1.0 (platná od 1.7.2016): Měření a analýza pevné telekomunikační sítě pro účely kontroly parametrů sítě a schopnosti přenosu dat – aktivační a projektová analýza sítě.

- **Metodika pro měření pro měření a vyhodnocování datových parametrů pevných sítí elektronických komunikací verze** (Metodický postup verze 2.0)
 - Příloha č. 1, měření vzniku velkých odchylek a neposkytování služby (až od úrovně detekovatelné změny výkonu) v souladu s BEREC BoR (16) 127, odst. 164: přihlédnutí k BoR (14) 117 = **IETF RFC 6349**
 - Příloha č. 2, vychází z přílohy č. 1, kterou rozšiřuje o měření QoS parametrů dle **ITU-T Y.1564**: šířka pásma, zpoždění, jitter a ztrátovost
 - Původní **příloha P2** byla z novelizovaného metodického postupu **vypuštěna** s tím, že se pro jí bude věnovat **samostatný metodický postup**

časová osa



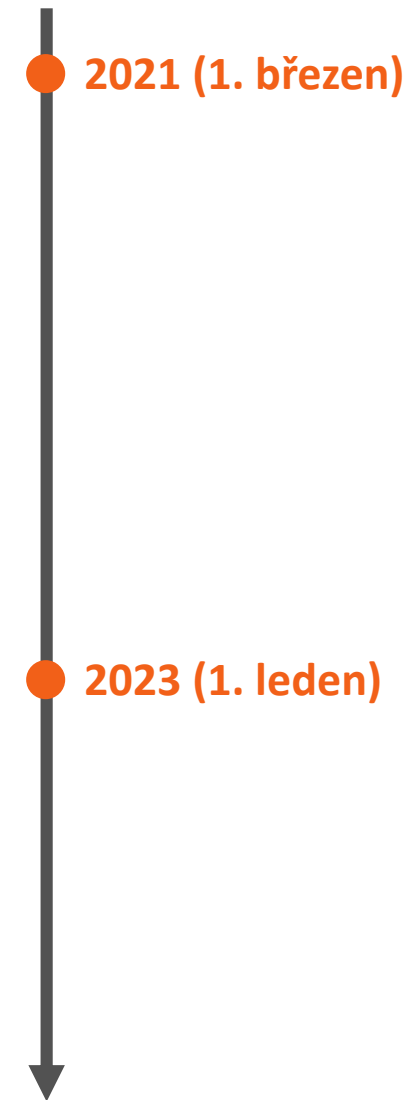


Časový vývoj metodického postupu

- **Metodika pro měření pro měření a vyhodnocování datových parametrů pevných sítí elektronických komunikací verze (Metodický postup verze 2.1)**
 - Principiálně stejná jako verze 2.0, došlo pouze:
 - zohlednění znění všeobecného oprávnění VO-S/1 (18. srpna 2020), které definuje vznik velkých odchylek výkonu přímo od běžně dostupné rychlosti
 - doplnění možnosti měření dle standardu **ITU-T O.150** (měření, kdy služba vykazuje výpadky)

- **Metodika pro vyhodnocování dopadu kapacity sítí elektronických komunikací na výkon služeb přístupu k internetu (Metodický postup verze 1.0)**
 - Nový metodický postup je založen na principech systému hromadné obsluhy (SHO), u kterého se předpokládá, že elementární vstupní datový tok v posuzovaném segmentu sítě tvoří **Poissonův proces**
 - K dispozici veřejnosti je **jednoduchý kalkulátor** (Python)

časová osa

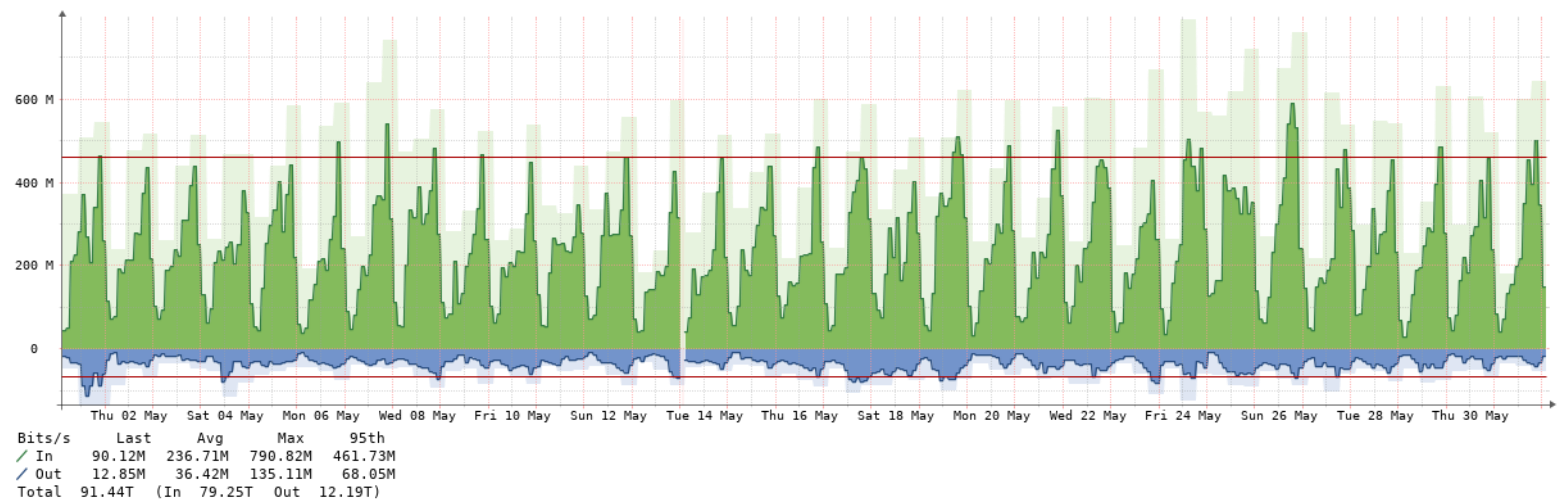




Příklad aplikace metodického postupu

Výsledky reálného provozu / přístupová technologie XGS-PON

- Předmětná **lokality č. 1** má zajištěnou kapacitu (vesnice):
 - CAP = **2 Gb/s** (max 40 Gb/s)
- Monitoring síťového provozu:
 - $NBR_{max} = 790,82 \text{ Mb/s}$
 - $NBR_{avg} = 236,71 \text{ Mb/s}$
- Disponibilní přípojky: **796**
 - 796 disponibilních přípojek kategorie **1 Gb/s**
- Aktivní přípojky: **269**
- Struktura poskytovaných služeb dle ESD (download):
 - 100 až 300 Mb/s: **264**
 - 300 až 1000 Mb/s: **2**
 - 1000 Mb/s a více: **3**
 - R_{max} (vážený průměr): **118,77 Mb/s**
 - **BDR** (vážený průměr): **71,26 Mb/s**

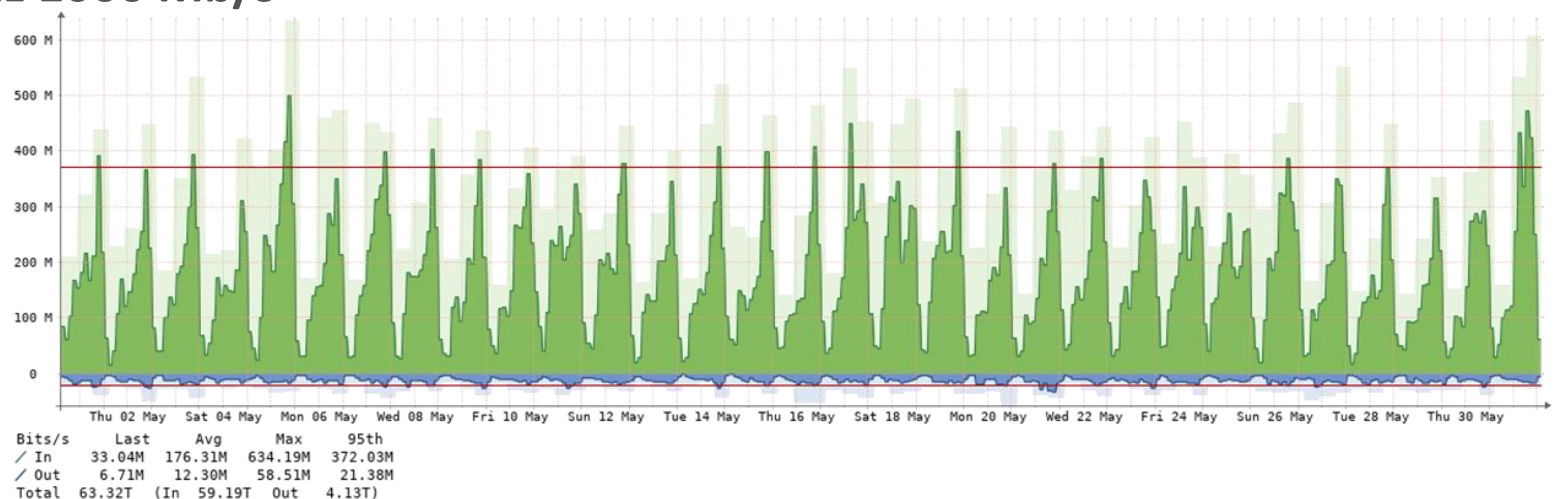




Příklad aplikace metodického postupu

Výsledky reálného provozu / přístupová technologie EuroDOCSIS 3.0

- Předmětná **lokality č. 2** má zajištěnou kapacitu (vesnice):
 - CAP = **2 Gb/s** (max 40 Gb/s)
- Monitoring síťového provozu:
 - $NBR_{max} = 634,19 \text{ Mb/s}$
 - $NBR_{avg} = 176,31 \text{ Mb/s}$
- Disponibilní přípojky: **432**
 - 432 disponibilních přípojek kategorie **300 Mb/s až 1000 Mb/s**
- Aktivní přípojky: **224**
- Struktura poskytovaných služeb dle ESD (download):
 - 30 až 100 Mb/s: **150**
 - 100 až 300 Mb/s: **69**
 - 300 až 1000 Mb/s: **5**
 - R_{max} (vážený průměr): **108,26 Mb/s**
 - **BDR** (vážený průměr): **64,96 Mb/s**

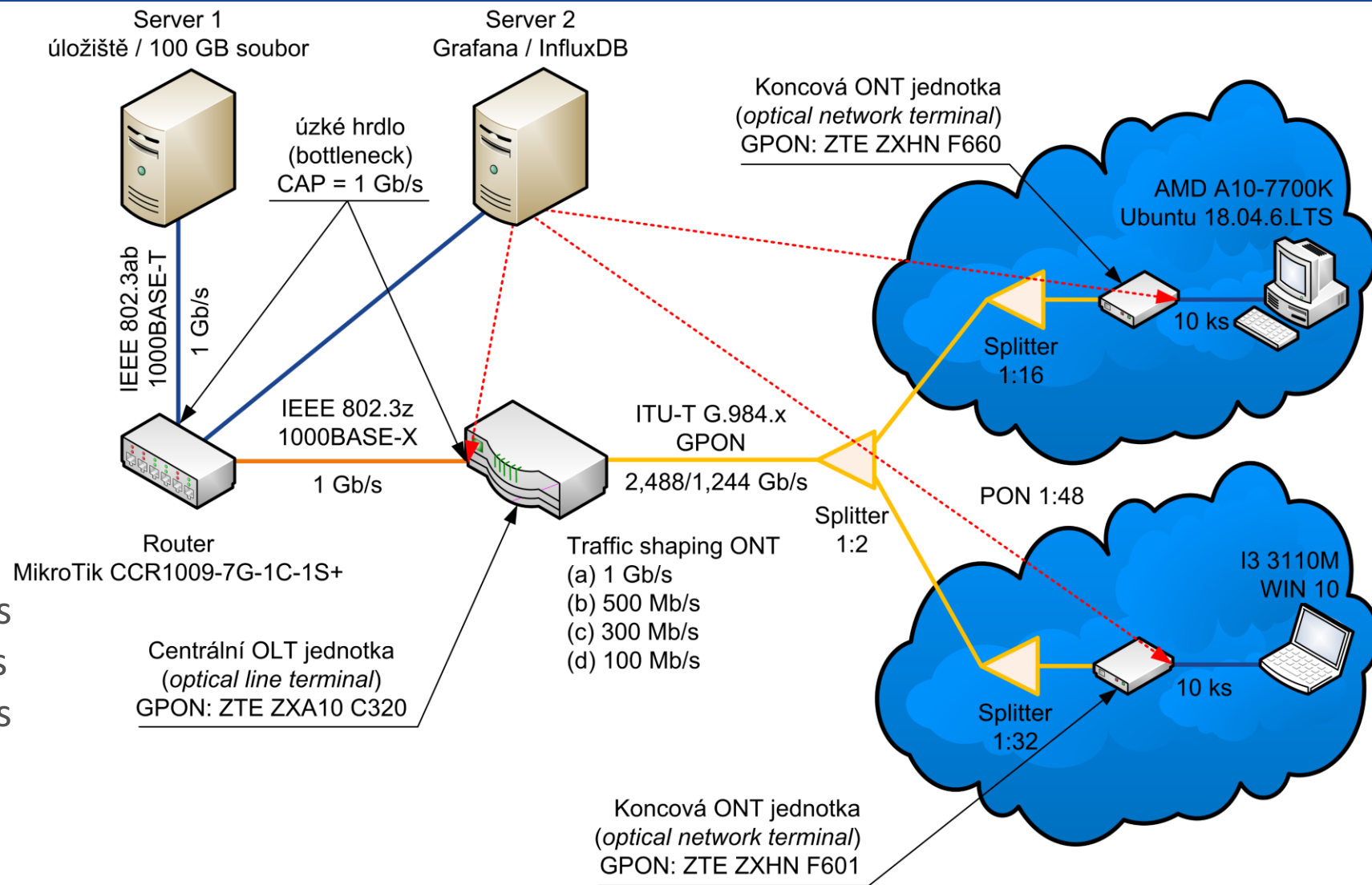




I. Přirozená agregace

Měření dopadu přirozené agregace na výkon služby (SDR)

- Měření SDR při stahování 100 GB souboru
 - download
 - časový interval 3,5 min.
 - průměrná hodnota SDR
- Prováděno 3krát opakované měření
- Časově odstupňované měření pro kategorie:
 - (a) traffic shaping 1 Gb/s
 - (b) traffic shaping 500 Mb/s
 - (c) traffic shaping 300 Mb/s
 - (d) traffic shaping 100 Mb/s
- Statistické vyhodnocení
 - boxplot
 - průměrné hodnoty

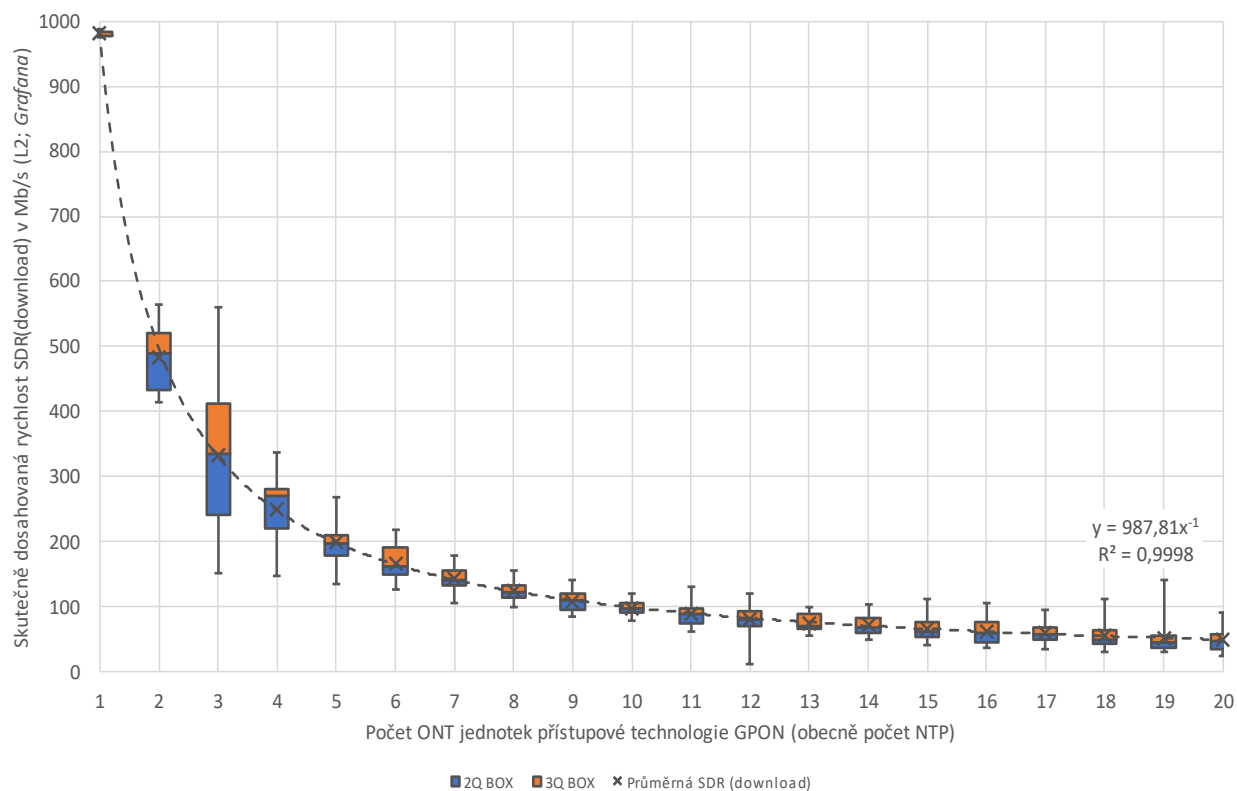




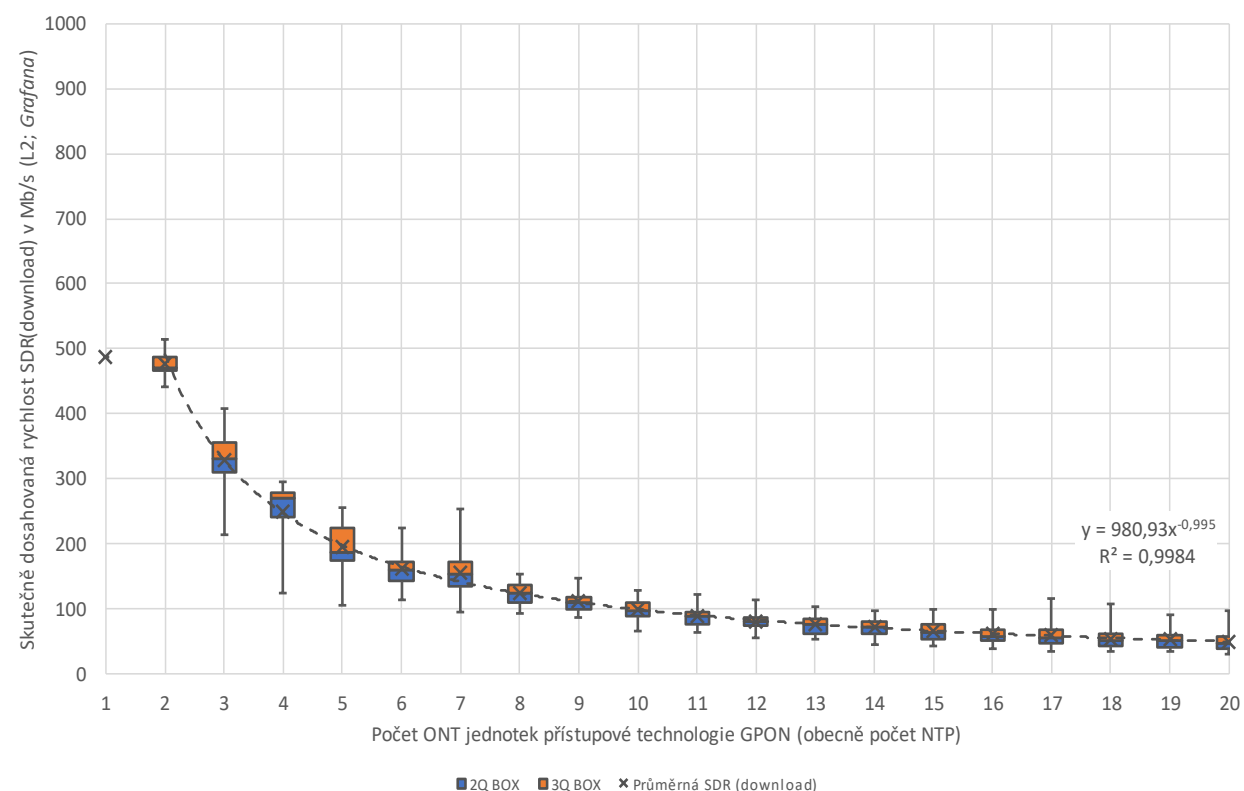
I. Přírozená agregace

Výsledky měření na GPON / Traffic shaping 1 Gb/s a 500 Mb/s

(a) Traffic shaping 1 Gb/s



(b) Traffic shaping 500 Mb/s

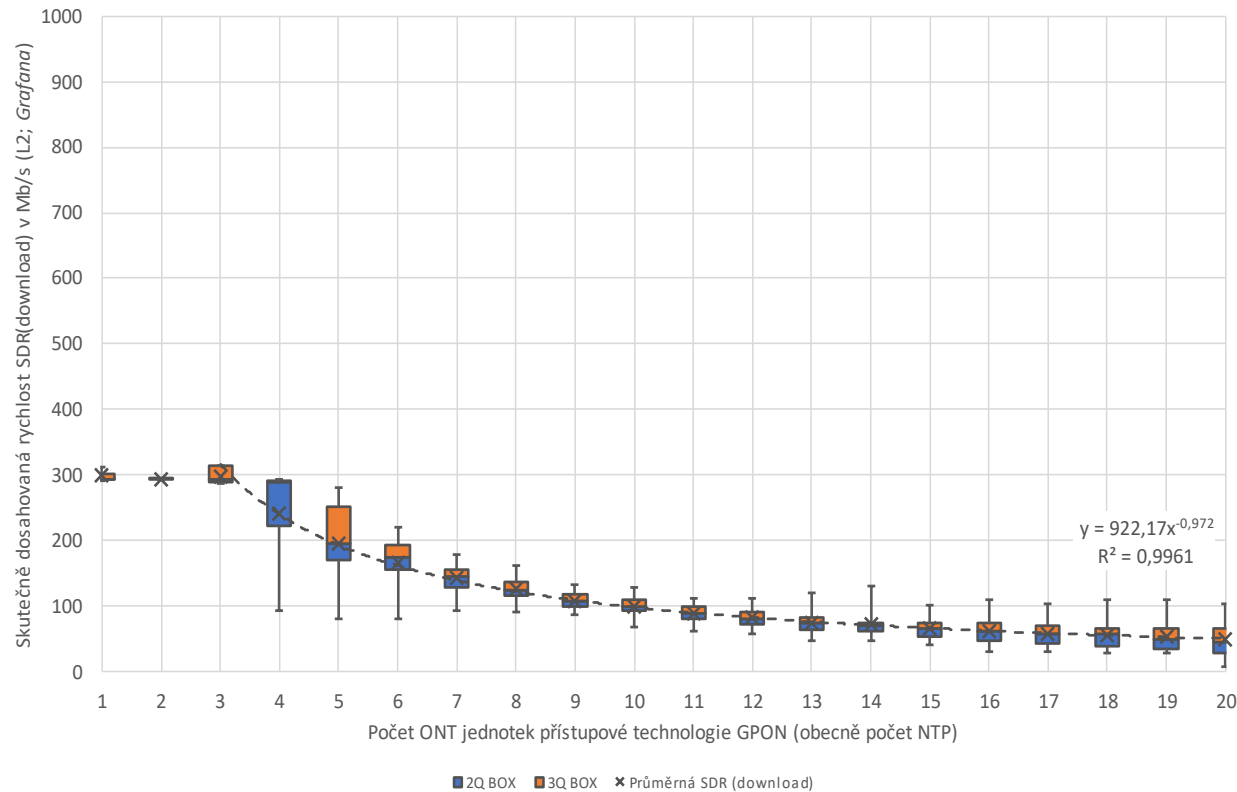




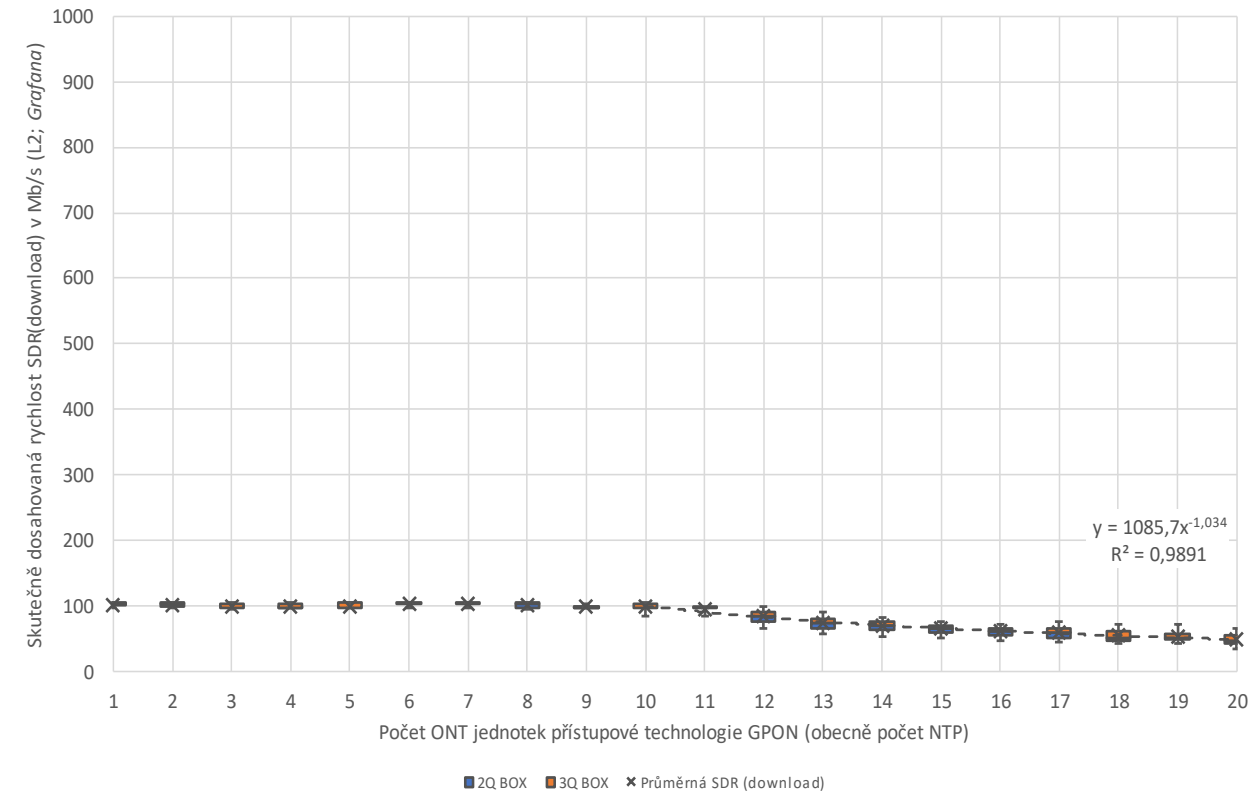
I. Přírozená agregace

Výsledky měření na GPON / Traffic shaping 300 Mb/s a 100 Mb/s

(c) Traffic shaping 300 Mb/s



(d) Traffic shaping 100 Mb/s

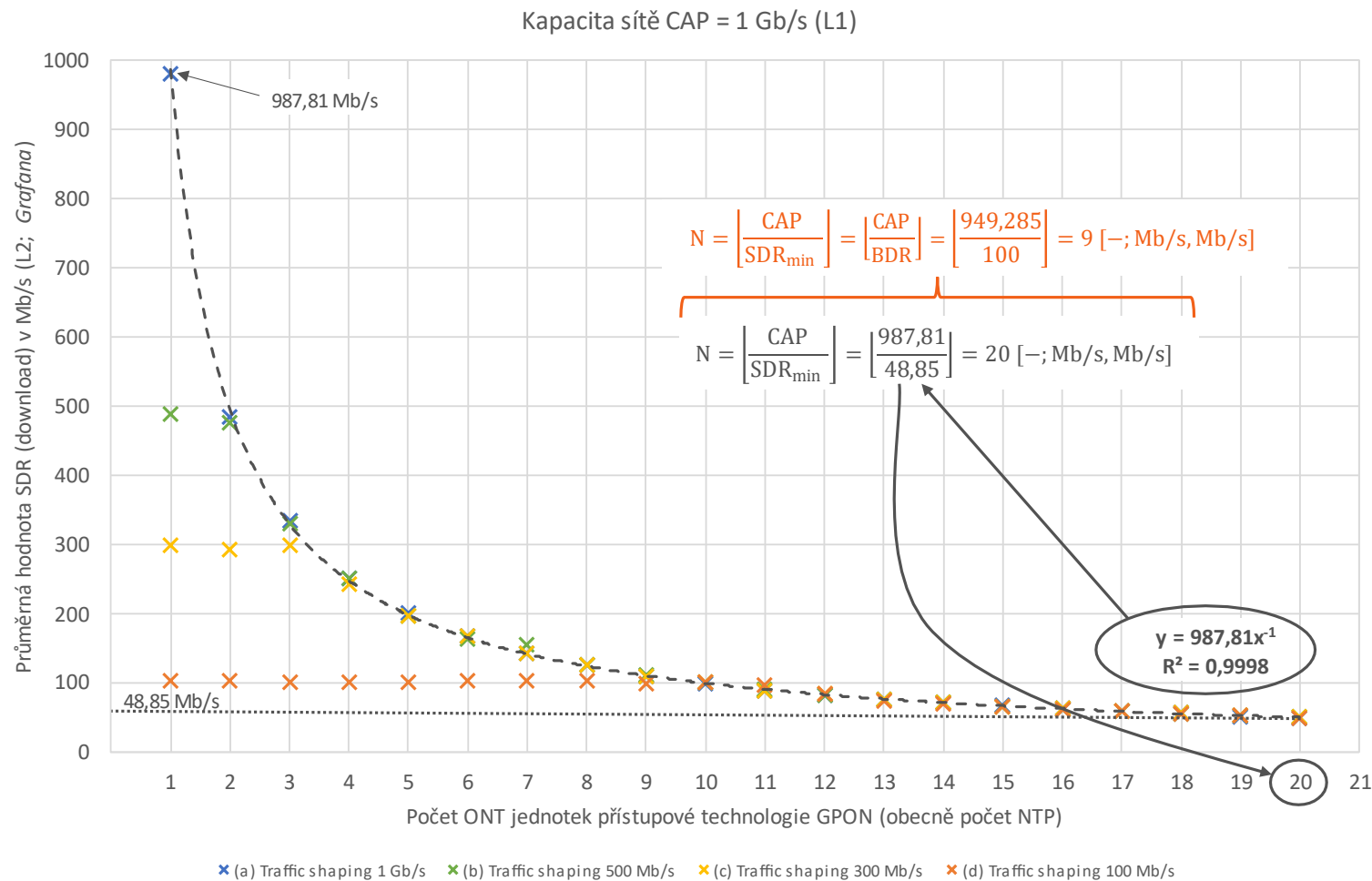




I. Přírozená agregace

Výsledná závislost výkonu služby (SDR) na počtu ONT (NTP)

- Výsledný graf průměrných hodnot SDR (traffic shaping)
 - N = počet ONT (NTP)
 - přírozená agregace → mocninná závislost průměrné hodnoty SDR na hodnotě N
 - Obecně odpovídá počet koncových bodů sítě N podílu kapacity sítě CAP a SDR
 - **Příklad:**
 - GPON s 256 ONT (NTP): SDR = 100 Mb/s → CAP = 25,6 Gb/s?
 - To prakticky odpovídá kvalitě vyhrazených linek:
- $$SDR_{\min} = BDR = 100 \text{ Mb/s}$$
- Pro CAP = 1 Gb/s → N = 9 (ONT)





II. Metodický postup

Metodika pro vyhodnocování dopadu kapacity sítě EK

- **Metodika pro vyhodnocování dopadu kapacity sítě elektronických komunikací na výkon služeb přístupu k internetu** (Metodický postup verze 1.0, platnost od 1.1.2023)
 - Nový metodický postup je založen na principech systému hromadné obsluhy (SHO), u kterého se předpokládá, že elementární vstupní datový tok v posuzovaném segmentu sítě tvoří **Poissonův proces**.
 - Pro **elementární vstupní datový tok** obecně platí:
 - Stacionárnost: počet datových toků, které přichází k SHO za čas Δt , závisí pouze na délce intervalu a ne na poloze v čase t .
 - Regulárnost: pravděpodobnost výskytu více než 1 datového toku v dostatečně malém intervalu Δt je zanedbatelně malá.
 - Nezávislost přírůstků: počet datových toků, které se vyskytnou v intervalu Δt , nezávisí na počtu datových toků v jiných intervalech.
- Poissonův proces doporučují výrobci HW, např. Huawei (dokumenty *WTTx Capacity White Paper, 5G WTTx Planning*); NOKIA, Juniper a CISCO jen v rámci obecné zmínky, stejně tak Hewlett Packard Enterprise a Intel (dokument *5G Core operational aspects*).



II. Metodický postup

Dopad Poissonova procesu na SHO

- Pravděpodobnost $p_k(t)$ znamená, že:
 - v čase t je v SHO (v posuzovaném segmentu sítě) k datových toků.
- Regulárnost způsobuje, že pravděpodobnost, že v čase $t + \Delta t$ bude v SHO k datových toků, se rovná pravděpodobnosti, že v čase t bylo v SHO $(k - 1)$ datových toků a právě během intervalu Δt vstoupil do SHO 1 datový tok s pravděpodobností $\lambda \Delta t$:
 - $p_k(t + \Delta t) = p_{k-1}(t) \cdot \lambda \Delta t + p_k(t) \cdot (1 - \lambda \Delta t); k = 1, 2, \dots$
 - $p_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}; k = 0, 1, 2, \dots, \lambda > 0, t > 0.$
- Koncoví uživatelé využívají službu přístupu k internetu náhodně a nezávisle, ovšem na základě stejně pravděpodobnosti.
- Pravděpodobnost, že koncoví uživatelé (jejich počet N) budou službu využívat ve stejnou dobu, má Poissonovo rozdělení s distribuční funkcí:
 - $P(k \leq N) = P(k = 0) + P(k = 1) + \dots + P(k = N) = \sum_{k=0}^N p_k(t).$
- V čase $t = 1$ lze výslednou distribuční funkci zapsat ve tvaru:
 - $P(k \leq N) = \sum_{k=0}^N \frac{(\lambda)^k}{k!} e^{-\lambda}; \lambda > 0$



II. Metodický postup

Obecný výpočet počtu NTP

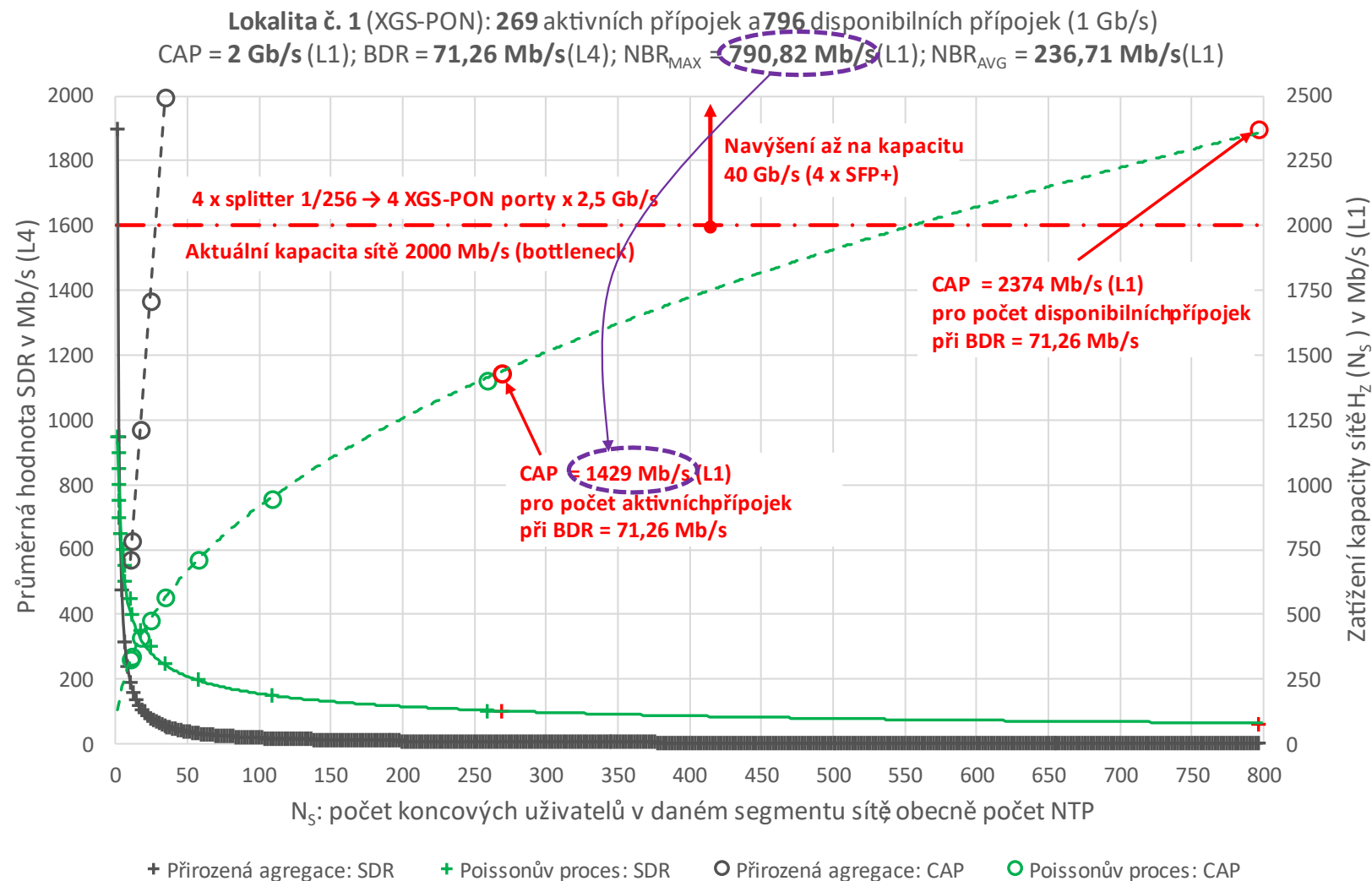
- Při znalosti hodnoty kapacity sítě CAP a požadované hodnotě SDR se vychází z přirozené agregace (např. $SDR_{\min} = BDR$; pozor na stejné vrstvy dle RM ISO/OSI):
 - $$N = \left\lfloor \frac{CAP}{SDR_{\min}} \right\rfloor$$
- Stanovení střední intenzity vstupu dle Poissonova procesu:
 - $$P(k \leq N) = \sum_{k=0}^N \frac{(\lambda)^k}{k!} e^{-\lambda}; \lambda > 0$$
 - EXCEL: POISSON.DIST (N; λ ; PRAVDA) = 0,9
- Pro výchozí situaci označme skutečný počet NTP = N:
 - $$\frac{NTP}{\lambda} = \frac{\frac{CAP}{SDR_{\min}}}{\frac{CAP}{SDR_{\max}}} = \frac{SDR_{\max}}{SDR_{\min}} [-; -, -, -]$$
- Pro maximální využití kapacity sítě CAP lze počet koncových bodů sítě (NTP) stanovit jako:
 - $$SDR_{\max} = CAP \Rightarrow \frac{NTP}{\lambda} = \frac{CAP}{SDR_{\min}} \Rightarrow \mathbf{NTP} = \frac{CAP \cdot \lambda}{SDR} [-; Mb/s, -, Mb/s]$$
 - Poznámka: V tomto případě ovšem platí $NTP \neq N$, protože $SDR_{\max} = CAP$!



II. Metodický postup

Uplatnění metodického postupu na příkladu lokality č. 1

- **Vstupní parametry**
 - Kapacita CAP = 2 Gb/s (L1)
 - 269 aktivních přípojek
 - 796 disponibilních přípojek
- **Výsledek Poissonova procesu**
 - $\underline{NTP = 269} \rightarrow$
SDR = 99,73 Mb/s (L4)
 - BDR = 71,26 Mb/s (L4) \rightarrow
CAP = 1429 Mb/s (L1)
 - $\underline{NTP = 796} \rightarrow$
SDR = 60,02 Mb/s (L4)
 - BDR = 71,26 Mb/s (L4) \rightarrow
CAP = 2374 Mb/s (L1)
- Slouží pro posouzení síťové infrastruktury (ESD)





II. Metodický postup

Uplatnění metodického postupu na příkladu lokality č. 1

- **Postup pro uplatnění jednoduchého kalkulátoru**
- Počet disponibilních přípojek 796 vykázaných v rámci ESD:
 - **A.4** Agregáčn  poměr = **796**
- Venkovská oblast:
 - **C.1** Pravděpodobnost = **90 %**
- Dle ESD je vykázána u všech disponibilních přípojek rychlost 1 Gb/s:
 - **E.1** Požadovaná rychlost (L4) přípojky = **1 000 Mb/s** (nabízené služby)
- **Výsledek: vše je v pořádku**
 - **E.4** Potřebná šířka pásma (L3) = **32 015 Mb/s** (lze dosáhnout)

A. Vstupní parametry sítě elektronických komunikací A

A.1 Kapacita sítě elektronických komunikací (L1)	<input type="text" value="2000,0"/>	Mb/s	<input type="text" value="1"/>
A.2 MTU (Maximum Transport Unit)	<input type="text" value="1500"/>	B	<input type="text" value="2"/>
A.3 Velikost IP záhlaví	<input type="text" value="20 (IPv4)"/>	B	<input type="text" value="3"/>
A.4 Agregáčn� poměr (počet posuzovaných NTP)	1 : <input type="text" value="796"/>		<input type="text" value="4"/>

C. Vstupní parametr Poissonova procesu C

C.1 Pravděpodobnost	<input type="text" value="90 (venkovské oblasti)"/>	%
---------------------	---	---

E. Dopad agregace na úzké hrdlo sítě elektronických komunikací E

E.1 Požadovaná SDR (L4) přípojky	<input type="text" value="1000,0"/>	Mb/s	<input type="text" value="1"/>		
E.2 Průměrný počet přípojek (NTP)	<input type="text" value="1"/>	(bez UF)	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="2"/>	(s UF)
E.3 Pokles výkonu služby na přípojce	<input type="text" value="72,0"/>	% (bez UF)	<input type="text" value="49,3"/>	% (s UF)	<input type="text" value="3"/>
E.4 Potřebná šířka pásma (L3) úzkého hrdla	<input type="text" value="32015,4"/>	Mb/s	<input type="text" value="4"/>		
E.5 Potřebná kapacita (L3) úzkého hrdla	<input type="text" value="5045,3"/>	Mb/s	<input type="text" value="5"/>		



II. Metodický postup

Uplatnění metodického postupu na příkladu lokality č. 2

- **Postup pro uplatnění jednoduchého kalkulátoru**
- Počet disponibilních přípojek 432 vykázaných v rámci ESD:
 - **A.4** Agregací poměr = **432**
- Venkovská oblast:
 - **C.1** Pravděpodobnost = **90 %**
- Dle ESD je vykázána u všech disponibilních přípojek rychlost 300 Mb/s až 1 Gb/s:
 - **E.1** Požadovaná rychlost (L4) přípojky = **350 Mb/s** (nabízené služby)
- **Výsledek: vše je v pořádku**
 - **E.4** Potřebná šířka pásma (L3) = **8 446 Mb/s** (lze dosáhnout)

A. Vstupní parametry sítě elektronických komunikací A

A.1 Kapacita sítě elektronických komunikací (L1)	<input type="text" value="2000,0"/>	Mb/s	<input type="text" value="1"/>
A.2 MTU (Maximum Transport Unit)	<input type="text" value="1500"/>	B	<input type="text" value="2"/>
A.3 Velikost IP záhlaví	<input type="text" value="20 (IPv4)"/>	B	<input type="text" value="3"/>
A.4 Agregací poměr (počet posuzovaných NTP)	1 : <input type="text" value="432"/>		<input type="text" value="4"/>

C. Vstupní parametr Poissonova procesu C

C.1 Pravděpodobnost	<input type="text" value="90 (venkovské oblasti)"/>	%
---------------------	---	---

E. Dopad agregace na úzké hrdlo sítě elektronických komunikací E

E.1 Požadovaná SDR (L4) přípojky	<input type="text" value="350,0"/>	Mb/s	<input type="text" value="1"/>		
E.2 Průměrný počet přípojek (NTP)	<input type="text" value="17"/>	(bez UF)	<input type="text" value="53"/>	(s UF)	<input type="text" value="2"/>
E.3 Pokles výkonu služby na přípojce	<input type="text" value="41,9"/>	% (bez UF)	<input type="text" value="25,0"/>	% (s UF)	<input type="text" value="3"/>
E.4 Potřebná šířka pásma (L3) úzkého hrdla	<input type="text" value="8445,7"/>	Mb/s	<input type="text" value="4"/>		
E.5 Potřebná kapacita (L3) úzkého hrdla	<input type="text" value="2320,6"/>	Mb/s	<input type="text" value="5"/>		



II. Metodický postup

Faktor využití sítě UF (utilisation factor)

- **Draft dokumentu Evropské komise (2021): *Guidelines on State aid for broadband networks***
 - ANNEX I: “...utilisation factor of the most loaded (bottleneck) links defined as the average traffic rate divided by the nominal rate, at peak-time“:
 - $$UF = \frac{NBR_{avg}}{NBR_{max}} [-; Mb/s, Mb/s]$$
 - UF faktor se stanovuje na základě monitoringu síťového provozu (měsíční, alternativně denní)
- UF faktor charakterizuje typické chování koncových uživatelů vzhledem k typu datového provozu a konkrétní lokality
- Uvedený příklad lokality č. 1:
 - $NBR_{max} = 790,82 \text{ Mb/s}; NBR_{avg} = 236,71 \text{ Mb/s}$
 - $$UF = \frac{NBR_{avg}}{NBR_{max}} = \frac{236,71}{790,82} = 0,299 \doteq 0,3 [-; Mb/s, Mb/s]$$
- Mezi běžně používanou metodu identifikace míry využití sítě patří stanovení parametru využití jednotlivých datových spojů (LU):
 - $$LU = \frac{NBR}{CAP} [-; Mb/s, Mb/s]$$
- Požadavek na začlenění dopadu UF faktoru do metodického postupu



II. Metodický postup

Faktor využití sítě UF (utilisation factor)

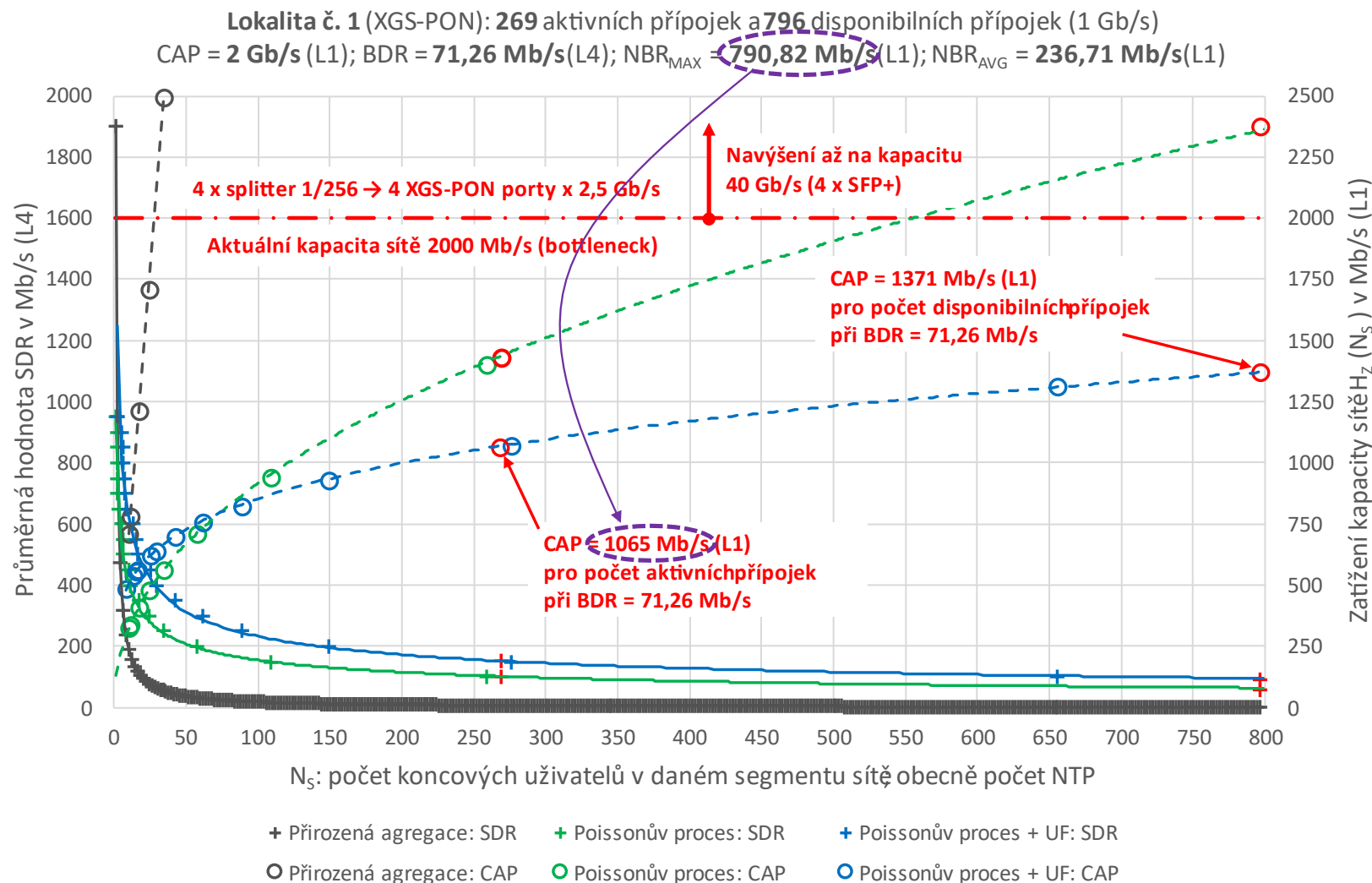
- Ze znalosti hodnoty faktoru využití UF lze vyjádřit nominální hodnotu rychlosti ve špičce:
 - $UF = \frac{NBR_{avg}}{NBR_{max}} \Rightarrow NBR_{max} = \frac{NBR_{avg}}{UF}$ [Mb/s; Mb/s, –]
- Kapacitu datového spoje můžeme na základě znalosti hodnoty parametru využití LU_{max} (v čase provozní špičky) definovat jako:
 - $LU_{max} = \frac{NBR_{max}}{CAP} \Rightarrow CAP = \frac{NBR_{max}}{LU_{max}} = \frac{NBR_{avg}}{UF \cdot LU_{max}}$ [Mb/s; Mb/s, –, –]
- Samotná znalost hodnoty faktoru využití UF je pro posouzení dopadu kapacity nedostatečná. Je nutné znát i průměrnou hodnotu bitové rychlosti NBR_{avg}
- Pokud UF zohledníme obecně v podobě faktoru úpravy (korekce) κ :
 - $CAP' = \kappa \cdot CAP$ (pro Poissonův proces bez dopadu UF je $\kappa = 1$)
- Při stanovení faktoru úpravy κ se musí zohlednit stávající využití kapacity datového spoje (NBR_{max}) dle monitoringu:
 - $\kappa = \frac{\frac{NBR_{max}}{LU}}{NBR_{max}} = \frac{NBR_{max}}{LU \cdot NBR_{max}} = \frac{1}{LU}$
 - *Kdyby požadavek Evropské komise (draftu) obsahoval místo UF faktoru běžné LU, vše by se zjednodušilo!!*
- Požadavek na začlenění dopadu UF faktoru do metodického postupu ČTÚ



II. Metodický postup

Uplatnění metodického postupu na příkladu lokality č. 1

- **Vstupní parametry**
 - Kapacita CAP = 2 Gb/s (L1)
 - 269 aktivních přípojek
 - 796 disponibilních přípojek
- **Výsledek Poissonova procesu + UF**
 - NTP = 269 →
SDR = 152,57 Mb/s (L4)
 - BDR = 71,26 Mb/s (L4) →
CAP = 1065 Mb/s (L4)
 - NTP = 796 →
SDR = 92,61 Mb/s (L4)
 - BDR = 71,26 Mb/s (L4) →
CAP = 1371 Mb/s (L1)
- **Slouží pro posouzení aktuální kapacity sítě**





II. Metodický postup

Uplatnění metodického postupu na příkladu lokality č. 1

- **Postup pro uplatnění jednoduchého kalkulátoru**
- Počet aktivních přípojek 269 vykázaných v rámci ESD:
 - **A.4** Agregáčnı poměr = **269**
- Venkovská oblast:
 - **C.1** Pravděpodobnost = **90 %**
- Dle zjištěných údajů je u aktivních přípojek vážená průměrná BDR: 71,26 Mb/s:
 - **E.1** Požadovaná rychlost (L4) přípojky = **72,3 Mb/s** (poskytované služby)
- **Výsledek: vše je v pořádku**
 - **E.5** Potřebná kapacita (L3) úzkého hrdla = **1 040,7 Mb/s** (< 2 Gb/s)

A. Vstupní parametry sítě elektronických komunikací A

A.1 Kapacita sítě elektronických komunikací (L1)	2000,0	Mb/s	1
A.2 MTU (Maximum Transport Unit)	1500	B	2
A.3 Velikost IP záhlaví	20 (IPv4)	B	3
A.4 Agregáčnı poměr (počet posuzovaných NTP)	1 : 269		4

B. Výsledky monitoringu síťového provozu (měsíc) B

B.1 Maximální bitová rychlost NBR_{max} (L1)	790,8	Mb/s	LU_{max}	0,4	1
B.2 Průměrná bitová rychlost NBR_{avg} (L1)	236,7	Mb/s	LU_{avg}	0,12	2
B.3 Faktor využití UF	0,3				3

E. Dopad agregace na úzké hrdlo sítě elektronických komunikací E

E.1 Požadovaná SDR (L4) přípojky	71,3	Mb/s	1		
E.2 Průměrný počet přípojek (NTP)	548	(bez UF)	1386	(s UF)	2
E.3 Pokles výkonu služby na přípojce	22,7	% (bez UF)	14,4	% (s UF)	3
E.4 Potřebná šířka pásma (L3) úzkého hrdla	1362,1	Mb/s	4		
E.5 Potřebná kapacita (L3) úzkého hrdla	1040,7	Mb/s	5		



II. Metodický postup

Uplatnění metodického postupu na příkladu lokality č. 2

- **Postup pro uplatnění jednoduchého kalkulatoru**
- Počet aktivních přípojek 224 vykázaných v rámci ESD:
 - A.4 Agregací poměr = **224**
- Venkovská oblast:
 - C.1 Pravděpodobnost = **90 %**
- Dle zjištěných údajů je u aktivních přípojek vážená průměrná BDR: 64,96 Mb/s:
 - E.1 Požadovaná rychlost (L4) přípojky = **65 Mb/s** (poskytované služby)
- **Výsledek: vše je v pořádku**
 - E.5 Potřebná kapacita (L3) úzkého hrdla = **866,2 Mb/s** (< 2 Gb/s (L1))

A. Vstupní parametry sítě elektronických komunikací A

A.1 Kapacita sítě elektronických komunikací (L1)	<input type="text" value="2000,0"/>	Mb/s	<input type="text" value="1"/>
A.2 MTU (Maximum Transport Unit)	<input type="text" value="1500"/>	B	<input type="text" value="2"/>
A.3 Velikost IP záhlaví	<input type="text" value="20 (IPv4)"/>	B	<input type="text" value="3"/>
A.4 Agregací poměr (počet posuzovaných NTP)	1 : <input type="text" value="224"/>		<input type="text" value="4"/>

B. Výsledky monitoringu síťového provozu (měsíc) B

B.1 Maximální bitová rychlost NBR _{max} (L1)	<input type="text" value="634,2"/>	Mb/s	LU _{max} <input type="text" value="0,32"/>	<input type="text" value="1"/>
B.2 Průměrná bitová rychlost NBR _{avg} (L1)	<input type="text" value="176,3"/>	Mb/s	LU _{avg} <input type="text" value="0,09"/>	<input type="text" value="2"/>
B.3 Faktor využití UF	<input type="text" value="0,28"/>			<input type="text" value="3"/>

E. Dopad agregace na úzké hrdlo sítě elektronických komunikací E

E.1 Požadovaná SDR (L4) přípojky	<input type="text" value="65,0"/>	Mb/s	<input type="text" value="1"/>	
E.2 Průměrný počet přípojek (NTP)	<input type="text" value="630"/>	(bez UF)	<input type="text" value="1989"/>	(s UF) <input type="text" value="2"/>
E.3 Pokles výkonu služby na přípojce	<input type="text" value="26,1"/>	% (bez UF)	<input type="text" value="15,6"/>	% (s UF) <input type="text" value="3"/>
E.4 Potřebná šířka pásma (L3) úzkého hrdla	<input type="text" value="1176,6"/>	Mb/s	<input type="text" value="4"/>	
E.5 Potřebná kapacita (L3) úzkého hrdla	<input type="text" value="866,2"/>	Mb/s	<input type="text" value="5"/>	



III. Sdělení komise 2022

Pokyny ke státní podpoře pro širokopásmové sítě

- **Finální verze dokumentu Evropské komise (2022): *Guidelines on State aid for broadband networks*; C(2022) 9343 ze dne 12.12.2022**
 - Ve sdělení o gigabitové společnosti stanovila Komise tyto cíle týkající se konektivity pro rok 2025: a) **všechny domácnosti v Unii**, venkovské i městské, by měly mít **internetové připojení s rychlostí stahování alespoň 100 Mb/s**, s možností **modernizace na 1 Gb/s**.
 - ANNEX I: Významná změna oproti Draftu z roku 2021,
 - **nebude se posuzovat UF faktor (*utilisation factor*)**,
 - podle bodu 73 písm. a) těchto pokynů musí členské státy **posoudit výkonnost sítí** vyjádřenou alespoň z **hlediska rychlosti stahování a nahrávání dat**, které **jsou nebo budou k dispozici** koncovým uživatelům za **podmínek v době provozní špičky**,
 - podmínkami v době provozní špičky definovanými v bodě 19 písm. k) těchto pokynů se rozumí podmínky, které existují v situaci, kdy **alespoň 10 % uživatelů⁴ souběžně přenáší nejvyšší nominální rychlostí⁵**, kterou operátor každému z nich poskytuje, a to jak ve směru k uživateli, tak ve směru od uživatele, což odpovídá běžné definici míry agregace (oversubscription).
 - ⁴To zahrnuje **jak připojené, tak potenciální** uživatele.
 - ⁵Jedná se o **nejvyšší rychlost uvedenou ve smlouvách** koncových uživatelů.
 - $$CAP = SDR \cdot 10\% \text{ NTP} \Rightarrow SDR = \frac{CAP}{10\% \text{ NTP}} = \frac{CAP}{0,1 \cdot \text{NTP}} \wedge SDR = R_{MAX}$$

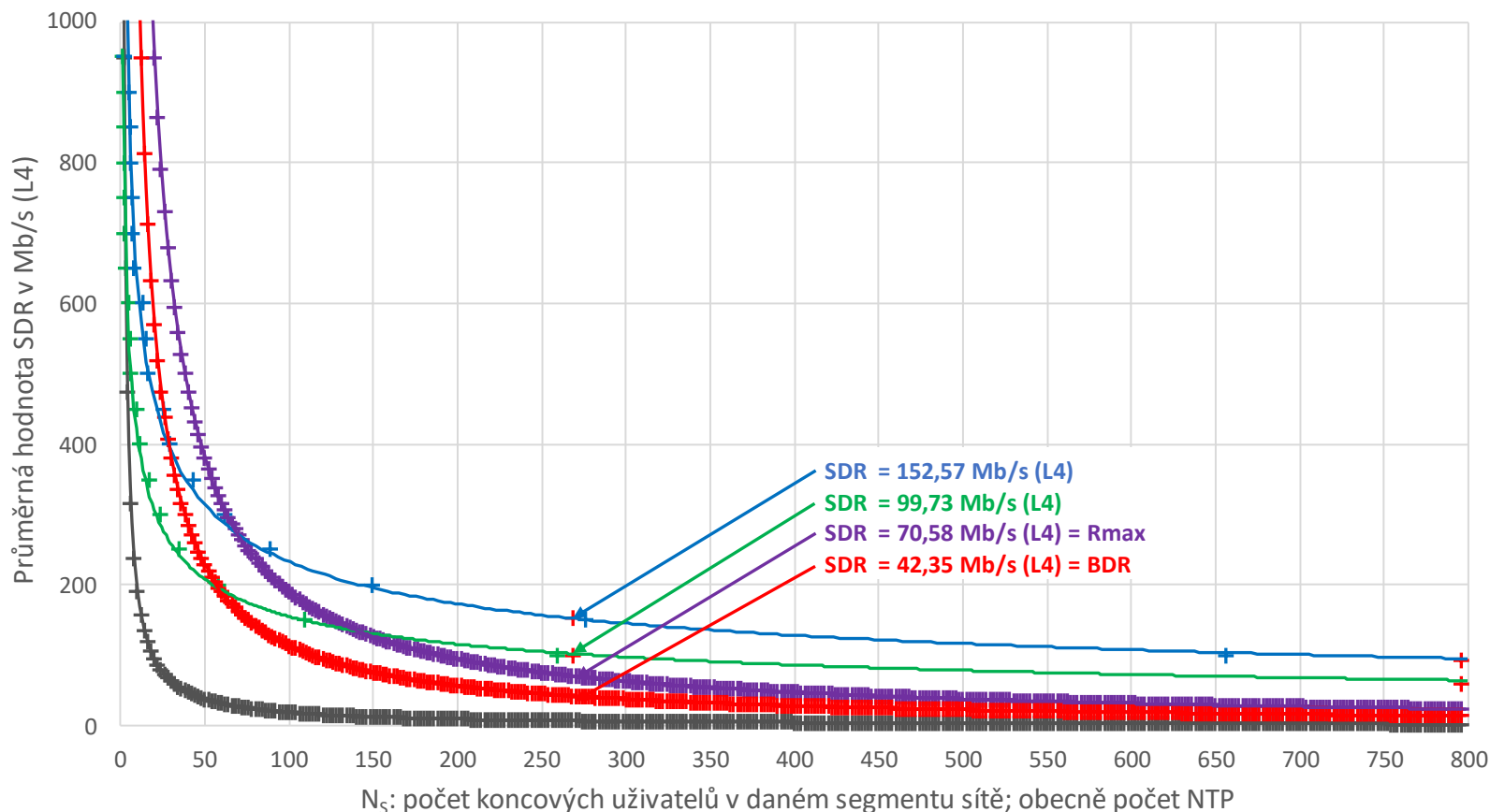


III. Sdělení komise 2022

Pokyny ke státní podpoře pro širokopásmové sítě

- Vstupní parametry
 - 269 aktivních přípojek
 - Kapacita CAP = 2 Gb/s (L1)
 - UF faktor = 0,299
 - $NBR_{avg} = 236,71 \text{ Mb/s}$
- Porovnání postupů:
 - Poissonův proces → $SDR = 99,73 \text{ Mb/s (L4)}$
 - Poissonův proces + UF → $SDR = 152,57 \text{ Mb/s (L4)}$
 - Sdělení EU 2022 → $SDR = 42,35 \text{ Mb/s (L4)}$
- Sdělení EU 2022 je přísné
- Pouze statický výpočet bez zohlednění chování uživatelů

Lokalita č. 1 (XGS-PON): 269 aktivních přípojek a 796 disponibilních přípojek (1 Gb/s)
 CAP = 2 Gb/s (L1); BDR = 71,26 Mb/s(L4); $NBR_{MAX} = 790,82 \text{ Mb/s(L1)}$; $NBR_{AVG} = 236,71 \text{ Mb/s(L1)}$



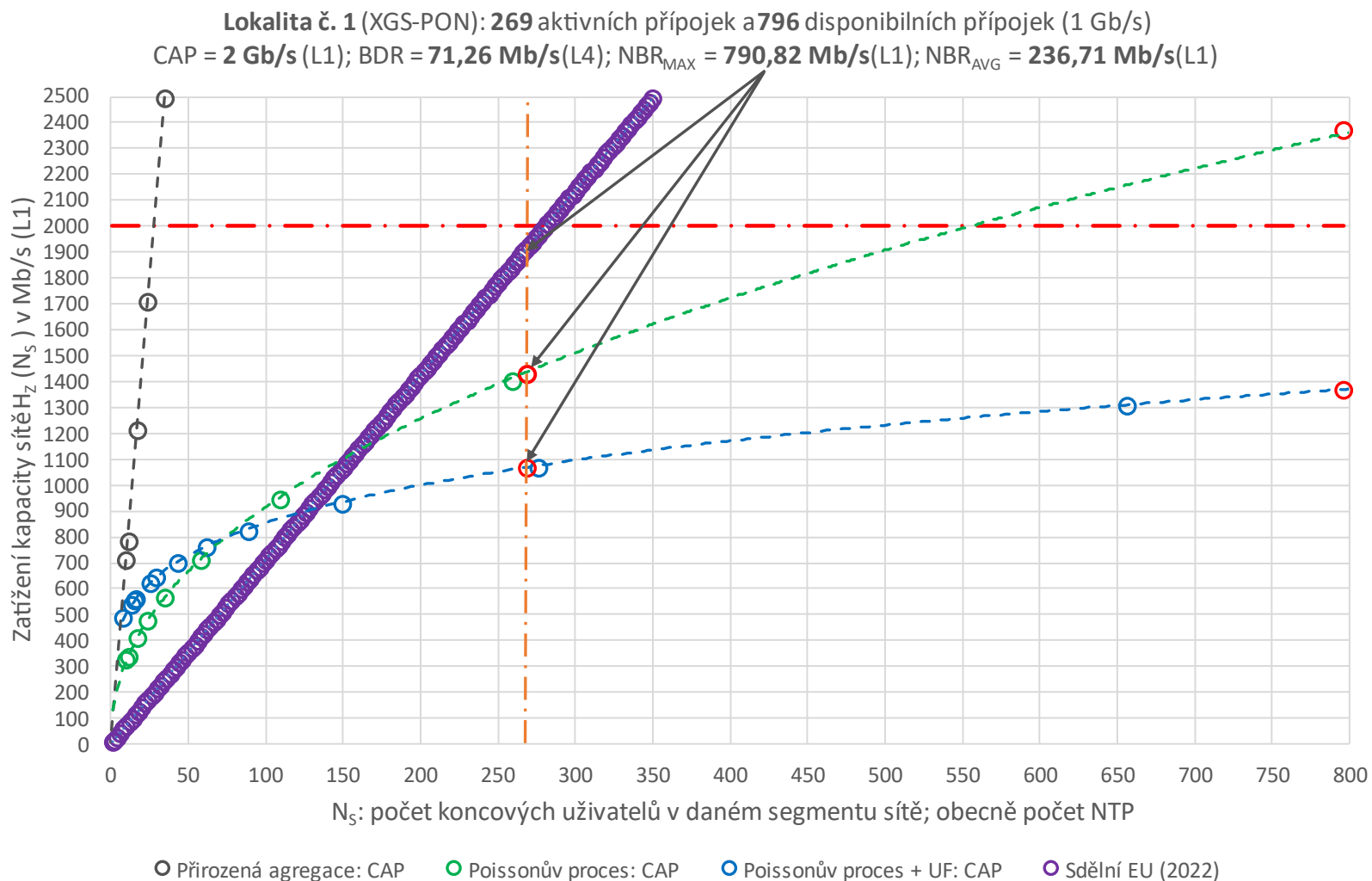
+ Přírozená agregace: SDR + Poissonův proces: SDR + Poissonův proces + UF: SDR + Sdělení EU pro Rmax + Sdělení (EU) pro BDR



III. Sdělení komise 2022

Porovnání postupů z hlediska zatížení kapacity sítě $H_Z(N_S)$

- Interní metodický postup pro jednotný postup ČTÚ
- Pro sektor je nezávazný
- Transparentnost
- Metodický postup:
 - Poissonův proces
 - používá se k posouzení síťové infrastruktury (šířky pásma)
 - dimenzování infrastruktury
 - Poissonův proces s UF
 - používá se k posouzení kapacity sítě s ohledem na aktivní přípojky
 - zohledňuje chování koncových uživatelů v dané lokalitě (UF faktor dle draftu)





IV. Síťová neutralita

Nařízení (EU) 2015/2120

- **Článek 4:** Opatření ke zvýšení transparentnosti pro zajištění přístupu k otevřenému internetu
 - Odst. 1: Poskytovatelé služeb přístupu k internetu zajistí, aby smlouva, která zahrnuje služby přístupu k internetu, obsahovala alespoň:
 - Písm. d) jasné a srozumitelné vysvětlení toho, jaká je **minimální, běžně dostupná, maximální** a **inzerovaná rychlost** stahování a vkládání u služeb přístupu k internetu v případě **pevných sítí**, ..., a toho, jaký dopad by mohly mít **velké odchylky od inzerované rychlosti** stahování nebo vkládání na výkon práv koncových uživatelů stanovených v čl. 3 odst. 1;



IV. Síťová neutralita

BEREC BoR (20) 112

- **Odst. 140:** Za účelem posílení postavení koncových uživatelů, hodnoty rychlostí požadované v čl. 4 odst. 1 písm. d):
 - musí být **uvedeny ve smlouvě** a **zveřejněny takovým způsobem**, aby je bylo možné ověřit a použít ke zjištění jakéhokoliv rozporu mezi skutečným výkonem služby a parametry dohodnutými ve smlouvě,
 - rychlosti pro směr **upload** a **download** by měli být uváděny jako jednotlivé numerické hodnoty v bitech za sekundu (např. kbit/s nebo Mbit/s),
 - rychlosti by měly být uváděny na základě dat **protokolu transportní vrstvy** a nikoli na základě nižší vrstvy.



V. Všeobecné oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9

Maximální rychlost

- stanovena realisticky s ohledem na použitou technologii,
- hodnota rychlosti musí být reálně dosažitelná
 - s možnou variancí způsobenou prokazatelně pouze fyzikálními vlastnostmi daného koncového bodu (příčiny ve smlouvě),
- ověření reálné dosažitelnosti vychází ze standardu ITU-T Y.1564 (ověřování, zda šířka pásma odpovídá hodnotě rychlosti):
 - $R_{\max}(L 4) \rightarrow R_{\max}(L 2) \geq 95 \% IR_{\text{CIR+EIR}}$
 - 95 % tolerance pro eliminaci vlivu režijních nákladů rozhraní koncových jednotek dle IEEE 802.3u/IEEE 802.3ab (atd.),
- odpovídá TCP propustnosti na transportní vrstvě (bit/s).



V. Všeobecné oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9

Inzerovaná rychlost

- obchodní komunikace, včetně reklamy a marketingu,
- propagace nabídek služby přístupu k internetu:
 - označení služby při uzavírání smluvního vztahu,
- hodnota není větší než maximální rychlost:
 - $R_{inzer}(L4) \leq R_{max}(L4)$
- odpovídá TCP propustnosti na transportní vrstvě (bit/s).



V. Všeobecné oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9

Běžně dostupná rychlost

- může koncový uživatel předpokládat a reálně dosahovat v době, kdy danou službu používá,
- hodnota rychlosti odpovídá:
 - alespoň 60 % rychlosti inzerované
 - při dostupnosti 95 % času jednoho kalendářního dne:
 - $BDR(L4) \geq 60\% R_{inzer}(L4)$
- odpovídá TCP propustnosti na transportní vrstvě (bit/s).



V. Všeobecné oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9

Minimální rychlost

- nejnižší rychlost, kterou se poskytovatel služby přístupu k internetu smluvně zavázal poskytnout,
- hodnota rychlosti odpovídá:
 - alespoň 30 % rychlosti inzerované
 - $R_{\min} (L 4) \geq 30 \% R_{\text{inzer}} (L 4)$
 - $SDR (L 4) \geq R_{\min} (L 4)$
- Odpovídá TCP propustnosti na transportní vrstvě (bit/s)



V. Všeobecné oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9

Velké odchylky výkonu

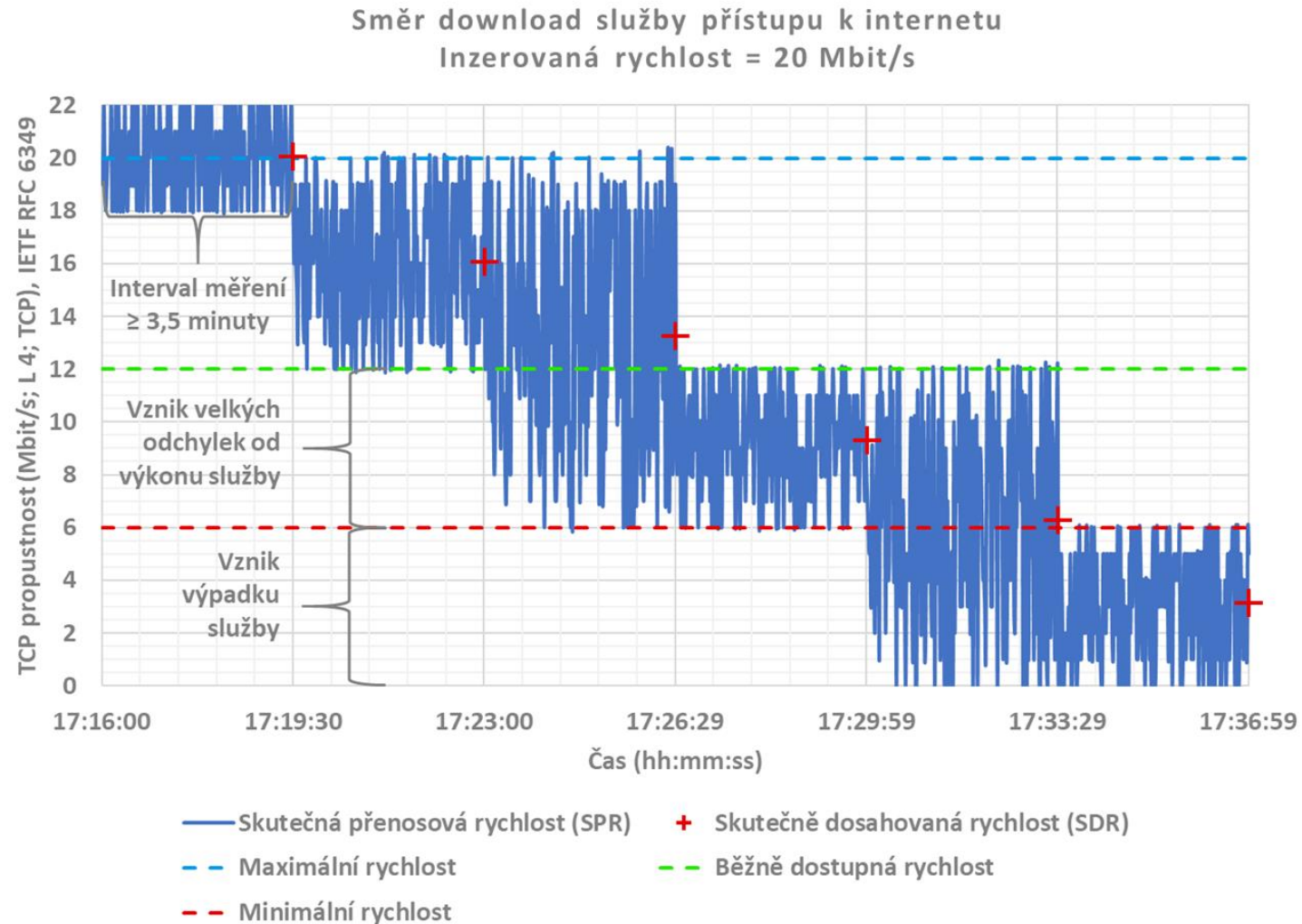
- Velká trvající odchylka
 - odvozuje se od poklesu skutečně dosahované rychlosti (TCP propustnosti) pod běžně dostupnou rychlost,
 - interval poklesu > 70 minut:
 - $SDR(L4) < BDR(L4)$ a zároveň $T_{BDR} > 70$ minut

- Velká opakující se odchylka
 - odvozuje se od poklesu skutečně dosahované rychlosti (TCP propustnosti) pod běžně dostupnou rychlost,
 - 3 poklesy > 3,5 minut v intervalu měření 90 minut:
 - $SDR(L4) < BDR(L4)$ a zároveň $\exists t_1, t_2, t_3: T_{BDR} \geq 3,5$ minuty
a zároveň $(t_3 - t_1) \leq (90 \text{ minut} - T_{TestB})$



VI. Ověřování kvality služby

Skutečně dosahovaná rychlost vs. aktuální rychlost





VI. Ověřování kvality služby

Měřicí systém elektronických komunikací (MSEK)

- Umístěno v DC; konektivity: 100 Gb/s – NIX.CZ, 10 Gb/s – tranzitní

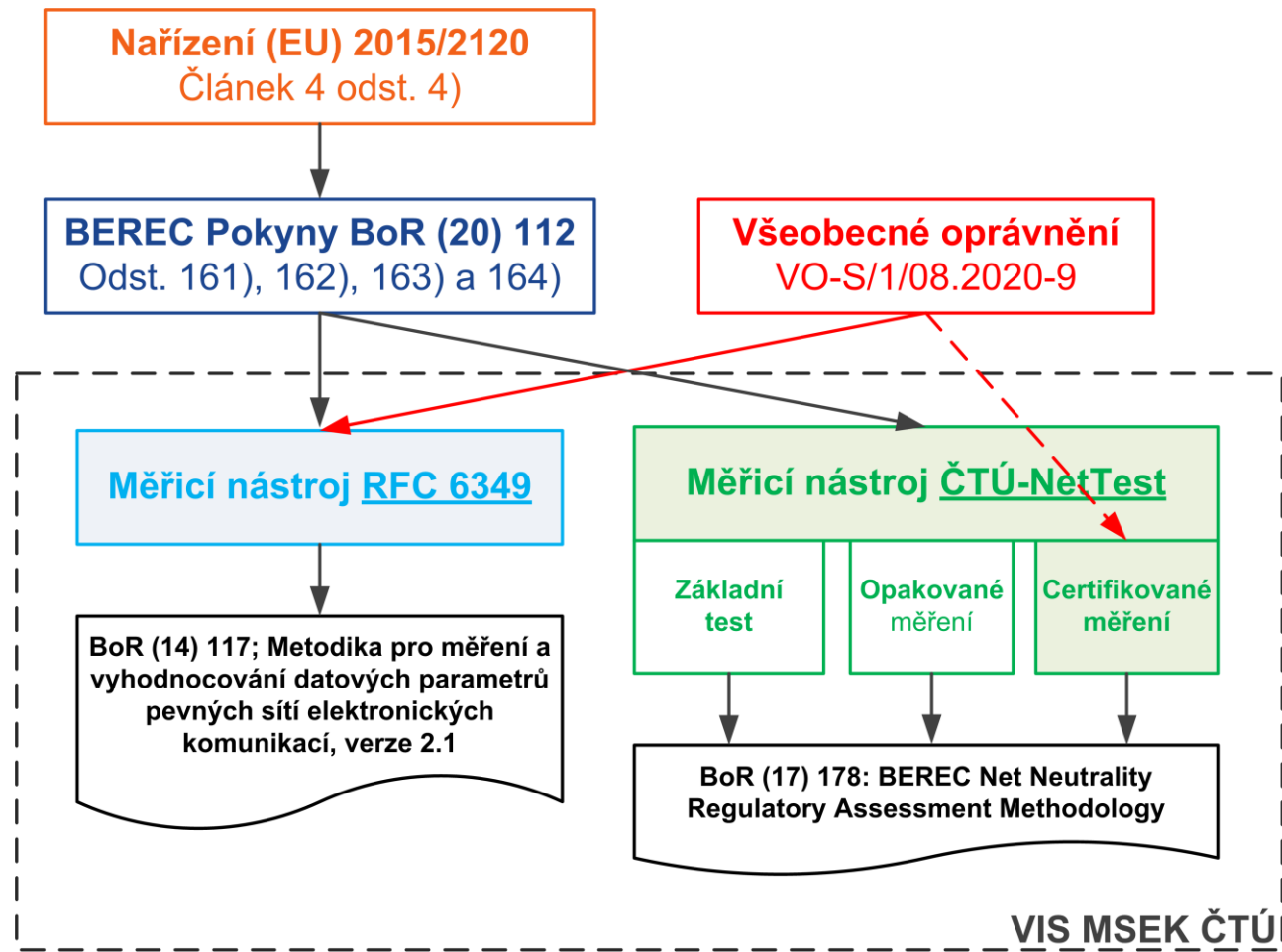




VI. Ověřování kvality služby

Monitorovací mechanismy kvality služeb přístupu k internetu

- **Nástroj RFC 6349**
 - Součást kalibrovaného měřicího systému (EXFO)
 - Schopnost měřit až 10 Gb/s
 - Měření provádí pracovníci ČTÚ
 - Místní šetření, kontrola
- **Nástroj NetTest**
 - Veřejně dostupný měřicí nástroj
 - Založen na bázi open source
 - Limitace rychlostí vlivem:
 - webového browseru
 - síťového rozhraní PC
 - výkonu PC (CPU-Z Benchmark)
 - Reklamace nebo podnět uživatele





VI. Ověřování kvality služby

Certifikovaný monitorovací mechanismus

- Pokyny BEREC BoR (22) 81, **odst. 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.**

- Pokyny BEREC BoR (22) 81, **odst. 162**
 - Práva zakotvená v Nařízení by byla účinnější, kdyby vnitrostátní regulační orgány vytvořily nebo **certifikovaly jeden nebo více mechanismů** monitorování...

- Pokyny BEREC BoR (22) 81, **odst. 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)...**



VI. Ověřování kvality služby

Certifikovaný monitorovací mechanismus

- Pokyny BEREC BoR (22) 81, odst. **164**
 - Vnitrostátní regulační orgány by měly při zavádění metodiky měření přihlédnout k dokumentu **BoR (14) 117** a k dokumentu **BoR (17) 178**...nově **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“
 - Podle doporučení IETF RFC 6349 měří ČTÚ skutečně dosahovanou rychlost (výslednou TCP propustnost za definovaný časový úsek)
- Metodika **BEREC BoR (22) 72**: *Net Neutrality Regulatory Assessment*
 - Metodika pro uplatnění veřejně dostupného webového nástroje



VI. Ověřování kvality služby

Veřejně dostupný měřicí nástroj NetTest

- Webová aplikace určena pouze pro služby přístupu k internetu v pevném místě
- Dostupný na adrese: <https://nettest.cz>, <https://nettest.gov.cz>
- Certifikovaný měřicí nástroj
 - Monitorovací mechanismus, zjištění nedodržení výkonu služby
 - ČTÚ garantuje funkčnost, přesnost a transparentnost metody
 - ČTÚ doporučuje používat NetTest v režimu certifikovaného měření služeb přístupu k internetu do inzerovaných rychlostí (včetně) **500/250 Mb/s** (download/upload).
- Co nástroj měří?
 - Rychlost stahování – download
 - Rychlost vkládání – upload (nahrávání, odesílání)
 - Dobu odezvy – ping (obousměrné zpoždění)
- Typy měření
 - Jednoduchý test, opakované měření
 - Certifikované měření



VI. Ověřování kvality služby

Certifikované měření

- **Pro účely reklamace služby** má nástroj ČTÚ-NetTest funkcionalitu (včetně [průvodce](#)) s názvem **Certifikované měření** → 5 kroků:
 - 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)
 - 5. krok: **Výsledek** (certifikovaného měření služby)
 - Zobrazí výsledek měření + **stažení v podobě PDF** (pouze u uživatele/48 hod.) + informace, jak vyhodnotit výsledek měření



VI. Ověřování kvality služby

Certifikované měření

- Podmínky pro provedení měření:
 - Aktualizovaný operační systém a webový prohlížeč
 - Připojení pevným způsobem, tedy metalickým (min. Cat. 5e) nebo případně optickým kabelem.
 - Pro měření rychlostí vyšších než 100 Mb/s se doporučuje operační systém, který využívá algoritmus TCP CUBIC
 - Měření služeb přístupu k internetu do inzerovaných rychlostí (včetně) 500/250 Mb/s (download/upload)
 - Během celého procesu certifikovaného měření nepoužívat zařízení pro jiné aplikace
 - Před spuštěním měřicího cyklu zajistit, že po celou dobu měření nebudou službu přístupu k internetu využívat jiní uživatelé



VII. Závěr

Faktory ovlivňující výkon služby přístupu k internetu

- Šířka pásma (Mb/s)
 - ITU-T Y.1564 (protokol UDP, pro rozhraní IEEE 802.3 totožné výsledky jako Y.1540 po odečtení režijních nákladů L 3)
- Zpoždění
 - pro rozhraní IEEE 802.3 výsledek Y.1540 \approx Y.1564
- Kolísání zpoždění (jitter)
 - Y.1540 \approx Y.1564
- Ztrátovost
 - Y.1540 \approx Y.1564
- TCP Congestion Control
 - vliv operačního systému (TCP Compoud, TCP Cubic nebo nově TCP BBR)

Děkujeme za pozornost

Odbor kontroly Českého telekomunikačního úřadu
Tým oddělení kontroly datových služeb



Český telekomunikační úřad