



Praha 1. března 2021

Čj. ČTÚ-10 330/2021-622

Český telekomunikační úřad (dále jen „Úřad“) v rámci svých kompetencí provádí měření a vyhodnocování datových parametrů sítí elektronických komunikací. Měření a vyhodnocování datových parametrů mobilních sítí je specifikováno v metodickém postupu

**Metodika pro měření a vyhodnocení datových parametrů mobilních sítí elektronických komunikací, verze 2.3, který je zveřejněn a je ze strany ČTÚ uplatňován v případě kontrolních měření pokrytí za jízdy nebo stacionárního měření.**

Měření jsou prováděna pomocí vlastních měřicích zařízení (terminálů) s jasně definovanými parametry v mobilních sítích. Použité měřicí metody vychází z BEREC pokynů BoR (14) 117: *Monitoring Quality of Internet Access Services in the Context of Net Neutrality* a BoR (17) 178: *Net Neutrality Regulatory Assessment Methodology*. Metodika je také v souladu se standardem ITU-T Y.1540: *Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters*.

## I. Úvod

Účelem tohoto dokumentu (dále jen „Metodika“) je popsat a sjednotit postup pro měření a vyhodnocování datových parametrů mobilních sítí elektronických komunikací, a to z hlediska kvality přístupu koncového uživatele k službě přístupu k internetu, popřípadě i k dalším službám. Metodika navazuje především na dokumenty *Stanovení základních parametrů a měření kvality služby přístupu k internetu*, *Vyjádření Českého telekomunikačního úřadu k vybraným otázkám přístupu k otevřenému internetu a evropským pravidlům síťové neutrality* a všeobecné oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9, kterým se stanoví podmínky k poskytování služeb elektronických komunikací. Metodika je v souladu s BEREC Pokyny BoR (20) 112: *Implementation of the Open Internet Regulation*.

Nutnou podmínkou pro měření a vyhodnocení datových parametrů mobilních sítí elektronických komunikací je dostupnost síťových zdrojů (IP adres, portů, služeb) a s tím související transparentnosti síťových tras (v souladu se síťovou neutralitou).

Dokument plně respektuje nebo bere na vědomí mezinárodní standardy ITU-T Y.1540 a ITU-T Y.2617, dále mezinárodní doporučení CEPT ECC report 231: *Mobile coverage Obligations* a CEPT ECC report 312: *Measuring and Evaluating Mobile Internet Access Service Quality*. Dokument dále navazuje na dokumenty ČTÚ *Postup při měření rychlosti přenosu dat v mobilních sítích dle standardu LTE* a *Výpočet a měření pro účely kontroly pokrytí území signály mobilních širokopásmových datových sítí*.

## II. Vymezení měřicích stran a přenosové trasy

### 1. Měřicí server

Měřicím serverem (MS) nazýváme měřicí stranu, která v případě sestupného směru poskytuje opačné straně (terminálu) služby (data) na vyžádání. Měřicí server je obecně zařízení připojené k internetu v místě s dostupnou konektivitou do peeringového uzlu. Měřicí server by měl mít dostatečný výkon a nezávislost datového připojení s kapacitní rezervou tak, aby byla zajištěna dostatečná prostupnost a garance datových parametrů, a to i v případě vícenásobného připojení měřicích zařízení (terminálů) ve stejném čase. Měřicí server je součástí Měřicího systému elektronických komunikací (dále jen „MSEK“) pod správou Úřadu. MSEK disponuje konektivitou s dostatečnou kapacitou do peeringového uzlu NIX.CZ včetně tranzitní konektivity pro případ filtrování výměny směrovacích informací v peeringovém uzlu NIX.CZ, nebo výměny směrovacích informací v zahraničním peeringovém uzlu.

### 2. Měřicí zařízení (terminál)

Měřicím zařízením, terminálem, (MT) nazýváme měřicí stranu, která v případě sestupného směru je ve funkci příjemce služby (dat). Měřicím zařízením se rozumí terminál s příslušným obslužným softwarem a měřicími nástroji, které jsou schopny provádět měření dle platného metodického postupu Úřadu a jehož výpočetní a síťový výkon je natolik vysoký, že žádným způsobem negativně neovlivňuje výsledky měření. Měřicí zařízení musí být schopno během měřicího procesu sledovat a zaznamenávat soubor datových parametrů mobilních sítí elektronických komunikací, exportovat je ve formátu vhodném pro strojové či jiné další zpracování a následně umožňovat přenést takto získané naměřené hodnoty do centrálního úložiště MSEK, nebo je uchovat v interní paměti.

### 3. Přenosová trasa

Přenosovou trasou (NUT) nazýváme takovou posloupnost přenosových uzlů, kdy mezi každými dvěma po sobě jdoucími přenosovými uzly existuje spojení a zároveň prvním přenosovým uzlem je MT a posledním MS. Měřená síť elektronických komunikací je taková síť, která je součástí přenosové trasy a do které bylo měřicí zařízení (terminál) během měření připojeno. Základním měřicím intervalem je 1 sekunda. Dále uvedené parametry jsou vyhodnocovány vždy za tento základní měřicí interval, pokud není uvedeno jinak.

## III. Vymezení souboru parametrů

Při vymezení souboru datových parametrů vycházel Úřad především z požadavku na srozumitelnost jednotlivých parametrů z pohledu běžného koncového uživatele. Dále přihlédl i ke skutečnosti, které datové parametry prezentují poskytovatelé služeb ve svých nabídkách služby přístupu k internetu s ohledem na Nařízení (EU) 2015/2120 (dále jen „Nařízení“) a s ním souvisejícími Vyjádření Českého telekomunikačního úřadu k vybraným otázkám přístupu k otevřenému internetu a evropským pravidlům síťové neutrality a všeobecné oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9, které definuje podmínky smluvního garantování rychlosti stahování (download) a vzestupné rychlosti (upload) dat včetně vzniku velkých odchylek výkonu služby přístupu k internetu dle čl. 4(1) písm. d) Nařízení.

Úřad vybral dále uvedené parametry z možných datových parametrů, doporučených pro sledování různých aspektů kvality služby přístupu k internetu získaných za pomoci měření protokolem TCP a UDP, případně jejich kombinací. Nedílnou součástí je soubor identifikačních

parametrů definující jednoznačným způsobem místo a čas prováděného měření datových parametrů mobilních sítí elektronických komunikací včetně informací o měřicím zařízení, měřené službě přístupu k síti internet, definici pokrytí mobilní sítí a její rádiové parametry.

## 1. Měření protokolem TCP

Úřad se rozhodl z hlediska významu pro běžného uživatele (ve vztahu k běžně uzavíraným účastnickým smlouvám o poskytování služby přístupu k internetu a potřebě srozumitelnosti) pro tři základní datové parametry, které určují kvalitu služby přístupu k internetu, a to vzestupnou TCP propustnost (upload; TCP  $aTR_{up}$ ), resp. vzestupná rychlost dat, dále sestupnou TCP propustnost (download; TCP  $aTR_{down}$ ), resp. rychlost stahování dat, zpoždění ve smyčce (RTT), resp. latenci, (Delay(avg)).

### 1.1. Vzestupná propustnost TCP datového toku (upload)

Vzestupná TCP propustnost (upload), TCP  $aTR_{up}$  je přenosová rychlost ve směru od koncového uživatele směrem k poskytovateli služby přístupu k internetu odpovídající transportní vrstvě modelu ISO/OSI (L 4) a využívající spojově orientovaného protokolu TCP. Jedná se tedy o skutečně dosahovanou rychlost ( $SDR_{up}$ ) ve vzestupném směru (upload).

### 1.2. Sestupná propustnost TCP datového toku (download)

Sestupná TCP propustnost (download), TCP  $aTR_{down}$  je přenosová rychlost ve směru od poskytovatele služby přístupu k internetu směrem ke koncovému uživateli odpovídající transportní vrstvě modelu ISO/OSI (L 4) a využívající spojově orientovaného protokolu TCP. Jedná se tedy o skutečně dosahovanou rychlost ( $SDR_{down}$ ) v sestupném směru (download).

### 1.3. Zpoždění (Delay, RTT)

Zpoždění ve smyčce, Delay nebo také round-trip time (RTT) je doba, která uplyne mezi odesláním prvního bitu segmentu TCP a příjmem posledního bitu odpovídajícího potvrzení segmentu TCP, vyjádřená nejčastěji v milisekundách.

## 2. Měření protokolem UDP

Kvalitativní parametry vypovídající o schopnosti sítě poskytovat koncovým účastníkům další pokročilé služby, např. služby v reálném čase v podobě VoIP apod. využívají na transportní vrstvě (L4) modelu ISO/OSI protokolu UDP. Pomocí něj zjišťujeme vzestupnou datovou rychlost (uplink), sestupnou datovou rychlost (downlink), zpoždění paketů *IPDT*, kolísání zpoždění paketů *IPDV*, ztrátovost paketů *IPLR*, případně chybovost paketů *IPER*. Tyto kvalitativní datové parametry jsou obecně spojené s elementární funkčností na síťové vrstvě modelu ISO/OSI (L3).

### 2.1. Vzestupná datová rychlost (uplink)

Vzestupnou datovou rychlost (uplink), UDP  $aTR_{up}$ , si je možné představit jako přenosovou rychlost ve směru od koncového uživatele směrem k poskytovateli služby přístupu k síti internet odpovídající síťové vrstvě modelu ISO/OSI (L 3). Proces měření a stanovení vzestupné datové rychlosti (uplink) by měl vycházet ze standardu ITU-T Y.1540.

### 2.2. Sestupná datová rychlost (downlink)

Sestupnou datovou rychlost (downlink), UDP  $aTR_{down}$ , si je možné představit jako přenosovou rychlost ve směru od poskytovatele služby přístupu k síti internet směrem ke koncovému uživateli odpovídající síťové vrstvě modelu ISO/OSI (L 3). Proces měření a stanovení sestupné datové rychlosti (downlink) by měl vycházet ze standardu ITU-T Y.1540.

### 2.3. Zpoždění paketů (Round-trip IP packet delay)

Zpoždění paketů, IPTD, si lze představit jako výsledek měření časového zpoždění mezi odesláním a příjmem paketu. Obvykle se jedná o měření zpoždění ve smyčce „round-trip“ z důvodu využití synchronizace pouze na straně měřicího zařízení, což odpovídá uplynulé době mezi odesláním paketu od koncového uživatele směrem k poskytovateli služby přístupu k síti internet a příjmem zpětně odeslaného paketu od poskytovatele služby směrem ke koncovému uživateli.

### 2.4. Kolísání zpoždění paketů (IP packet delay variation)

Kolísání zpoždění rámců, IPDV, často označovaný také jako rozptyl zpoždění, variace zpoždění nebo jitter, si lze představit jako rozdíl mezi referenčním časem doručení paketu ( $rp_k$ ) a jeho skutečným časem doručení ( $p_k$ ) na straně poskytovatele služby přístupu k síti internet nebo na straně koncového uživatele, tzn. použití „end-to-end“ způsobu měření. Kolísání zpoždění můžeme zapsat ve tvaru:

$$IPDV = \sum_{k=1}^K |p_k - rp_k| ; [s; s, s], \quad (1)$$

### 2.5. Chybovost paketů (IP packet error ratio)

Chybovost Paketů, *IPER*, si lze představit jako poměr všech doručených chybných paketů k celkovému počtu všech odeslaných paketů směrem k poskytovateli služby přístupu k síti internet nebo ke koncovému uživateli, tzn. použití „end-to-end“ způsobu měření. Chybovost paketů můžeme zapsat ve tvaru:

$$IPER = \frac{\sum_{n=1}^N E_n}{\sum_{n=1}^N S_n} \cdot 100; [\%; -, -], \quad (2)$$

kde  $E_n$  představuje n-tý chybový paket a  $S_n$  představuje n-tý odeslaný paket.

V případě, že měřicí zařízení nedokáže rozlišit chybové pakety (obvody fyzického rozhraní zahodí přijatý rámec vyhodnocený jako chybový a nepředají jej již ke zpracování vyšším vrstvám komunikace), je vyhodnocována pouze ztrátovost paketů, která v sobě zahrnuje i tyto chybové, zahozené pakety.

### 2.6. Ztrátovost paketů (IP packet loss ratio)

Ztrátovost Paketů, *IPLR*, si lze představit jako poměr všech nedoručených (ztracených) paketů k celkovému počtu všech odeslaných paketů směrem k poskytovateli služby přístupu k síti internet nebo ke koncovému uživateli, tzn. použití „end-to-end“ způsobu měření. Ztrátovost paketů můžeme zapsat ve tvaru:

$$IPLR = \frac{\sum_{n=1}^N L_n}{\sum_{n=1}^N S_n} \cdot 100; [\%; -, -], \quad (3)$$

kde  $L_n$  představuje n-tý ztracený paket a  $S_n$  představuje n-tý odeslaný paket.

## 3. Soubor identifikačních parametrů

Soubor identifikačních parametrů jako nedílná součást měřicího procesu definuje jednoznačným způsobem místo a čas prováděného měření datových parametrů mobilních sítí elektronických komunikací včetně informací o měřicím terminálu. Soubor identifikačních parametrů obsahuje přesný čas měření, který se dále skládá z data a přesného času zahájení měřicího procesu, přesného času zahájení jednotlivých testů a délky trvání měřicího procesu a jednotlivých testů, včetně přesného času ukončení měřicího procesu, a dále obsahuje přesnou pozici umístění měřicího terminálu, definovanou v podobě GNSS souřadnice doplněné případně o konkrétní adresní místo, pokud je jeho označení známo. Tento soubor obsahuje také údaje jednoznačně identifikující měřicí zařízení a jeho měřicí rozhraní, které bylo během procesu měření připojené k měřené mobilní síti elektronických komunikací a definuje typy vyhodnocení pokrytí (za jízdy, stacionární).

### 3.1. Přesný čas měření

Přesný čas měření obsahuje datum a přesný čas zahájení a ukončení měřicího procesu dle Metodiky včetně přesného času zahájení jednotlivých testů a dále délky trvání celého měřicího procesu včetně jednotlivých testů. Pro určení přesného času je doporučeno použít interního nebo externího GNSS modulu použitého měřicího zařízení. Pokud není GNSS modul dostupný, lze využít pro určení času vnitřní hodiny měřicího zařízení.

Datum provedení měřicího procesu dle Metodiky musí být uvedeno ve formátu DD. měsíc RRRR, například 01. ledna 2020. Požadovaná přesnost uvedení času zahájení a ukončení měřicího procesu, času zahájení jednotlivých testů a délky celého trvání měřicího procesu včetně délky trvání jednotlivých testů, je v sekundách a výsledný údaj musí být uveden ve formátu HH:MM:SS, například 12:08:58.

### 3.2. Přesná pozice měřicího zařízení

Přesná pozice měřicího zařízení představuje jednoznačně identifikované místo, kde bylo během měřicího procesu dle Metodiky umístěno měřicí zařízení. Pro určení přesné pozice je doporučeno použít interního nebo externího GNSS modulu použitého měřicího zařízení. Pokud není GNSS modul dostupný, lze zadat polohu měřicího zařízení manuálně. Doporučeno je uvést i konkrétní adresní místo měření, pokud je jeho identifikace možná.

GNSS souřadnice musí být uvedeny v definovaném referenčním souřadnicovém formátu (WGS-84) ve stupních, například 50.1106225N, 14.4996508E. Pokud je možná identifikace adresního místa, musí být konkrétní adresní místo měření uvedeno ve formátu Ulice č.p./č.o., PSČ Obec/Město, například Sokolovská 58/219, 190 00 Praha.

### 3.3. Identifikace měřicího zařízení

Identifikace měřicího zařízení a rozhraní představuje soubor údajů jednoznačně identifikující měřicí zařízení v podobě identifikační číslo mobilního terminálu (IDMT) včetně uvedení identifikátoru konkrétní části mobilní sítě elektronických komunikací s identifikací konkrétního kanálu, které bylo během procesu měření připojené k měřené síti elektronických komunikací. Je doporučeno, aby bylo uvedeno IDMT pro jednoznačnou identifikaci měřicího řetězce.

Součástí těchto údajů je i název měřené technologie a název měřené služby přístupu k síti internet, název poskytovatele, jeho sídlo včetně údaje IČO a také údaje vycházející z Nařízení a souvisejících Vyjádření Českého telekomunikačního úřadu k vybraným otázkám přístupu k otevřenému internetu a evropským pravidlům síťové neutrality a všeobecného oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9, které definuje podmínky smluvního garantování rychlosti stahování (download) a vstoupání rychlost (upload) dat včetně vzniku velkých odchylek výkonu služby přístupu k internetu dle čl. 4 (1) písm. d) Nařízení.

### 3.4. Definice pokrytí (čtverce, adresní body)

Prováděné měření v mobilních sítích se vyhodnocuje v závislosti na typu měření. V případě měření za jízdy se měření pokrytí vyhodnocuje do měřených čtverců. Měřený čtverec je daný normalizovaný čtverec s přesnou polohou a orientací o rozměru 100 x 100 metrů nebo 50 x 50 metrů dle *Výběrového řízení za účelem udělení práv k využívání rádiových kmitočtů k zajištění veřejné sítě elektronických komunikací v pásmu 800 MHz, 1800 MHz a 2600 MHz* nebo dle *Vyhlášení výběrového řízení za účelem práv k využívání rádiových kmitočtů pro zajištění sítě elektronických komunikací v kmitočtových pásmech 700 MHz a 3400–3600 MHz*. Každý čtverec je opatřen identifikační značkou (SquareID). Atributem měřeného čtverce je příslušnost k obci a okresu, počet obyvatel v daném čtverci a informace, zda je čtverec součástí dálnice nebo železničního koridoru. Měřený čtverec slouží jako nejmenší jednotka k vyhodnocení pokrytí území.

V případě stacionárního měření v mobilních sítích se měření nejčastěji vyhodnocuje na tzv. adresní bod. Což je bod reprezentující adresní místo (místo v terénu, kterému lze ve vztahu k budově jednoznačně přiřadit adresu). Tento typ měření se může použít

pro vyhodnocení pokrytí obyvatel dle *Vyhlášení výběrového řízení za účelem práv k využívání rádiových kmitočtů pro zajištění sítí elektronických komunikací v kmitočtových pásmech 700 MHz a 3400–3600 MHz*. Pokrytí obyvatel bude vyhodnocováno ve zmíněných adresních bodech, jejichž přesná poloha bude získána z databáze Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK). Počty obyvatel v jednotlivých adresních bodech jsou stanoveny z dat poskytnutých Českým statistickým úřadem (ČSÚ) z nejnovějších dostupných dat o sčítání lidu.

#### 4. Soubor rádiových parametrů

Při měření datových parametrů je nutno měřit zároveň i rádiové parametry signálu, pro posouzení vlivu na datové parametry sítě. Limitní hodnoty rádiových signálů pro jednotlivé typy (kmitočtová pásma) mobilních sítí jsou stanoveny podle platných norem ETSI a specifikací 3GPP a jsou uvedeny v tabulce č. 1. Pro objektivní posouzení pokrytí území signálem se měří rádiové parametry signálů, kterými jsou Výkon přijímaného referenčního signálu (RSRP) a Poměr odstupů signálu vůči součtu interference a šumu (SINR). Limitní hodnoty pro všechna měřená pásma jsou uvedeny v následující tabulce. Uvedené limitní hodnoty platí za stejných podmínek, jako jsou stanoveny pro výkon referenčního signálu. Tyto hodnoty měřených parametrů jsou uvedeny pro výšku měřicí antény 1,5 m mimo železniční koridory, kde je předpokládána výška antény 4,5m nad okolním povrchem.

Tab. 1: Limitní hodnoty rádiových signálů pro jednotlivá kmitočtová pásma mobilních sítí

| Kmitočtové pásmo | RSRP pro neobydlené území [dBm] | RSRP pro obydlené území [dBm] | RSRP pro silniční koridory [dBm] | RSRP pro železniční koridory [dBm] | SINR [dB] |
|------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------|
| 700 MHz          | -118                            | -109                          | -118                             | -114                               | -5        |
| 800 MHz          | -118                            | -109                          | -118                             | -114                               | -5        |
| 900 MHz          | -118                            | -109                          | -118                             | -114                               | -5        |
| 1800 MHz         | -118                            | -107                          | -118                             | -113                               | -5        |
| 2100 MHz         | -118                            | -106                          | -118                             | -113                               | -5        |
| 2600 MHz         | -118                            | -105                          | -118                             | -112                               | -5        |
| 3400–3800 MHz    | -118                            | -100                          | -118                             | -109                               | -5        |

#### IV. Postup měření

Tato část definuje postupy a techniky měření datových parametrů mobilních sítí elektronických komunikací tak, aby bylo možné ověřit reálnou, případně maximálně dosažitelnou hodnotu měřených datových parametrů. Postupy a techniky měřicího procesu se liší podle toho, jaký soubor datových parametrů má být sledován z hlediska různých aspektů kvality služby přístupu k síti internet, jaký je účel měření a zda se jedná o měření za jízdy či stacionární.

##### 1. Náležitosti nezbytné pro provádění měření

Měření datových parametrů mobilních sítí elektronických komunikací je obecně podmíněno správnou funkčností prvních čtyř vrstev modelu ISO/OSI, tj. od fyzické až po transportní vrstvu. Před samotným zahájením měření je zapotřebí se ujistit a ověřit funkčnost a další parametry na požadovaných vrstvách modelu ISO/OSI. Dále je nutné ověřit

dostupnost dostatečně přesné GNSS polohy a také přístupovou kartu k síti (SIM), která umožňuje využití veškerých datových služeb bez jakýchkoliv datových limitů.

Měřicí anténa pro měření pokrytí za jízdy musí být umístěna během měření tak, aby byly minimalizovány případné vlivy měřícího vozu na prováděné měření. Parametry použité antény musí být stejně jako parametry kabeláže známy a umožňovat přepočítání na normovanou výšku a zisk antény. Měření je možné provádět s běžným terminálem s integrovanou anténou při splnění podmínky umístění ve vhodném prostoru.

## 2. Měřicí nástroje

Existuje několik měřících nástrojů, které jsou schopny provádět měření souboru datových parametrů vymezených v této Metodice. Tyto měřicí nástroje musí být implementovány na každou ze dvou měřících stran, kdy se jedna chová jako klient a druhá jako server. Měřicí server i terminál (klient) musí být z hlediska softwaru a komunikačních protokolů příslušným způsobem vybaveny tak, aby mohly fungovat jako protistrany a měřicí server bude schopen v daný okamžik obsloužit více probíhajících měření. Předpokladem úspěšného měření je zajistit, že odesílané pakety nebudou v síti během přenosu fragmentovány, zároveň ale musí mít co největší velikost. Pro účely jednoho měření parametrů uvedených v této Metodice se mezi měřícím terminálem a měřícím serverem předpokládá  $\geq 1$  otevřených TCP nebo UDP spojení. Měřicí software na měřícím serveru i terminálu musí být schopen otevřít dostatečný počet portů pro požadovaná spojení. Čísla portů musí být volena podle typu spojení (TCP, UDP), aby nedošlo k zablokování některého z otevíraných spojení kdekoli v trase mezi měřícím terminálem a měřícím serverem. Dále je nutné vzít v potaz výkon obou měřících stran tak, aby nedocházelo k degradaci měření. V případě využití technologie koncového uživatele, např. při indikativním měření, je vždy potřeba brát na vědomí nominální výkon zařízení, zatížení běžnými aplikacemi i stáří zařízení. Pro měření mobilních sítí se bude využívat dvou dostupných nástrojů pro měření výkonnosti sítě uvedených v následujících dvou podkapitolách 2.1 a 2.2.

### 2.1. Iperf3

Iperf, resp. jeho verze Iperf3, je open-source nástroj pro indikativní měření výkonnosti sítě, který je dostupný pro platformy jako je OS Windows, OS Linux a FreeBSD. Je založen na principu klient/server a podporuje širokou škálu parametrů spojených s časováním, bufferováním a protokoly jako TCP, UDP, SCTP běžícími nad IPv4 nebo IPv6. IPerf3 je nástroj, který dokáže měřit zpoždění a propustnost pomocí více paralelních spojení najednou. Výsledkem každého testu je soubor vybraných datových parametrů, jako jsou například: propustnost, ztrátovosti paketů a podobně. Mezi hlavní vlastnosti nástroje patří:

- TCP:
  - Měření aktuální propustnosti datového toku v jednom, druhém nebo obou směrech mezi klientem a serverem (měřícími body), zpravidla v Mb/s.
  - Nastavení velikosti MSS (maximum segment size).
  - Podpora změny velikosti TCP okna (TCP window size) skrze vyrovnávací paměť, nastavení počtu TCP spojení apod. dle potřeby.
- UDP:
  - Klient může vytvořit UDP stream s definovanou přenosovou rychlostí.
  - Možnost měření ztrátovosti a zpoždění paketů.

### 2.2. FlowPing

FlowPing je volně dostupný nástroj pod licencí GNU GPLv3 a podobně jako Iperf umožňuje testování výkonnosti sítě jako jsou zátěžové testy, či testy propustnosti sítě. FlowPing se částečně podobá aplikaci Ping, ale místo protokolu ICMP pracuje s protokolem UDP v režimu klient/server. Na rozdíl od nástroje Iperf umožňuje FlowPing vytvářet testy

s proměnnou velikostí generovaného provozu. Tato funkce dává prostor k testování propustnosti sítě a s tím spojenou kvalitou real-time služeb, např. streaming videa, kdy je umožněno generovat např. rušivý provoz společně s daným streamem a lze pozorovat vliv jednotlivých nastavených parametrů testů na kvalitu videa a zároveň sledovat parametry jako je propustnost sítě, či ztrátovost paketů.

### 3. Měření za jízdy

Měření za jízdy je prováděno kontinuálně během jízdy měřícího vozu po předem zvolené trase, přičemž měřené parametry jsou členěny do jednotlivých měřících intervalů délky 1 sekunda, jak je uvedeno v kapitole II. Při měření datových parametrů mobilních sítí je doporučena maximální rychlost měřícího vozu 40 km/h v případě měření v obci a 90 km/h při měření na dálnici, popř. na rychlostní komunikaci. U měření probíhajících ve vyšší rychlosti (dálnice, železniční koridory) se předpokládá měření v obou směrech dané liniové stavby za účelem získání dostatečného množství měřených bodů případně opakované měření v požadovaném směru. V případě měření železničních koridorů není maximální rychlost vlaku, na kterém probíhá měření touto metodikou, omezena. Měření za jízdy je určen především pro:

- měření pokrytí obcí,
- měření pokrytí dálnic (liniových staveb), případně dalších druhů pozemních komunikací dle požadavků,
- měření pokrytí železničních koridorů (liniových staveb),
- kontrolu plnění podmínek aukcí (tzv. rozvojových kritérií),
- vytipování problémových míst,
- řešení stížností koncových zákazníků.

Trasa jízdy měřícího vozu při měření datových parametrů za jízdy v obci musí být taková, aby byl pokryt co největší možný počet obyvatel dané obce vzhledem k rozložení do měřených čtverců (kapitola III.).

Při měření za jízdy se předpokládá měření pomocí UDP protokolu nástrojem FlowPing pro ověření minimální rychlosti (vzestupný či sestupný směr toku), případně v kombinaci TCP protokolu pro ověření maximální propustnosti. Měřena je Vzestupná nebo Sestupná propustnost datového toku neboli Vzestupná nebo Sestupná datová rychlost bez měření daných parametrů současně na jednom měřícím terminálu. S uvedenými parametry je současně měřen parametr Zpoždění paketů *IPTD*. Při požadavku na měření konkrétní části mobilní sítě musí měřící terminál umožnit uzamčení konkrétní technologické varianty případně uzamčení konkrétního kanálu mobilní sítě elektronických komunikací. Měření probíhá především v pracovních dnech v době mezi 7. a 22. hodinou, pokud charakter měření nevyžaduje jinak. Detailní popis měření mobilní sítě elektronických komunikací pro účely kontroly datových parametrů je uveden v následující kapitole 5 této metodiky.

Záznamy o výsledcích měření prováděné softwarem v měřícím terminálu musí být prováděny tak, aby bylo možné jejich další strojové zpracování, vyhodnocení a mapová vizualizace.

### 4. Stacionární měření

Na konkrétním adresním bodě, případně požadované pozici se provede stacionární měření po dobu stanovených měřících intervalů dle typu měření (měření skutečné přenosové rychlosti nebo měření vzniku velkých odchylek), pokud místní podmínky dovolují stacionární měření zejména s ohledem na bezpečnost a pravidla silničního provozu. Tento typ měření je určen především pro:



- řešení stížností koncových zákazníků,
- kontrolu plnění podmínek aukcí (tzv. rozvojových kritérií),
- dlouhodobý monitoring daného místa.

Při stacionárním měření se předpokládá měření protokolem TCP, měření protokolem UDP, případně měření všech uvedených datových parametrů současně (kapitola III). V případě měření skutečné přenosové rychlosti je předpokladem měření Sestupné propustnosti TCP datového toku (download) nebo Vzestupné propustnosti TCP datového toku (upload) nebo obou po sobě následující parametrů na jednom měřicím terminálu. S uvedenými parametry je současně měřen parametr Zpoždění ve smyčce (RTT). V případě měření protokolem UDP je cílem zjištění Sestupné datové rychlosti (downlink) nebo Vzestupné datové rychlosti (uplink) nebo obou po sobě následující parametrů na jednom měřicím terminálu. S uvedenými parametry jsou současně měřeny parametry zpoždění paketů *IPTD*, kolísání zpoždění paketů *IPDV*, chybovost paketů *IPER* a ztrátovost paketů *IPLR*. Při požadavku na měření konkrétní části mobilní sítě musí měřicí terminál umožnit uzamčení konkrétní technologické varianty případně uzamčení konkrétního kanálu mobilní sítě elektronických komunikací. Měření probíhá především v pracovních dnech v době mezi 7. a 22. hodinou, pokud charakter měření nevyžaduje jinak. Detailní popis měření mobilní sítě elektronických komunikací pro účely kontroly datových parametrů je uveden v následující kapitole 5 této metodiky.

Záznamy o výsledcích měření prováděné softwarem v měřicím terminálu musí být taktéž prováděny tak aby bylo možné jejich další strojové zpracování, vyhodnocení a mapová vizualizace.

## 5. Měřicí proces

Měřicí procesy jsou odlišné v případech, kdy je prováděno měření protokolem TCP a protokolem UDP.

V případě, kdy je prováděno měření vzestupné propustnosti TCP datového toku (upload;  $TCP\ aTR_{up}$ ), sestupné propustnosti TCP datového toku (download;  $TCP\ aTR_{down}$ ) a zpoždění ve smyčce (RTT), je v rámci této Metodiky postup upřesněn pro měření bezdrátových komunikačních sítí. Nastavení TCP protokolu má na výsledky měření zásadní vliv a je třeba mu věnovat pozornost. Měřicí nástroj musí umožnit nastavení různého počtu TCP spojení na základě potřeby měření. Dále je důležitý výpočet potřebné velikosti vyrovnávací paměti ( $BS = \text{buffer size}$ ) a velikosti okna přijímače ( $RWND = \text{Receiver Window}$ ) na straně měřicího terminálu (pro měření parametru download), nebo na straně měřicího serveru (pro měření parametru upload), nebo na obou stranách pro paralelní měření obou parametrů (upload, download), popř. střídavé měření obou parametrů. Protokol TCP při startu nastavuje nízkou aktuální hodnotu  $RWND$ , která se rychle (v případě bezchybného přenosu) zvyšuje až k maximální hodnotě. S přihlédnutím k tomuto faktoru je třeba začít měřit přenosovou rychlost až s určitým zpožděním po začátku přenosu. Při měření za jízdy, zejména při vyšších rychlostech (dálnice, železniční koridory) se doporučuje nastavit nižší výchozí velikost okna (typicky 32 kB), aby se zajistilo stabilnější spojení při dynamicky se měnících podmínkách.

V případě, kdy je prováděno měření protokolem UDP – jedná se o parametry definované v kapitole č.2 a to vzestupná datová rychlost (uplink), sestupná datová rychlost (downlink), zpoždění paketů (*IPTD*), kolísání zpoždění paketů (*IPDV*), chybovost paketů (*IPER*) a ztrátovost paketů (*IPLR*) – je nutné velikost datového toku nastavovat s ohledem na očekávanou propustnost sítě tak, aby nedocházelo k nadměrnému zahlcování sítě, které může ovlivnit stabilitu datového spojení.

## 5.1. Měření souboru datových parametrů za jízdy protokolem UDP

Měření v mobilních sítích elektronických komunikací při umístění měřicího zařízení (terminálu nebo externí antény terminálu) na střeše měřicího automobilu odpovídá měření za jízdy. Uvedený způsob měření souboru datových parametrů je nutné použít pro účel kontroly za jízdy datových parametrů stávajících i nově budovaných sítí. Měření datových parametrů za jízdy se provádí pomocí protokolu UDP za účelem zjištění pokrytí minimální přenosovou rychlostí (např. ověření plnění rozvojových podmínek z aukcí), nebo souběžným měřením protokolem UDP a TCP pro zjištění okamžité dosažitelné propustnosti sítě (blížící se maximální rychlosti za daných podmínek, na dané trase, v daném čase, při dané rychlosti pohybu a zatížení sítě).

### 5.1.1. Sekvence měření

V případě měření za jízdy se využívá převážně souboru datových parametrů měřených protokolem UDP, kdy je doporučeno zvolit pouze jeden měřený parametr z výše uvedených (vzestupná (uplink) nebo sestupná (downlink) datová rychlost). V případě potřeby je možné tyto parametry měřit současně. Je doporučeno provádět opakovaná měření za jízdy u liniových staveb (v obou směrech) s dostatečnou časovou diverzitou (např. ročně).

Proces měření by se měl skládat z následujících kroků:

- krok 1 – test dostupnosti měřené mobilní sítě spočívající v ověření možnosti připojení se do měřené mobilní sítě.
- krok 2 – zvolení požadovaného datového parametru (vzestupná datová rychlost (uplink), sestupná datová rychlost (downlink)) měřeného po celou dobu měření na zvoleném úseku trasy. Doba měření je závislá na oblasti a typu měření viz kapitola 3.

## 5.2. Stacionární měření protokolem TCP

Následující postup popisuje sekvenci kroků, které jsou nezbytné pro získání korektních výsledků procesu měření. V případě nedodržení uvedeného postupu může docházet ke zkreslení výsledku měření špatným nastavením měřících stran (hlavně z hlediska jejich přijímacích, respektive vysílacích kapacit).

V daném typu měření jsou specifikovány dva měřené parametry – sestupná propustnost TCP datového toku (download) a vzestupná propustnost TCP datového toku (upload). Na základě těchto parametrů se porovnávají s:

- Odhadovaná maximální rychlost ( $R_{odmax}$ ) je realisticky dosažitelná maximální rychlost pro danou službu v dané lokalitě v reálných provozních podmínkách, v míst s dostatečnou úrovní signálu vně budov.
- Inzerovaná rychlost ( $R_{inzer}$ ) je pak rychlost odpovídající rychlosti, kterou poskytovatel internetových služeb označuje službu přístupu k internetu při uzavírání smluvního vztahu s koncovým uživatelem.

Pro posouzení stálosti datové rychlosti se definují parametry Velká trvající odchylka a Velká opakující se odchylka. Za Velkou trvající odchylku od  $R_{inzer}$  (sestupný nebo vzestupný směr toku dat) se považuje taková odchylka, která vytváří souvislý pokles výkonu služby přístupu k internetu, tj. pokles skutečně stahované TCP propustnosti pod 25% hodnoty inzerované rychlosti v intervalu delším než 40 minut. Za Velkou opakující se odchylku od  $R_{inzer}$  (sestupný nebo vzestupný směr toku dat) se považuje taková odchylka, při které dojde aspoň k pěti poklesům skutečně dosahované rychlosti (SDR) odpovídající měřením stanovené TCP propustnosti pod 25% hodnoty  $R_{inzer}$  v intervalu delším nebo rovno 2 minutám v časovém úseku 60 minut.

### 5.2.1. Sekvence měření

Měření v mobilních sítích elektronických komunikací z hlediska umístění měřicího zařízení (terminálu) odpovídá stacionárnímu měření. Pro všechna měření ve stacionárním

bodě je doporučeno provádět opakovaná měření s dostatečnou časovou a provozní diverzitou. Je doporučeno provádět tři hlavní, nezávislá, měření včetně dodržení dostatečné časové diverzity.

#### Sekvence pro měření skutečné TCP propustnosti

Proces měření se skládá z následujících kroků:

- krok 1 – test dostupnosti měřené mobilní sítě (spočívající v ověření možnosti připojení se do měřené mobilní sítě) na konkrétním adresním bodě, případně na požadované pozici
- krok 2 – měření požadovaného datového parametru (upload, download) po zvolenou dobu, minimálně však 600 měřících intervalů (10 minut)
- krok 3 - postup dle předchozích kroků je možné opakovat

#### Sekvence pro ověření velké trvalí a velké opakující se odchylky

Proces měření by se měl skládat z následujících kroků:

- krok 1 – test dostupnosti měřené mobilní sítě (spočívající v ověření možnosti připojení se do měřené mobilní sítě) na konkrétním adresním bodě, případně na požadované pozici
- krok 2 – měření požadovaného datového parametru (upload, download) po zvolenou dobu, minimálně však 3600 měřících intervalů (60 minut)
- krok 3 – postup dle předchozích kroků je možné opakovat

#### **5.2.1.1 Vstupní parametry sekvence měření souboru protokolem TCP**

Vstupní parametry sekvence měření musí vycházet z parametrů prezentovaných poskytovateli služeb elektronických komunikací v jejich nabídkách služby přístupu k internetu s ohledem na Nařízení a s ním souvisejícím Vyjádřením Českého telekomunikačního úřadu k vybraným otázkám přístupu k otevřenému internetu a evropským pravidlům síťové neutrality a Všeobecným oprávněním č. VO-S/1/08.2020-9, které definuje podmínky smluvního garantování rychlosti stahování (download) a vzestupná rychlost (upload) dat včetně vzniku velkých odchylek výkonu služby přístupu k internetu dle čl. 4(1) písm. d) Nařízení. Při definování vstupních parametrů byly brány v potaz také vlastnosti přístupových technologií.

Úřad uvedl na základě Nařízení dvě definice rychlostí související s poskytováním služby přístupu k internetu v mobilních sítích. V případě stahování (download) a odesílání (upload) dat jsou níže uvedené definice rychlostí platné pro každý směr samostatně:

- Inzerovaná rychlost ( $R_{inzer}$ ) – rychlost odpovídající rychlosti stahování (download) a vzestupné rychlosti (upload) dat, jakou poskytovatel internetových služeb uvádí ve své obchodní komunikaci, včetně reklamy a marketingu, v souvislosti s propagací nabídek služby přístupu k internetu, a jakou označuje službu přístupu k internetu při uzavírání smluvního vztahu s koncovým uživatelem. Hodnota inzerované rychlosti není větší než odhadovaná maximální rychlost. Hodnota inzerované rychlosti odpovídá TCP propustnosti transportní vrstvy dle referenčního modelu ISO/OSI. Jednotkou jsou numerické hodnoty v bitech za sekundu (např. kb/s nebo Mb/s).
- Odhadovaná maximální rychlost ( $R_{odmax}$ ) – rychlost stahování (download) a vzestupná rychlost (upload) dat je realisticky dosažitelná maximální rychlost pro konkrétní službu v dané lokalitě v reálných provozních podmínkách, v místě s dostatečnou úrovní signálu vně budov. Hodnota maximální rychlosti odpovídá TCP propustnosti transportní vrstvy dle referenčního modelu ISO/OSI. Jednotkou jsou numerické hodnoty v bitech za sekundu (např. kb/s nebo Mb/s).

### 5.3. Stacionární měření protokolem UDP

Měření protokolem TCP je možno doplnit o měření protokolem UDP, a to konkrétně měření vzestupné datové rychlosti (uplink) a sestupné datové rychlosti (downlink), které charakterizují dostupnou kapacitu sítě v daném místě měření pro oba směry datové komunikace, a dále zpoždění paketů *IPTD*, kolísání zpoždění paketů *IPDV*, chybovost paketů *IPER* a ztrátovost paketů *IPLR* – ovšem je nutné velikost datového toku nastavovat s ohledem na očekávanou propustnost sítě tak, aby nedocházelo k nadměrnému zahlcování sítě, které může ovlivnit stabilitu datového spojení.

#### 5.3.1. Sekvence měření

Stejně jako v případě postupu měření protokolem TCP, je doporučeno provádět opakovaná měření s dostatečnou časovou a provozní diverzitou. Je tedy doporučeno provádět tři hlavní, nezávislá, měření včetně dodržení dostatečné časové diverzity.

##### Sekvence pro měření skutečné přenosové rychlosti

Proces měření se skládá z následujících kroků:

- krok 1 – test dostupnosti měřené mobilní sítě (spočívající v ověření možnosti připojení se do měřené mobilní sítě) na konkrétním adresním bodě případně požadované pozici
- krok 2 – měření požadovaného datového parametru (vzestupná datová rychlost (uplink), sestupná datová rychlost (downlink) měřeného po zvolenou dobu minimálně však 600 měřících intervalů (10 minut)
- krok 3 - postup dle předchozích kroků je možné opakovat

Je možné také využít zátěžový test dle standardu ITU-T Y.1540, který je vhodné použít pro ověření kvalitativních datových parametrů typu zpoždění paketů (*IPTD*), kolísání zpoždění paketů (*IPDV*), chybovosti paketů (*IPER*) a ztrátovosti paketů (*IPLR*), přičemž se v případě zpoždění paketů a kolísání zpoždění paketů jedná o jejich výsledné průměrné hodnoty. Výsledek měřícího procesu v rámci zátěžového testu lze využít pro ověření definovaných hodnot jednotlivých parametrů kategorií. V případě měření skutečné propustnosti (bandwidth) je nutné počítat s režií (záhlavím) síťové vrstvy (L 3).

## 6. Vyhodnocení měření

Vyhodnocení měření probíhá odlišně pro měření za jízdy (pokrytí obcí, pokrytí dálnic a ostatních komunikací, pokrytí železničních koridorů) a pro stacionární měření. Naměřená data všech typů scénářů se vizualizují do mapových podkladů ve formě barevně odlišných měřených čtverců (bodů) za účelem zveřejňování dosažených výsledků měření. Mapové vizualizace rozlišují jednotlivé operátory (poskytovatele připojení). Dále je možné volit k vizualizaci jednotlivé technologie a použitá pásma, ve kterých měření probíhalo.

### 6.1. Vyhodnocení měření za jízdy

Z hlediska vyhodnocení měřených čtverců měřených za jízdy rozlišujeme následující typy měřených čtverců:

- Neměřený čtverec – čtverec, kde dosud neproběhlo žádné měření dle této metodiky.
- Měřený čtverec – čtverec, u kterého proběhlo měření do 50 metrů od jeho středu dle této metodiky bez ohledu na výsledek měření nebo získané parametry.
- Úspěšně změřený čtverec – čtverec, u kterého proběhlo měření do 50 metrů od jeho středu dle této metodiky o nejméně  $n$  intervalech, kde parametr  $n \geq 2$ .

- Pokrytý změřený čtverec – je takový úspěšně změřený čtverec, kde jsou zároveň splněny limitní podmínky dané např. rozvojovými kritérii aukcí.
- Nepokrytý změřený čtverec – čtverec, kde proběhlo úspěšné měření, ale nebyly splněny požadavky na Pokrytý měřený čtverec.

Při opakovaném měření dříve již měřeného čtverce jsou výsledky původního měření nahrazeny výsledky z měření nového z důvodu aktuálnosti prezentovaných dat. Vyhodnocení pokrytí obyvatelstva dané obce je stanoveno na základě dat z měřených čtverců na území dané obce nebo na základě dat z měřených adresných bodů dle rozvojových kritérií aukce k příslušnému kmitočtovému přidělu. Za pokrytý adresní bod se považuje takový bod, který spadá do pokrytého změřeného čtverce. Pro vyhodnocení pokrytí dálnic, rychlostních komunikací a železničních koridorů (tzv. liniových staveb) se využívá rozdělení tras komunikací na krátké úseky, ve kterých jsou měřené parametry průměrovány.

## **6.2. Vyhodnocení stacionárního měření**

Pro vyhodnocení stacionárního měření se používají stejná pravidla, jako je uvedeno v kapitole o vyhodnocení pokrytí či nepokrytí měřeného čtverce, avšak tyto výsledky se nekombinují s výsledky měření za jízdy a přiřazují se pouze konkrétnímu místu (adresnímu bodu) se zjištěnou GNSS polohou bez ohledu na existující síť měřených čtverců. U stacionárního měření se očekává opakované měření na stejném místě např. v různé denní doby dle této metodiky. Všechny získané parametry za opakované měření provedené na stejném místě ve stejném období se průměrují a takto získané hodnoty jsou z hlediska rozhodnutí o pokrytí či nepokrytí testovány vůči podmínkám uvedeným v kapitole 6.1 o pokrytí měřeného čtverce.

## **6.3. Vyhodnocení měření souboru datových parametrů**

S ohledem na skutečnost, že se vyhodnocení měření dle daného měřeného souboru datových parametrů mobilních sítí elektronických komunikací mohou výrazně lišit i s ohledem na výkon kompetencí Úřadu, jsou detailní informace vizualizace k jednotlivým případům (scénářům) uvedeny v příslušné příloze tohoto dokumentu.

## **7. Bezpečnostní úvahy**

Jelikož při měření datových parametrů se využívá také UDP protokolu na transportní vrstvě modelu ISO/OSI, může být chování měřicího procesu vnímáno síťovými operátory (poskytovateli) jako pokus o DoS či DDoS útok. Proto měření pomocí protokolu UDP může vyžadovat koordinaci s poskytovatelem internetového připojení.

### **7.1. Problematika měření v sítích s IPv6 a NAT**

Vzhledem k možnosti zapouzdření TCP a UDP protokolů do IPv6 paketu může v dnešní době v síti elektronických komunikací s nativní podporou IPv6 docházet k značnému rozdílu v měření propustnosti TCP datového toku mezi IPv6 a IPv4. Je tedy vhodné ověřit, zda je dostupná IPv6 konektivita a v případě, že ano, provést měření i v situaci, kdy TCP a UDP spojení bude zapouzdřeno do IPv6 paketu.

### **7.2. Problematika měření v prostředí neveřejných IP adres a stavových firewallů**

V případě, že je z nějakého důvodu zamezena možnost inicializace síťového spojení sestupným směrem server (MS) → klient (MT), je nutné použít takový měřicí nástroj, který umožňuje reverzní inicializaci síťového spojení při měření sestupného směru. Tato situace může nastat např. v sítích elektronických komunikací s NAT nebo s nastaveným stavovým firewalllem, který např. blokuje TCP segment s příznakem SYN (navázání spojení) z vnější strany.

### **7.3. Postup při chybových stavech**

V případě, že při měření dojde k problému (např. s navázáním datového spojení) nebo k zjevně chybovému stavu, je nutné postupovat přiměřeně. Obsluha měřicího zařízení (terminálu) by se měla pokusit určit příčinu daného problému, pokud je to možné, ji odstranit a popř. provést následně opakované měření.

## V. Pojmy, definice a zkratky

3GPP – organizace pro vytváření standardů pro mobilní sítě

BS – buffer size, velikost vyrovnávací paměti

ČÚZK – Český úřad zeměměřický a katastrální

ČSÚ – Český statistický úřad

Delay – je uplynulá doba mezi odesláním prvního bitu segmentu TCP a příjmem posledního bitu odpovídajícího potvrzení segmentu TCP

Delay(avg) – průměrná hodnota Delay během testu propustnosti TCP datového toku

DoS, DDoS – typ útoku na internetové služby nebo stránky, jehož cílem je cílovou službu znepřístupnit ostatním uživatelům

ETSI – evropský ústav pro telekomunikační normy

GNSS – Global Navigation Satellite System, globální družicový polohový systém

IČO – Identifikační číslo osoby je unikátní osmimístné identifikační číslo právnické osoby, podnikající fyzické osoby nebo organizační složky státu

IDMT – identifikační číslo, které jednoznačně identifikuje mobilní měřicí zařízení

IPDV – (inter-packet delay variation) – kolísání zpoždění paketů, často také kolísání zpoždění, variace zpoždění nebo jitter.

IPLR (IP packet loss ratio) – ztrátovost paketů jako poměr všech nedoručených (ztracených) paketů k celkovému počtu všech odeslaných paketů

IPER – Chybovost Paketů, lze si ji představit jako poměr všech doručených chybných paketů k celkovému počtu všech odeslaných paketů směrem k poskytovateli služby přístupu k síti internet nebo ke koncovému uživateli

IPERF – nástroj pro testování výkonosti sítě

*IPTD(RTT)* – odpovídá uplynulé době mezi odesláním paketu od koncového uživatele směrem k poskytovateli služby přístupu k síti internet a příjmem zpětně odeslaného paketu od poskytovatele služby směrem ke koncovému uživateli

IPv x, IPv x – verze internetového protokolu.

ISO/OSI – Referenční model ISO/OSI vypracovala organizace ISO jako hlavní část snahy o standardizaci počítačových sítí nazvané OSI

ITU – International Telecommunication Union, Mezinárodní telekomunikační unie je specializovaná agentura OSN zabývající se problematikou informačních a komunikačních technologií

L x (layer x) – konkrétní vrstva modelu ISO/OSI

LTE – Standard čtvrté generace mobilní sítě, označovaný také jako 4G

MS – měřicí server

MSEK – Měřicí systém elektronických komunikací, významný informační systém Úřadu

MT – měřicí terminál

NAT (network address translation) – způsob úpravy síťového provozu.

NUT (network under test) – označuje testovanou přenosovou trasu

PSC – Poštovní směrovací číslo, zkráceně PSC se používá především pro identifikaci místa doručení

$R_{inzer}$  – inzerovaná rychlost, tj. rychlost stahování a odesílání, kterou poskytovatel služby přístupu k internetu používá ve svých obchodních sděleních, včetně reklamy a marketingu, v souvislosti s propagací, prodejem nebo dodáním dané služby

$R_{max}$  – maximální rychlost, tj. nejvyšší možná rychlost stahování (download) nebo vzestupné rychlosti (upload)

$R_{odmax}$  – odhadovaná maximální rychlost, tj. maximální dosažitelná rychlost stahování a odesílání, kterou poskytovatel služby poskytuje

RSRP – Rádiový parametr výkonu referenčního signálu

RTT – zpoždění přenosu datového paketu od účastníka k měřicímu serveru a zpět u služby přístupu k síti Internet, vyjádřena nejčastěji v ms, označovaná také jako Delay

RWND (receive window) – označuje velikost TCP okna na přijímací straně (měřící terminál)

SDR – skutečně dosahovaná rychlost, tj. aktuální rychlost v daném časovém okamžiku

SIM – je účastnická identifikační karta podle standardu 3GPP TS 51.011 sloužící k identifikaci účastníka v mobilní síti

SINR – rádiový parametr odstupů signál / šum + interference

SquareID – Identifikátor měřenému čtverce

t – obecně délka trvání testu

TCP – Transmission Control Protocol je protokolem transportní vrstvy v sadě protokolů TCP/IP používaných v síti Internet

TCP aTR – aktuální hodnota propustnosti TCP datového toku odpovídající transportní vrstvě modelu ISO/OSI

UDP – UDP je protokolem síťové vrstvy v sadě protokolů používaných v síti Internet

UDP aTR - aktuální hodnota propustnosti UDP datového toku odpovídající síťové vrstvě modelu ISO/OSI

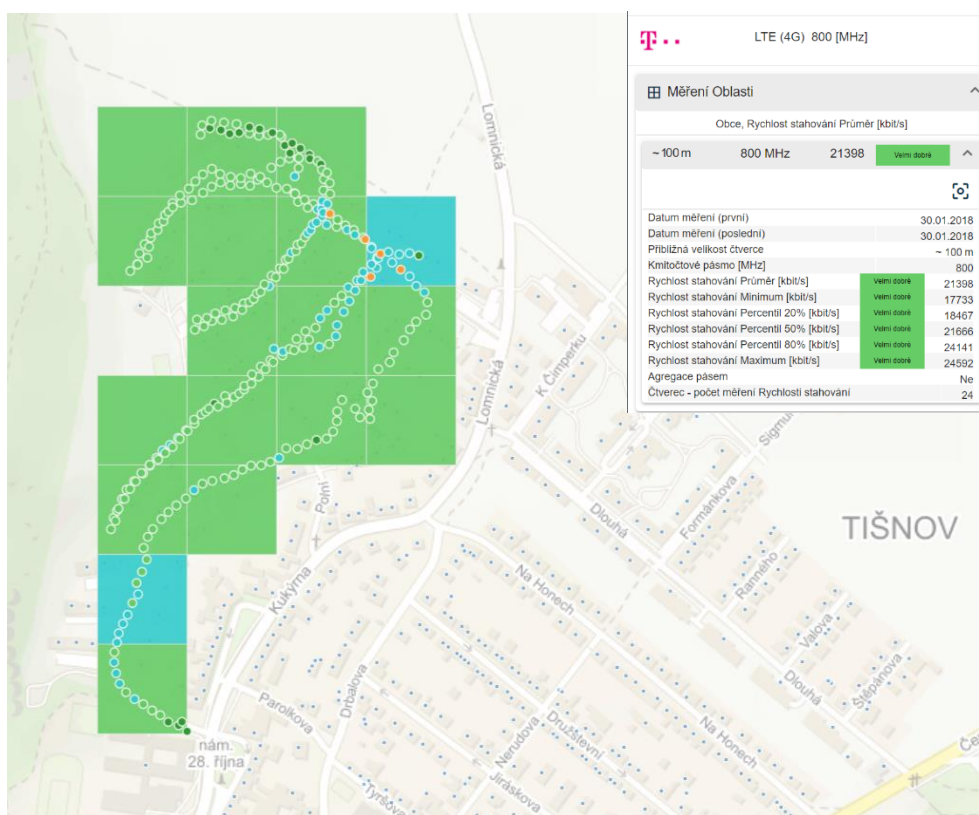
WGS – 84 – geodetický standard



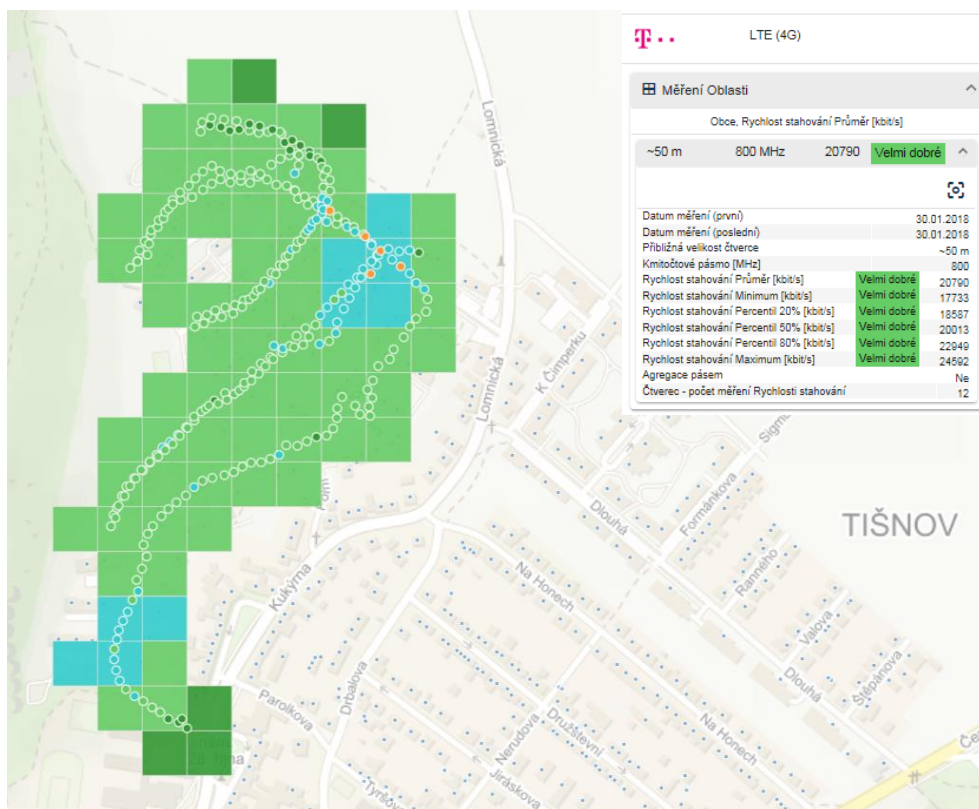
## VI. Přílohy

### 1. Mapové podklady a vyhodnocení

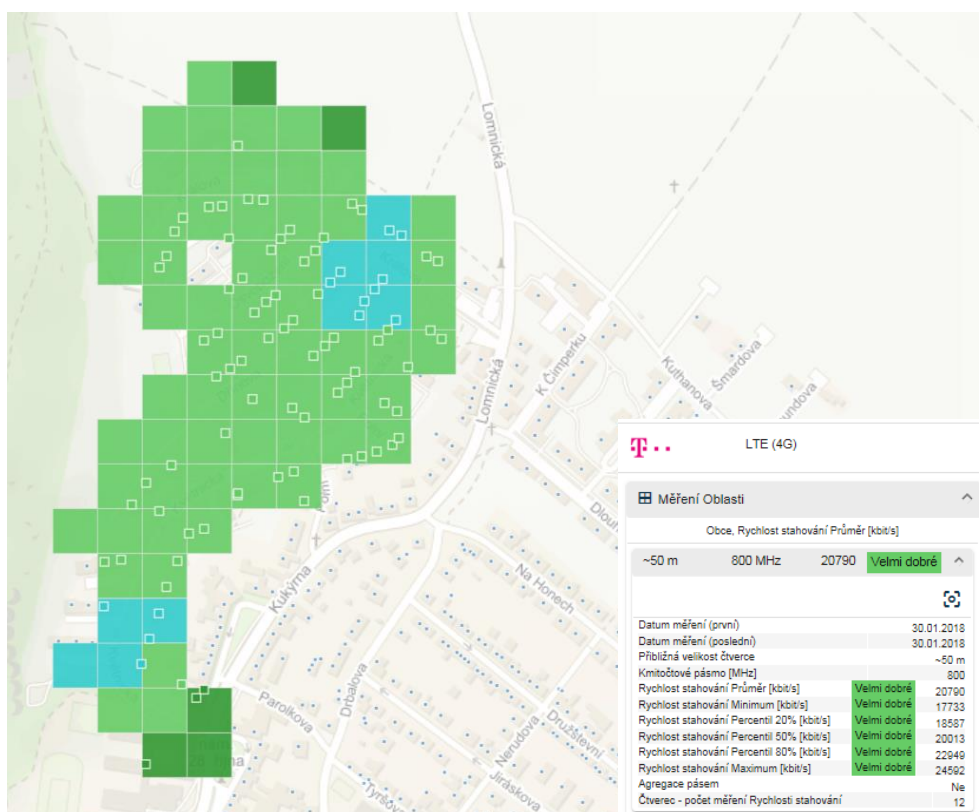
Příloha zobrazuje možné výstupy z měření definovaných metodikou pro měření a vyhodnocení datových parametrů mobilních sítí elektronických komunikací. Obrázek č. 1 zobrazuje vyhodnocení měření dle *Výběrového řízení za účelem udělení práv k využívání rádiových kmitočtů k zajištění veřejné sítě elektronických komunikací v pásmu 800 MHz, 1800 MHz a 2600 MHz*. Jedná se o vyhodnocení do měřených čtverců 100 x 100 m, kde každý měřený čtverec dané velikosti obsahuje body měření (kruhový tvar) podle kterých je měřený čtverec barevně označen. Obrázky č. 2 a 3 zobrazují vyhodnocení měření dle *Vyhlášení výběrového řízení za účelem práv k využívání rádiových kmitočtů pro zajištění sítí elektronických komunikací v kmitočtových pásmech 700 MHz a 3400–3600 MHz*. Jedná se o vyhodnocení do měřených čtverců 50 x 50 m, kde každý měřený čtverec dané velikosti obsahuje body měření (kruhový tvar, obrázek č. 2) podle kterých je měřený čtverec barevně označen. Obrázek č. 3 obsahuje vyhodnocení měření na adresní místa (čtvercový tvar). Vyhodnocení pokrytí čtverců a adresních míst (bodů) je popsáno touto metodikou v kapitole č. 6. Obrázek č. 4 zobrazuje vyhodnocení měření pokrytí liniových staveb, které se dle výše zmíněných výběrových řízení hodnotí do jednotlivých úseků dané velikosti. Vyhodnocení dle kapitoly 6.2 je znázorněno na obrázcích č. 5 a 6, kde pro vyhodnocení pokrytí v mapovém podkladu (obrázek č. 5) platí stejná pravidla jako pro vyhodnocení při měření za jízdy (obrázek č. 1,2 a 3). V případě stacionárního měření se měření prezentuje do uvedené tabulky (obrázek č. 6), kde jsou naměřené hodnoty (skutečná přenosová rychlost, rádiové parametry) zpracovány graficky.



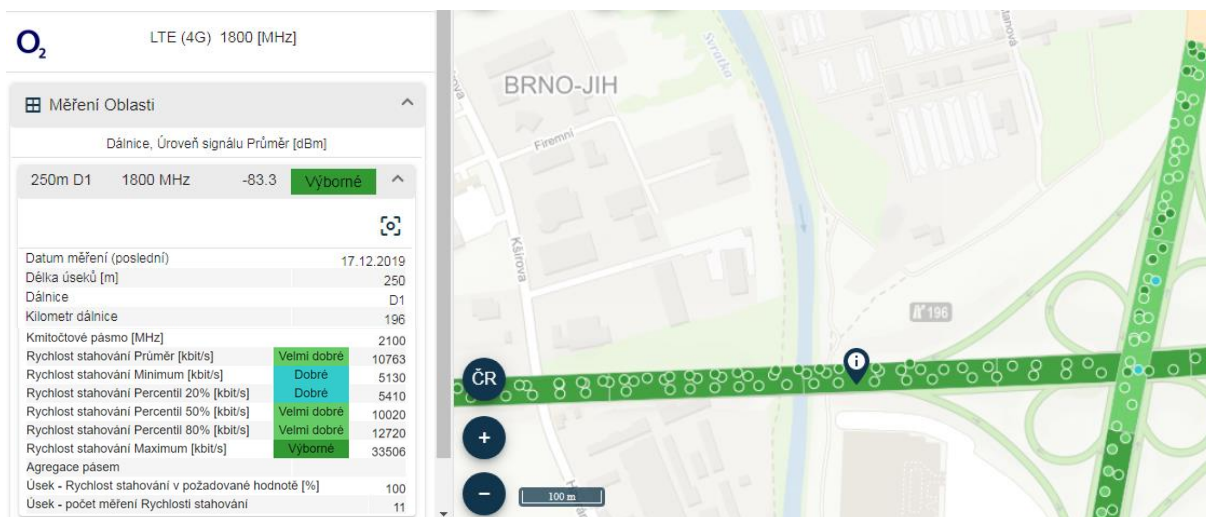
Obr. 1: Vizualizace měření (do měřených čtverců 100 x 100) pokrytí obce za jízdy datovou rychlostí (downlink) daných kmitočtových pásmy.



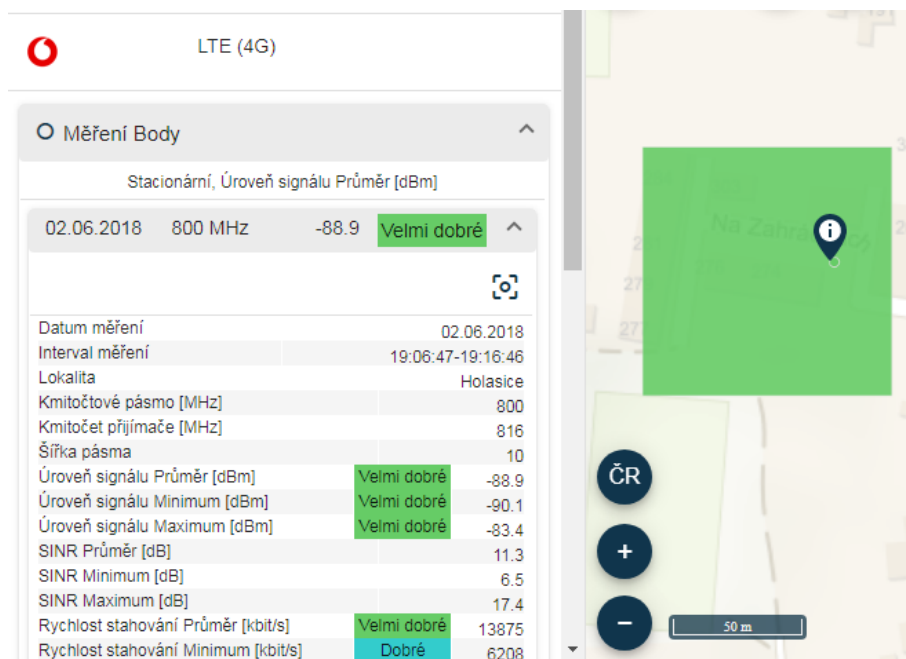
Obr. 2: Vizualizace měření (do měřených čtverců 50 x 50 se zobrazím měřených bodů) pokrytí obce za jízdy datovou rychlostí (downlink).



Obr. 3: Vizualizace měření (do měřených čtverců 50 x 50 se zobrazím změřených adresních míst) pokrytí obce za jízdy datovou rychlostí (downlink).



Obr. 4: Vizualizace měření pokrytí liniové stavby (úsek dálnice D1) za jízdy datovou rychlostí (downlink).



Obr. 5: Vizualizace stacionárního měření v obci datovou rychlostí (download) v mapovém podkladu.



## Český telekomunikační úřad

ODBOR KONTROLY A OCHRANY SPOTŘEBITELE

OTP Brno

Jurkovičkova 1, 638 00 Brno-Lesná, tel.: 545222901, fax: 548523932

|                  |  |                   |             |          |             |
|------------------|--|-------------------|-------------|----------|-------------|
| Datum:           | 03.12.2020   | Čas od:           | 11:58:59    | Čas do:  | 12:08:58    |
| Místo:           | Hlavňovice, u obecního úřadu                                       |                   |             |          |             |
| Souřadnice:      |  | GPS LON:          | 13,39291100 | GPS LAT: | 49,23840300 |
| Měřil:           | Vašina Petr Ing.   |                   |             |          |             |
| Měřicí přístroj: | Samsung GALAXY Note 4<br>sw. QualiPoc v.17.1.0.45<br>antena DELOCK |                   |             | i.č.:    | 304237      |
|                  |  |                   |             | ID:      | 60234110    |
|                  |  |                   |             | v.č.:    | 88451       |
| Operátor:        | Vodafone   | Cell ID:          | 357644      | PCI:     | 494         |
| Blok LTE:        |  | střední kmitočet: | 816 MHz     | šířka:   | 10 MHz      |

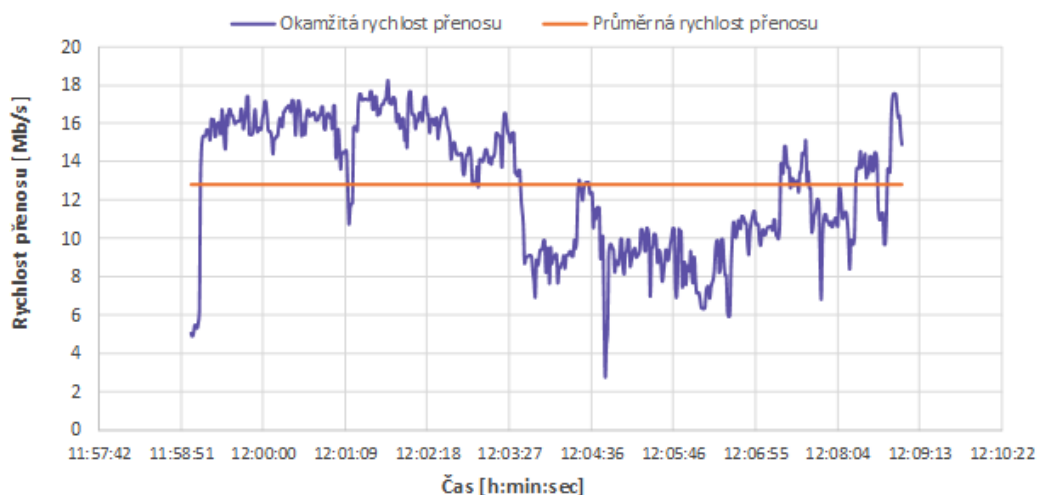
| Rádiové parametry: | Parametr   | min.   | max.   | avg.   |
|--------------------|------------|--------|--------|--------|
|                    | RSRP [dBm] | -109,8 | -101,2 | -104,8 |
|                    | SINR [dB]  | -0,9   | 14     | 10,0   |

| Datové parametry: | Parametr                  | min. | max. | avg.* | >2 Mb/s [%]** |
|-------------------|---------------------------|------|------|-------|---------------|
|                   | Rychlost stahování [Mb/s] | 2,8  | 18,3 | 12,8  | 100,0         |

\* Průměrná hodnota rychlosti stahování (požadavky aukce 1,5 Mbit/s)

\*\* Procento vzorků překračujících požadovanou hodnotu 2 Mbit/s (požadavky aukce 50%)

### Časový průběh rychlosti stahování dat



Záznam z měření datové rychlosti č.: 2011-371-00/1M

Obr. 6: Záznam o měření s vyhodnocením stacionárního měření skutečné přenosové rychlosti – stacionární měření.