

# **Raport z badania porównawczego wartości wskaźników jakości usług w sieciach ruchomych przedsiębiorców telekomunikacyjnych w Polsce**

Warszawa, 28 grudnia 2015 r.

## Spis treści

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 Wprowadzenie.....</b>                                   | <b>3</b>  |
| <b>2 Wyjaśnienia skrótów.....</b>                            | <b>4</b>  |
| <b>3 Cel i zakres badania.....</b>                           | <b>6</b>  |
| <b>4 Obszar i czas prowadzenia badania.....</b>              | <b>9</b>  |
| <b>5 Zespół prowadzący badania.....</b>                      | <b>12</b> |
| <b>6 Opis metody pomiarowej i scenariusze pomiarowe.....</b> | <b>13</b> |
| <b>7 Prezentacja wyników badania.....</b>                    | <b>18</b> |
| <b>8 Dokładność pomiarów.....</b>                            | <b>57</b> |
| <b>9 Podsumowanie wyników badania.....</b>                   | <b>63</b> |
| <b>10Załączniki.....</b>                                     | <b>70</b> |

# 1 Wprowadzenie

Badanie porównawcze wartości wskaźników jakości usług w sieciach ruchomych przedsiębiorców telekomunikacyjnych w Polsce zostało wykonane przez Systemics-PAB Sp. z o. o. przy wykorzystaniu posiadanych przez Spółkę systemów pomiarowych, bazodanowych i do przetwarzania danych pomiarowych i przygotowywania raportów.

Systemics-PAB otrzymał zamówienie w wyniku wyboru na podstawie rozpisanego przez Urząd Komunikacji Elektronicznej przetargu i w oparciu o podpisaną pomiędzy stronami w dniu 25 listopada 2015 r Umowę BFB-231-2/42/15 na „Przeprowadzenie badania porównawczego wartości wskaźników jakości usług w sieciach ruchomych Przedsiębiorców telekomunikacyjnych wraz z opracowaniem raportu z przeprowadzonego badania”.

Badania wykonano w dniach od 3 grudnia do 23 grudnia 2015 roku. Cztery jednostki pomiarowe wykonały w tych dniach ponad 550 godzin pomiarów w ruchu i stacjonarnych zarówno łącznie dla badania właściwego i referencyjnego. W trakcie pomiarów wykonano dla każdego z operatorów ponad 12 tysięcy połączeń głosowych i ponad 35 tysięcy różnych testów usług transmisji danych. Badanie właściwe odbywało się na terenie całego kraju przy wykorzystaniu kart SIM dostarczonych przez operatorów. Badanie referencyjne prowadzono na ograniczonym obszarze przy wykorzystaniu kart SIM zakupionych w publicznie dostępnych punktach sprzedaży operatorów. Celem pomiaru referencyjnego była weryfikacja czy karty dostarczone do pomiarów przez operatorów nie są kartami uprzywilejowanymi. Szczegółowe zestawienie ilości pomiarów znajduje się w rozdziale 4 Raportu.

Systemics-PAB jest pełnoprawnym członkiem ETSI od Listopada 2014 roku zaangażowanym w proces standaryzacji zaleceń odnośnie przyszłych sposobów oceny jakości usług telekomunikacyjnych.

# 2

## Wyjaśnienia skrótów

|                  |   |  |
|------------------|---|--|
| ETSI             | European Telecommunications Standards Institute | Europejski Instytut Norm Telekomunikacyjnych                                       |
| LTE              | Long Term Evolution                             | Standard rozwoju cyfrowych naziemnych sieci mobilnych czwartej generacji           |
| UMTS             | Universal Mobile Terrestrial System             | Standard rozwoju cyfrowych naziemnych sieci mobilnych drugiej generacji            |
| GSM              | Group Speciale Mobile                           | Standard rozwoju cyfrowych naziemnych sieci mobilnych trzeciej generacji           |
| 3GPP             | 3G Partnership Project                          | Instytucja powołane w celu rozwoju standardów cyfrowych naziemnych sieci mobilnych |
| CSSR             | Call Setup Success Rate                         | Wskaźnik skuteczności połączeń telefonicznych                                      |
| DCR              | Dropped Call Rate                               | Wskaźnik połączeń przerwanych  |
| MOS              | Voice Speech Quality                            | Wskaźnik jakości mowy  |
| MOS_PI           | Voice Speech Acceptable Quality Index           | Wskaźnik akceptowalnej jakości mowy  |
| MDR DL           | Mean Data Rate Downlink                         | Wskaźnik prędkości transmisji danych od stacji bazowej                             |
| MDR UL           | Mean Data Rate Uplink                           | Wskaźnik prędkości transmisji danych do stacji bazowej                             |
| RTT              | Round Trip Time                                 | Wskaźnik opóźnienia pakietów danych  |
| IPDV<br>(jitter) | IP packet delay variation                       | Wskaźnik zmienności opóźnienia   |
| IPLR             | IP packet loss ratio                            | Współczynnik utraty pakietów   |
| CST              | Call Set Up Time                                | Wskaźnik czasu zestawienia połączenia  |
| VCU              | Voice Codec Usage                               | Użycie kodeków głosowych   |
| DTU              | Data Technology Usage                           | Użycie technologii transmisji danych   |
| YSVD             | YouTube Successful Video Download               | YouTube prawidłowe pobranie klipu  |
| YRSD             | YouTube Reproduction Start Delay                | YouTube wskaźnik czasu do pierwszej ramki wideo                                    |
| YF               | YouTube Freezing                                | YouTube wskaźnik degradacji wideo  |
| HSFR             | HTTP Session Failure Ratio                      | HTTP wskaźnik nieudanych (nieukończonych) sesji                                    |

|                 |   |   |
|-----------------|---|---|
| HST             | HTTP Session Time                               | HTTP wskaźnik czasu sesji   |
| DHNRT           | DNS Host Name Resolution Time                   | DNS wskaźnik czasu rozwiązania nazw domenowych  |
| HIST<br>(UL/DL) | HTTP IP-Service Setup Time                      | HTTP wskaźnik czasu ustanowienia połączenia TCP/IP<br>mierzony również dla usługi transmisji danych |
| WWW<br>Kepler   | Reference WWW page                              | Referencyjna strona WWW   |
| TCP/IP          | Transmission Control Protocol/Internet Protocol | Teoretyczny model warstwowej struktury protokołów komunikacyjnych                                   |
| Free<br>Mode    | Automatic Selection Mode 2/3/4G                 | Automatyczny wybór sieci 2/3/4G   |
| Dual<br>Mode    | Automatic Selection Mode 2/3G                   | Automatyczny wybór sieci 2/3G   |
| Ping            | diagnostic software for computer network        | Program służący do diagnozowania połączeń sieciowych.   |
| HD              | High Definition of video                        | Obraz wideo o wysokiej rozdzielczości   |
| PLIX            | Polish IP traffic exchange point                | Krajowy (polski) punkt wymiany ruchu IP   |
| MTU             | Maximum Transmit Unit                           | Maksymalna jednostka transmisji   |
| CIR             | Committed Information Rate                      | Przepływność gwarantowana   |
| Karta<br>SIM    | Subscriber Identity Module                      | Karta abonencka   |
| ISDN            | Integrated Services Digital Network             | Sieć cyfrowa z integracją usług   |
| CI              | Confidence Interval                             | Przedział ufności   |
| MOC             | Mobile Originated Call                          | Rozmowa wychodząca  |
| FDTT            | Fixed Data Transfer Time                        | Transmisja danych w stałym odcinku czasu  |

# 3

## Cel i zakres badania

Celem projektu było zbadanie jakości usług telekomunikacyjnych w sieciach przedsiębiorców telekomunikacyjnych w Polsce posiadających własną infrastrukturę naziemnej ruchomej sieci telekomunikacyjnej. Badanie zostało przeprowadzone na terenie całej Polski dla reprezentatywnej próbki badawczej określonej w SIWZ będącym załącznikiem do Umowy na wykonanie przedmiotu umowy.

Badano usługi mające bezpośredni wpływ na percepcję użytkowników sieci. Wyliczono następujące wskaźniki jakości usług (zarówno wymaganych przez UKE jak i dodatkowo zadeklarowanych przez Systemics-PAB w procesie wyboru wykonawcy badania):

Dla usługi telefonicznej badano i określono:

- wskaźnik skuteczności połączeń telefonicznych (Call Setup Success Rate), pkt. 1.2.1. Załącznika do Umowy
- wskaźnik połączeń przerwanych (Dropped Call Rate), pkt. 1.2.2. Załącznika do Umowy
- wskaźnik jakości mowy (Voice Speech Quality), pkt. 1.2.3. Załącznika do Umowy
- Wskaźnik czasu zestawienia połączenia głosowego

Czas zestawienia połączenia jest istotnym elementem oceny percepcji usług przez klientów.

- Użycie kodeków w połączeniach głosowych

Wskaźnik powiązany z oceną MOS pozwala na lepsze zrozumienie uzyskiwanych wartości MOS jeśli są one niskie.

Dla usługi dostępu do Internetu badano i określono:

- wskaźnik prędkości transmisji danych (Mean Data Rate), pkt. 1.2.4. Załącznika do Umowy. Stosowano specjalny scenariusz pomiarowy zapewniający synchronizację cykli pomiarowych w celu uniknięcia nakładania się pomiarów T-Mobile i Orange obciążających nienaturalnie współdzieloną sieć LTE. Scenariusz zakładał wykonywanie testów pobierania danych w sieci operatora T-Mobile w czasie kiedy w sieci operatora Orange prowadzony był test wysyłania

danych do sieci i odwrotnie. Utrzymanie synchronizacji scenariuszy pomiarowych zapewniało przerywanie pomiarów w odstępach 2,5-3 godzin i restart systemu pomiarowego.

- wskaźnik opóźnienia pakietów danych (Round Trip Time), pkt. 1.2.5. Załącznika do Umowy
- wskaźnik zmienności opóźnienia (jitter), pkt. 1.2.6. Załącznika do Umowy
- wskaźnik utraty pakietów (Packet Loss Rate), pkt. 1.2.7. Załącznika do Umowy
- Użycie technologii dla transmisji danych

Wskaźnik powiązany z wskaźnikami prędkości transmisji danych pozwala na lepsze zrozumienie powodów osiągniętych wartości przepływności.

- YouTube prawidłowe pobranie klipu wideo

YouTube jest jedną z najpopularniejszych usług w sieciach komórkowych. Wydaje się naturalnym zbadania jakości świadczenia tej usługi. Wskaźnik określa dostępność usługi.

- YouTube wskaźnik czasu pierwszej ramki wideo

Wskaźnik określa czas oczekiwania na rozpoczęcie odtwarzania klipów z serwisu YouTube.

- YouTube wskaźnik zatrzymań odtwarzania wideo

Wskaźnik określa częstość zatrzymań odtwarzania klipów z serwisu YouTube.

- HTTP wskaźnik nieudanych sesji do strony Kepler

Podobnie jak YouTube jest jedną z najpopularniejszych usług w sieciach komórkowych. Wskaźnik określa dostępność usługi. Badanie jest realizowane poprzez połączenia do reprezentatywnej strony WWW typu Kepler.

- HTTP wskaźnik czasu sesji dla strony Kepler

Wskaźnik określa czas ładowania pojedynczej kompletnej strony. Badanie jest realizowane poprzez realizację testowych połączeń do reprezentatywnej strony WWW typu Kepler.

- DNS wskaźnik czasu rozwiązania nazw domenowych

Czas rozwiązania nazw domenowych wpływa na czas dostępu do stron internetowych.

- HTTP wskaźnik czasu ustanowienia połączenia TCP/IP

Czas dostępu do usług TCP/IP, który wpływa na szybkość działania usługi transmisji danych DL, UL, HTTP.

Określono również wskaźniki radiowe - poziom i jakość sygnału radiowego - mierzone podczas trwania połączenia czyli w trybie dedykowanym. Wskaźniki te pozwalają na określenie sposobu korzystania z przydzielonych operatorom częstotliwości i umożliwiają analizę jakości rozwoju sieci dostępowej operatora. Wskaźniki dają informację o tym jaka była struktura użycia GSM/UMTS/LTE dla połączeń testowych natomiast nie umożliwiają określenia zasięgu sieci i bezpośredniego porównania zasięgów operatorów.

Definicje mierzonych wskaźników przedstawiono w Załączniku 3 do Raportu.



# 4 Obszar i czas prowadzenia badania

Czasy i terminy wykonywania pomiarów w całej Polsce przedstawiono w Tabeli 1.

|                             | Data Start | Data Stop | Czas[gg:mm] |
|-----------------------------|------------|-----------|-------------|
| Czas pomiarów w ruchu       | 03-12-15   | 22-12-15  | 431:37      |
| Czas pomiarów stacjonarnych | 03-12-15   | 22-12-15  | 87:03       |

Tabela 1. Okres i czas prowadzenia testów

Ilości wykonanych testów przedstawia Tabela 2.

| Statystyka testów                | Orange | Play   | Plus   | T-Mobile |
|----------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| Połączenia głosowe               | 12 326 | 12 429 | 12 248 | 12 400   |
| Test transferu danych - Download | 6 093  | 6 001  | 6 174  | 5 799    |
| Test transferu danych - Upload   | 5 779  | 5 628  | 5 924  | 6 092    |
| Test opóźnienia pakietów danych  | 5 981  | 5 833  | 6 130  | 6 002    |
| Test zmienności opóźnienia       | 5 748  | 5 571  | 5 900  | 5 802    |
| Test referencyjnej strony WWW    | 5 730  | 5 541  | 5 879  | 5 755    |
| Test YouTube                     | 5 538  | 5 098  | 5 708  | 5 620    |

Tabela 2. Ilości testów dla przeprowadzonego badania właściwego

Szczegółowe dane statystyczne dla każdego miasta i każdego typu agregacji znajdują się w Załączniku 1, który jest zestawieniem tabelarycznym wyników.

Czasy i terminy wykonywania pomiarów referencyjnych przedstawiono w Tabeli 3.

| Statystyka testowania       | Data Start | Data Stop | Czas [gg:mm] |
|-----------------------------|------------|-----------|--------------|
| Czas pomiarów w ruchu       | 16-12-15   | 22-12-15  | 32:48        |
| Czas pomiarów stacjonarnych | 16-12-15   | 22-12-15  | 04:47        |

Tabela 3. Okres i czas prowadzenia testów

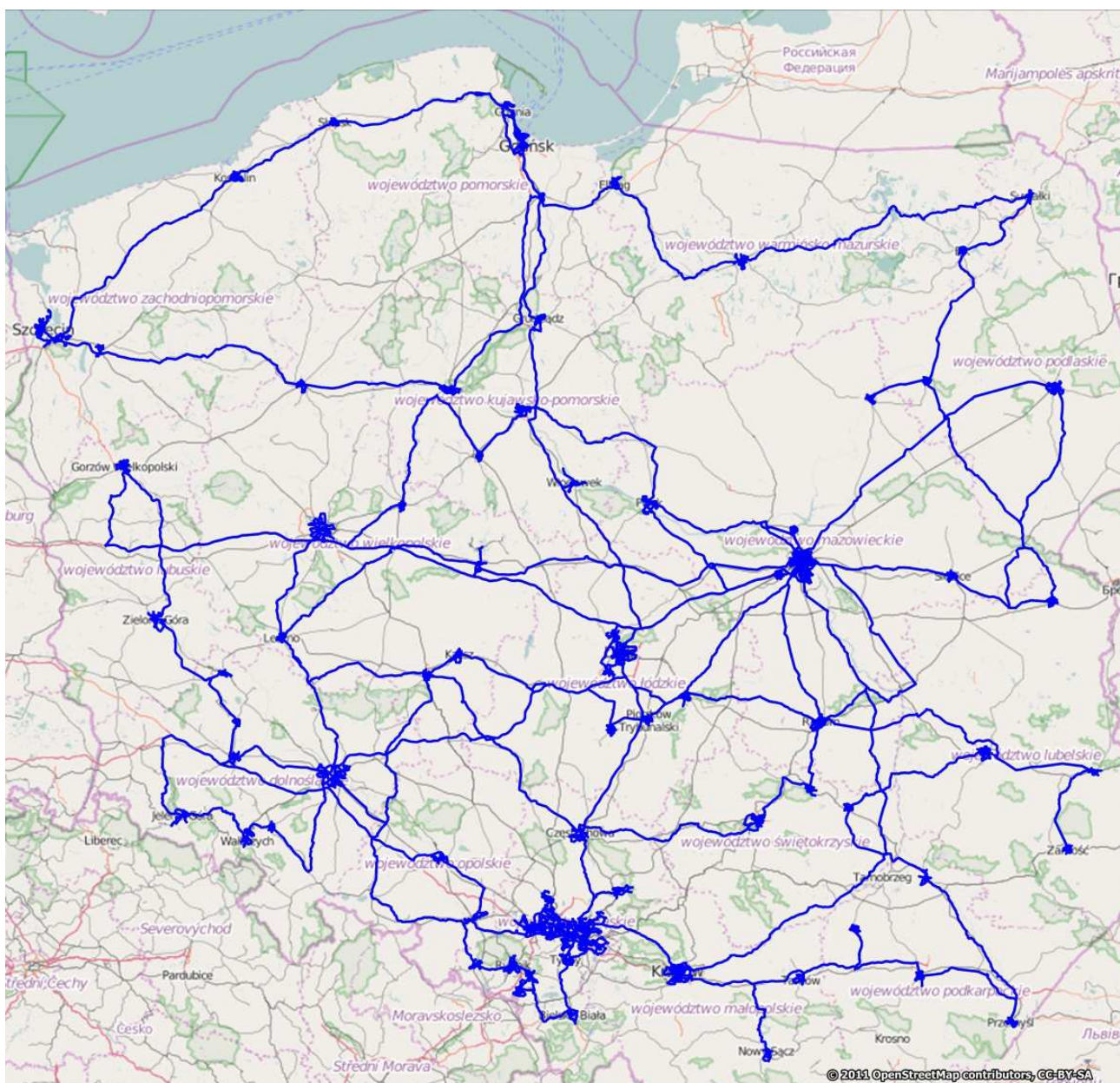
Ilości wykonanych testów referencyjnych przedstawia Tabela 4.

| Statystyka testów                | Orange | Play | Plus | T-Mobile |
|----------------------------------|--------|------|------|----------|
| Połączenia głosowe               | 815    | 829  | 813  | 808      |
| Test transferu danych - Download | 419    | 420  | 435  | 414      |

|                                 |     |     |     |     |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Test transferu danych - Upload  | 402 | 407 | 416 | 433 |
| Test opóźnienia pakietów danych | 412 | 417 | 430 | 428 |
| Test zmienności opóźnienia      | 402 | 406 | 413 | 411 |
| Test referencyjnej strony WWW   | 402 | 405 | 413 | 411 |
| Test YouTube                    | 387 | 373 | 396 | 401 |

Tabela 4. Ilości testów dla przeprowadzonego badania

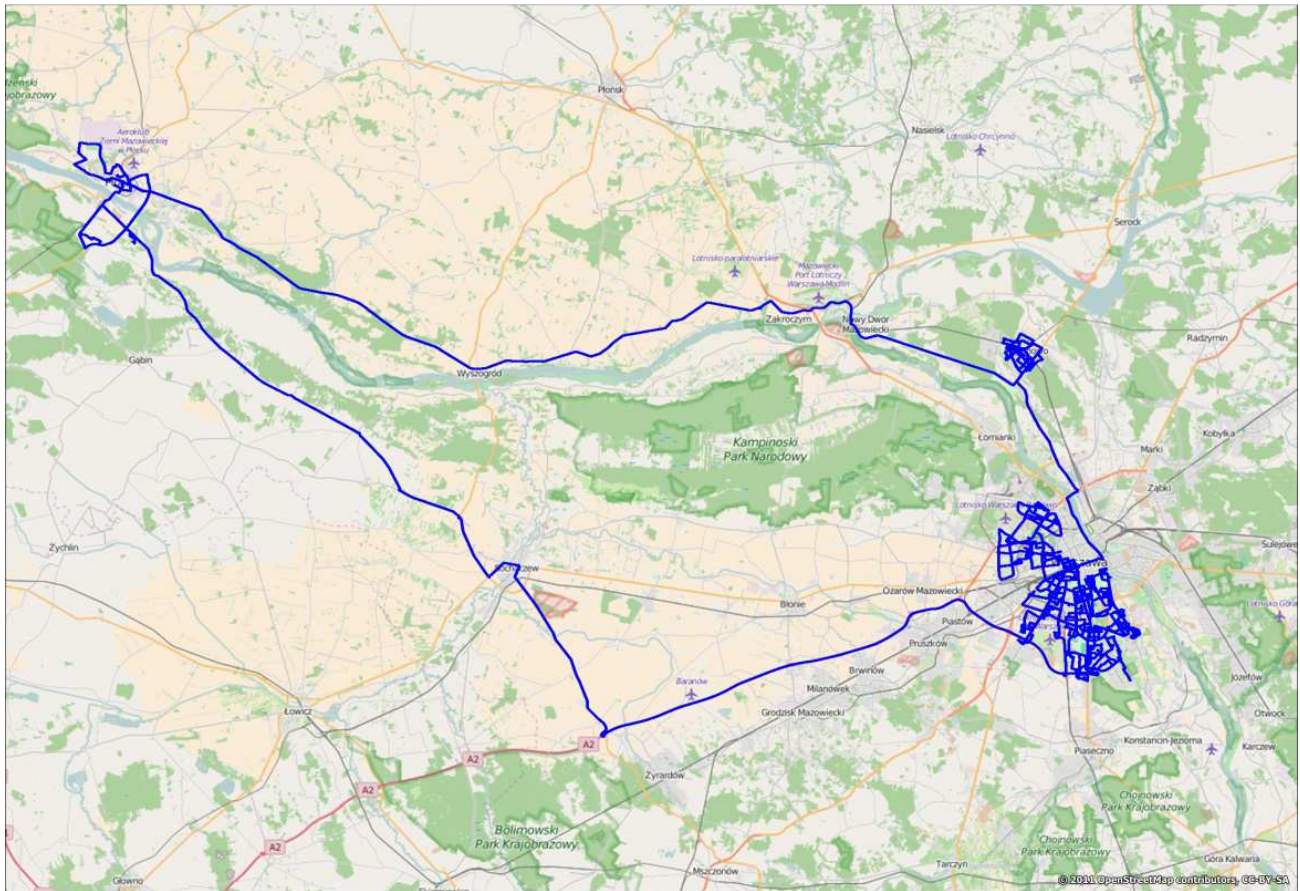
Na Mapie 1. przedstawiono przebieg tras pomiarowych w całej Polsce.



Mapa 1. Przebieg tras pomiarowych dla przeprowadzonego badania właściwego



Na mapie 2 przedstawiono przebieg tras pomiarowych dla badania referencyjnego na obszarze województwa mazowieckiego.



*Mapa 2. Przebieg tras pomiarowych dla przeprowadzonego badania referencyjnego*

Szczegółowy zrealizowany harmonogram pomiarów zawiera Załącznik 6 do Raportu.

Łączna długość tras pomiarowych dla pomiarów właściwych to 20150 km. W pomiarze referencyjnym wykonano pomiary na trasie 1200 km.

# 5

## Zespół prowadzący badania

Do realizacji badań zgodnie z zapisami Umowy na „Przeprowadzenie badania porównawczego wartości wskaźników jakości usług w sieciach ruchomych Przedsiębiorców telekomunikacyjnych wraz z opracowaniem raportu z przeprowadzonego badania” par. 8 ust. 1 i 2 oraz par. 11 ust. 1 pkt. 2) Umowy BFB-231-2/42/15 z dnia 25 listopada 2015 r. Systemics-PAB Spółka z o. o. w dniu 30 listopada 2015 roku powołała zespół projektowy w skład którego weszło 16 osób.

# 6

## Opis metody pomiarowej i scenariusze pomiarowe

### Przygotowanie systemu pomiarowego

Systemics-PAB posiada certyfikację ISO 9001 w zakresie zarządzania jakością prowadzonych pomiarów i badań. Stosowane w Spółce reguły zapewniają poprawność danych pomiarowych oraz wiarygodność badań.

Kontrola sprzętu i wstępne testy były przeprowadzone na każdym etapie procesu pomiarowego:

- kontrola montażu systemu pomiarowego według ściśle określonych procedur,
- konfiguracja systemu pomiarowego odbywała się przez wykwalifikowanego inżyniera zgodnie ze specyfikacją techniczną wymaganą do przeprowadzenia badania, zakładaną konfiguracją sprzętu i przygotowanymi scenariuszami pomiarowymi,
- w kolejnym etapie jest wykonano testy, które przeszły pełny proces pozyskania, weryfikacji i przetwarzania danych, a po pozytywnej weryfikacji system został zatwierdzony jako gotowy do rozpoczęcia pomiarów,
- w przypadku wprowadzania zmian sprzętowych lub konfiguracyjnych w trakcie pomiarów lub demontażu systemu na czas przerw w pomiarach system przechodził pełny proces weryfikacji,
- niezależnej kontroli przed rozpoczęciem pomiarów podlegał układ antenowy, wszystkie tory antenowe były poddane kontroli jakości, wynikiem testów jest raport z pomiaru anten który zawiera oddzielne wyniki dla każdej anteny używanej w jednostce pomiarowej
- codziennie przed rozpoczęciem pomiarów układ antenowy był sprawdzany przez specjalistę pomiarowego aby w wypadku zauważenia jakiegokolwiek uszkodzenia toru antenowego był on naprawiony. Zdarzenia tego nie odnotowano podczas pomiarów.

### Proces pomiarowy:

1. Dla każdego z samochodów został przygotowany harmonogram pomiaru.
2. Mapy pomiarowe zawierające drogi po których porusza się auto pomiarowe zostały przygotowane zgodnie z harmonogramem pomiarów dla wybranych tras spełniających wymogi zamawiającego.
3. Po każdej sesji pomiarowej, która trwa maksymalnie 2,5-3 godziny dane zapisywane były na zewnętrznym nośniku. Mechanizm ten zapewnia bezpieczeństwo danych i utratę zbyt dużej ilości testów w przypadku awarii systemu. Jednocześnie pozwala też na synchronizację cykli

pomiarowych w celu uniknięcia nakładania się pomiarów T-Mobile i Orange obciążających nienaturalnie współdzieloną sieć LTE.

4. Codziennie po zakończeniu pomiarów dane wysyłany są na główny serwer przewarzenia danych pomiarowych. Wraz z nimi przesyłany był dodatkowy log pomiarowy który wypełnia specjalista pomiarowy podczas pomiarów.
5. Po codziennym zaimportowaniu danych pomiarowych wykonywana jest weryfikacja poprawności danych i tworzone są informacje kontrolne, które pokazują zgodność pomiaru z harmonogramem i zakresem pomiarów. W przypadku braków specjalista pomiarowy dostaje informacje o konkretnym obszarze w którym należy powtórzyć pomiar.
6. Zweryfikowane kompletne dane pomiarowe są umieszczane w bazie danych w celu dalszej analizy i przygotowania raportów.

### **Scenariusz testu jakości usługi głosu w trybie Dual Mode**

| Parametr                        | Wartość            | Komentarz  |
|---------------------------------|--------------------|--|
| Window Duration                 | 153 sec            |  |
| Use call duration to abort call | YES                |  |
| Allow call re-establishment     | YES                |  |
| Call duration                   | 120 sec            | Wykorzystywany do pomiarów CSSR, DCR, CST, VCU, MOS_PI |
| Pause duration                  | 30 sec             |  |
| 1st call setup delay            | 3 sec              |  |
| Guard time                      | 10 sec             |  |
| No call setup time              | 120 sec            |  |
| MOC:MTC Ratio                   | 1:0                |  |
| Pause after failed call         | 60 sec             |  |
| Max failed calls                | 1                  |  |
| Pause after max failed calls    | 60 sec             |  |
| Average call setup time         | 20 sec             |  |
| Max call setup time             | 20 sec             |  |
| Alerting timeout                | 20 sec             |  |
| Test                            | Speech-P.862/P.863 | Metoda oceny jakości głosu dla MOS_PI                  |
| Record hang-over                | 2 sec              |  |
| Reference sample                | Pl-fm_IRS.wav      |  |
| Number of samples               | 10                 |  |
| Sample direction                | Alternated         |  |
| Save WAV files                  | <= 3               |  |

Tabela 6. Scenariusz pomiarowy dla usług głosowych

Do pomiaru jakości usług głosowych służyły terminale pomiarowe zgodnie ze specyfikacją podaną w Załączniku 7 do Raportu. Terminale pomiarowe miały włączoną transmisję danych, aby zapewnić w jak najlepszym stopniu odzwierciedlenie zachowania terminala abonenckiego, który w trakcie rozmów dokonuje transmisji danych np. synchronizacje z pocztą.

### **Scenariusz testu usługi transmisji danych w trybie Free Mode**

| Parametr          | Timeout | Pauza | Serwer        | Zawartość     | Komentarz   |
|-------------------|---------|-------|---------------|---------------|---|
| Reselection Pause |         | 30s   |               |               |   |
| PDP Activation    | 150 sec | 1 sec |               |               |   |
| Capacity Download | 65 sec  | 1 sec | 185.40.196.66 | 2GB.bin       | Do realizacji pomiarów MDR DL, HIST, HSRF.  |
| 10x HTTP Transfer | 10 sec  | 1 sec | 185.40.196.66 | 1kB.bin       | W celu odseparowania testów DL i UL   |
| Capacity Upload   | 65 sec  | 1 sec | 185.40.196.66 | 512MB.bin     | Do realizacji pomiarów MDR UL, HIST, HSRF.  |
| 25x PING          | 1 sec   | 1 sec | 185.40.196.66 | 32B           | Maksymalny czas trwania całej sekwencji to 30 sekund. Interwał 100ms. Test wykorzystywany do realizacji pomiarów RTT, IPLR, IPDV. |
| HTTP Browser      | 23 sec  | 1 sec | 185.40.196.66 | Kepler mobile | Do realizacji pomiarów HIST, HST, HSRF.   |
| YouTube HD        | 45 sec  | 0 sec | YouTube       | 720p, 30s     | Do realizacji wskaźników YSVD, YF, YRSD, DHNRT.   |
| PDP Deactivation  | 30 sec  | 1 sec |               |               |   |

Tabela 7. Scenariusz pomiarowy dla usług transmisji danych

Do pomiaru jakości transmisji danych zastosowano smartfony pracujące w trybie modemu.

### **Zasady prowadzenia pomiaru**

W badaniach wykorzystywano cztery zestawy pomiarowe w takiej konfiguracji i z takimi parametrami, że pozwalały na wykonywanie pomiarów wykorzystując wszystkie dostępne u operatorów pasma częstotliwości, technologie i oferowane usługi będące przedmiotem badania. Zestawy pomiarowe ulokowane były w bagażniku każdego z samochodów. Anteny zestawu pomiarowego były umieszczone na dachu samochodu w dedykowanym bagażniku dachowym. Każdy operator był badany takim samym zestawem terminalem pomiarowym w zakresie danej usługi. Obszar i czas/okres wykonywania pomiarów był taki sam dla wszystkich Przedsiębiorców

telekomunikacyjnych. W przypadku, kiedy z winy systemu pomiarowego, nastąpiło przerwanie pomiarów dla któregoś z przedsiębiorców, pomiary były zatrzymane i uruchomione ponownie po usunięciu usterki. Ze względu na różne zachowanie poszczególnych badanych sieci czas wykonywania poszczególnych sekwencji testowych może być różny dla przedsiębiorców. Skutkowało to nieznacznymi różnicami w ilości wykonanych pomiarów dla każdego operatora w czasie tego samego okresu pomiarowego. W celu zapewnienia możliwości pomiaru usług dla przedsiębiorców korzystających z roamingu krajowego nie były wykorzystywane żadne mechanizmy blokujące ten tryb pracy w terminalach pomiarowych.

Zestawy pomiarowe wykorzystywane w badaniach wykonywały pomiary zgodne ze standardem ETSI TS 102 250.

Scenariusze pomiarowe przygotowane zostały w taki sposób, aby terminale testowe automatycznie dokonywały wyboru technologii dla badanych usług.

Do badania usługi dostępu do Internetu był stosowany Protokół TCP, a parametry stosu TCP/IP zaplanowano tak, aby nie wpływały na ograniczenia prędkości transmisji danych. Wielkość MTU przyjęto na 1420.

Serwer testowy dla transmisji danych umieszczony był w domenie publicznej, aby uniknąć faworyzowania, któregośkolwiek z przedsiębiorców. Serwer testowy dla transmisji danych podłączony jest szerokopasmowym łączem transmisyjnym o CIR wystarczającym na wykonywanie równoczesnych pomiarów dla wszystkich badanych operatorów i dla planowanej liczby użytych samochodów pomiarowych. Wartość CIR jest określona w taki sposób, aby nie wprowadzać ograniczeń w prędkości transmisji danych nawet w przypadku, kiedy wszystkie terminale równocześnie transmitowały dane z maksymalną prędkością transmisji. Dla przedmiotowych pomiarów wartość CIR ustawiono na 800Mb/s. Serwer testowy dla transmisji danych (kolokacja w firmie Etop Sp. z o. o.) był połączony z siecią Internet bezpośrednim łączem do krajowego punktu wymiany ruchu internetowego - PLIX.

Server testowy dla usług głosowych był realizowany, jako specjalizowany serwer odzewowy dla połączeń typu MOC. Serwer był zlokalizowany w firmie Systemics-PAB i podłączony z sieciami innych operatorów łączami dostarczonymi przez Orange Polska SA.

Pomiary odbywały się w taki sposób, aby poruszające się po drogach publicznych samochody pomiarowe nie stanowiły zagrożenia dla ruchu i nie blokowały możliwości korzystania z dróg innym użytkownikom. Średnie prędkości pomiarów nie przekraczały 25-30 km/h dla aglomeracji, 35-45 km/h dla miast i 65-85km/h dla dróg. Wynikało to głównie z natężenia ruchu drogowego. Pomiary



w punktach stacjonarnych wykonywały te same zestawy pomiarowe po zatrzymaniu w planowanym punkcie. Wyniki pomiarów z punktów stacjonarnych zapisywane były w oddzielnych plikach.

Systemics-PAB wykonał także pomiary referencyjnych zgodnie z punktem 1.18 załącznika do Umowy. Po uzgodnieniu z przedstawicielami UKE pomiary referencyjne odbyły się na terenie województwa mazowieckiego.

Karty SIM zarówno do pomiarów podstawowych jak i referencyjnych dostarczone zostały przez UKE.

### **Zapewnienie nierównoczesnego testowania sieci Orange i T-Mobile**

Dla operatorów T-Mobile i Orange, którzy korzystają ze wspólnych zasobów częstotliwości sieci dostępowej LTE, testy szybkości transmisji Download/Upload zostały zamienione miejscami w scenariuszach pomiarowych by wyeliminować jednoczesny transfer z terminali testowych, działających na wspólnej sieci tych operatorów, równocześnie w tym samym kierunku. Startując testy z taką konfiguracją początkową zapewniamy desynchronizację tych testów. Ponowna synchronizacja scenariuszy odbywała się w chwili zgrywania danych pomiarowych i tworzenia kopii bezpieczeństwa tych danych co 2-3 godziny. Takie działanie pozwalało ograniczyć możliwość nakładania się testów szybkości transmisji w tym samym kierunku, gdyż ze względu na różny czas trwania cyklu pomiarowego u każdego operatora (wynikający np. z szybkości transmisji danych dla innych badanych usług, upływania czasów timeoutów w przypadkach problemów z nawiązaniem komunikacji) system pomiarowy nie jest w stanie zapewnić, że synchronizacja początkowa scenariuszy będzie trwała.

W badaniach przeprowadzonych dla UKE ilość nachodzących na siebie sekundowych próbek transmisji danych wynosiła: 6,2% dla aglomeracji, 5,5% dla miast i 5,7% dla dróg.

Na przykładzie aglomeracji, dla których procent nakładania się próbek był najwyższy dokonano analizy wyników MDR\_UL i MDR\_DL uzyskanych bez usuwania nakładających się próbek, czyli tak jak to przedstawiono w raporcie, z wynikami po usunięciu próbek nakładających się.

Różnica w otrzymanych wartościach dla aglomeracji została wyliczona:

- dla MDR\_DL na poziomie 2,69% dla Orange i 3,04% dla T-Mobile,
- dla MDR\_UL na poziomie 2,79% dla Orange i 2,40% dla T-Mobile.

# 7

## Prezentacja wyników badania

Na podstawie zebranych danych przygotowano szczegółowe raporty tabelaryczne dla każdego z miast i dla agregacji: cała Polska, Aglomeracje, Miasta i Drogi. Znajdują się one w Załączniku 1 do Raportu w oznakowanych zakładkach z nazwą agregacji. W każdej zakładce na początku znajdują się tabele z wynikami dla całej aglomeracji, a następnie poniżej dla każdego z jej składników (np. zakładka dla aglomeracji zawiera wskaźniki dla całej agregacji i poniżej dla poszczególnych miast/aglomeracji wchodzących w skład tej agregacji). Podobnie zorganizowany jest Załącznik 2 dedykowany pomiarom referencyjnym. Załącznik 4 do Raportu zawiera dodatkowe analizy z pomiaru głównego przedstawiające dla wymaganych agregacji wartość MDR\_DL i MDR\_UL dla łącznego czasu pomiaru szybkości transmisji danych w scenariuszu wynoszącego 60s (3x20s) i rozkład wskaźnika MOS w przedziałach:

- $MOS < 3$ ;
- $3 \leq MOS < 3,3$ ;
- $3,3 \leq MOS < 3,6$ ;
- $3,6 \leq MOS$

Załącznik 5 do Raportu zawiera takie same informacje dodatkowe jak załącznik 4 ale dla pomiaru referencyjnego.

W niniejszym rozdziale Raportu zawarto prezentacje wyników badań i ogólną interpretację.

## Wyniki badań zagregowane dla całego kraju

W tabeli 8 zebrano wyniki badań jakości usług telekomunikacyjnych zagregowane dla całego kraju.

|  |                | Orange | Play   | Plus   | T-Mobile |
|--|----------------|--------|--------|--------|----------|
| Wskaźnik skuteczności połączeń telefonicznych    | CSSR [%]       | 99,28  | 99,49  | 98,98  | 99,37    |
| Wskaźnik czasu zestawienia połączenia            | CST [s]        | 4,37   | 4,10   | 3,41   | 3,87     |
| Wskaźnik połączeń przerwanych                    | DCR [%]        | 0,31   | 0,24   | 0,73   | 0,22     |
| Wskaźnik jakości mowy                            | MOS_PI [%]     | 99,77  | 99,90  | 99,54  | 99,80    |
| Wskaźnik prędkości transmisji danych DL          | MDR_DL [Mb/s]  | 19,66  | 12,43  | 25,19  | 20,64    |
| Wskaźnik czasu ustanowienia połączenia TCP/IP DL | HIST [ms]      | 791,00 | 752,00 | 479,00 | 498,00   |
| Wskaźnik nieukończonych sesji DL                 | HSFR [%]       | 1,61   | 4,52   | 0,42   | 1,10     |
| Wskaźnik prędkości transmisji danych UL          | MDR_UL [Mb/s]  | 15,85  | 12,60  | 17,71  | 16,87    |
| Wskaźnik czasu ustanowienia połączenia TCP/IP UL | HIST [ms]      | 376,00 | 331,00 | 162,00 | 521,00   |
| Wskaźnik nieukończonych sesji UL                 | HSFR [%]       | 1,21   | 4,76   | 0,68   | 2,38     |
| HTTP wskaźnik czasu sesji                        | HST [s]        | 2,56   | 3,06   | 2,59   | 2,61     |
| Wskaźnik czasu ustanowienia połączenia TCP/IP    | HIST (DL) [ms] | 455,00 | 417,00 | 492,00 | 626,00   |
| Wskaźnik nieukończonych sesji                    | HSFR [%]       | 2,36   | 4,71   | 0,71   | 2,24     |
| Wskaźnik opóźnienia pakietów danych              | RTT [ms]       | 97,70  | 129,45 | 105,54 | 93,66    |
| Współczynnik utraty pakietów                     | IPLR [%]       | 6,00   | 7,88   | 1,78   | 1,95     |
| Wskaźnik zmienności opóźnienia                   | IPDV [ms]      | 22,81  | 25,90  | 22,02  | 25,56    |
| YouTube prawidłowe pobranie klipu                | YSVD [%]       | 99,66  | 98,72  | 99,30  | 99,88    |
| YouTube wskaźnik czasu do pierwszej ramki wideo  | YRSD [s]       | 1,41   | 2,00   | 1,58   | 1,37     |
| YouTube wskaźnik degradacji wideo                | YF [%]         | 1,97   | 6,20   | 3,25   | 1,82     |
| DNS wskaźnik czasu rozwiązania nazw domenowych   | DHNRT [s]      | 0,43   | 0,29   | 0,28   | 0,34     |

Tabela 8. Zestawienie wyników badań – cała Polska

Uzyskane wyniki badań pokazują wysoka jakość usług telekomunikacyjnych oferowanych przez polskich operatorów.

Usługi połączeń głosowych są realizowane z prawdopodobieństwem 99% i lepszym. Połączenia są zestawiane w krótkim czasie i rzadko zrywane (poniżej 1% połączeń).

Bardziej zróżnicowane wyniki uzyskano dla usługi transmisji danych. Możemy tu zauważyć wyraźnie lepsze wyniki sieci Plus, za którą z podobnymi wynikami plasują się Orange i T-Mobile. Wyniki Play są w tej kategorii najłabsze.

W przypadku dodatkowo badanych usług przeglądania stron WWW (http browsing) i oglądania klipów video wyniki operatorów są zbliżone. W przypadku sieci Plus uwagę zwraca najlepszy wynik dla wskaźników IPLR i HSFR, natomiast sieci Orange i T-Mobile mogą się pochwalić najmniejszym stopniem degradacji sygnału wideo określanym wskaźnikiem YF.

## Wyniki badań zagregowane dla Aglomeracji

W tabeli 9 zebrano wyniki badań jakości usług telekomunikacyjnych zagregowane dla Aglomeracji (GOP, Szczecin, Warszawa, Kraków, Łódź, Poznań, Trójmiasto, Wrocław).

|  |                | Orange | Play   | Plus   | T-Mobile |
|--|----------------|--------|--------|--------|----------|
| Wskaźnik skuteczności połączeń telefonicznych    | CSSR [%]       | 99,61  | 99,53  | 99,37  | 99,48    |
| Wskaźnik czasu zestawienia połączenia            | CST [s]        | 4,00   | 4,07   | 3,37   | 3,58     |
| Wskaźnik połączeń przerwanych                    | DCR [%]        | 0,19   | 0,05   | 0,62   | 0,13     |
| Wskaźnik jakości mowy                            | MOS_PI [%]     | 99,85  | 100,00 | 99,79  | 99,98    |
| Wskaźnik prędkości transmisji danych DL          | MDR_DL [Mb/s]  | 20,83  | 13,48  | 31,31  | 22,70    |
| Wskaźnik czasu ustanowienia połączenia TCP/IP DL | HIST [ms]      | 398,00 | 379,00 | 354,00 | 240,00   |
| Wskaźnik nieukończonych sesji DL                 | HSFR [%]       | 0,76   | 1,13   | 0,04   | 1,04     |
| Wskaźnik prędkości transmisji danych UL          | MDR_UL [Mb/s]  | 19,73  | 14,63  | 21,22  | 21,26    |
| Wskaźnik czasu ustanowienia połączenia TCP/IP UL | HIST [ms]      | 138,00 | 212,00 | 92,00  | 216,00   |
| Wskaźnik nieukończonych sesji UL                 | HSFR [%]       | 0,48   | 1,39   | 0,00   | 2,25     |
| HTTP wskaźnik czasu sesji                        | HST [s]        | 2,38   | 2,94   | 2,32   | 2,30     |
| Wskaźnik czasu ustanowienia połączenia TCP/IP    | HIST (DL) [ms] | 341,00 | 285,00 | 373,00 | 626,00   |
| Wskaźnik nieukończonych sesji                    | HSFR [%]       | 0,80   | 1,18   | 0,00   | 2,70     |
| Wskaźnik opóźnienia pakietów danych              | RTT [ms]       | 61,32  | 107,39 | 86,66  | 58,45    |
| Współczynnik utraty pakietów                     | IPLR [%]       | 1,84   | 2,33   | 0,31   | 0,58     |
| Wskaźnik zmienności opóźnienia                   | IPDV [ms]      | 18,12  | 22,37  | 18,76  | 14,63    |
| YouTube prawidłowe pobranie klipu                | YSVD [%]       | 99,55  | 98,76  | 99,96  | 99,96    |
| YouTube wskaźnik czasu do pierwszej ramki wideo  | YRSD [s]       | 1,34   | 2,00   | 1,18   | 1,23     |
| YouTube wskaźnik degradacji wideo                | YF [%]         | 1,69   | 5,34   | 0,83   | 0,85     |
| DNS wskaźnik czasu rozwiązania nazw domenowych   | DHNRT [s]      | 0,21   | 0,16   | 0,20   | 0,14     |

Tabela 9. Zestawienie wyników badań – Aglomeracje

Uzyskane wyniki badań dla aglomeracji pokazują wysoka jakość usług telekomunikacyjnych oferowanych przez polskich operatorów.

Usługi połączeń głosowych są realizowane z prawdopodobieństwem 99% i lepszym. Połączenia są zestawiane w krótkim czasie i rzadko zrywane (poniżej 1% połączeń).

Bardziej zróżnicowane wyniki uzyskano dla usługi transmisji danych. Możemy tu zauważyć wyraźnie lepsze wyniki sieci Plus, za którą z podobnymi wynikami plasują się Orange i T-Mobile. Wyniki Play są w tej kategorii najgorsze. Wartości wskaźnika MDR\_UL w sieciach Plus, Orange i T-Mobile są zbliżone pomimo tego, że Plus dysponuje dla LTE blokiem częstotliwości 20MHz wyłącznie dla siebie, a Orange i T-Mobile współdzielą 15MHz.

W przypadku dodatkowo badanych usług przeglądania stron WWW (http browsing) i oglądania klipów video najlepiej wypadła sieć Plus. W sieci Play odtwarzanie klipów wideo zaczynała się później niż u pozostałych operatorów (wskaźnik YRSD) i częściej występowała degradacja jakości odtwarzania (wskaźnik YF).

## Wyniki badań zagregowane dla Miast

W tabeli 10 zebrano wyniki badań jakości usług telekomunikacyjnych zagregowane dla miast powyżej 50 tysięcy mieszkańców z wyłączeniem Aglomeracji.

|  |                | Orange | Play   | Plus   | T-Mobile |
|--|----------------|--------|--------|--------|----------|
| Wskaźnik skuteczności połączeń telefonicznych    | CSSR [%]       | 99,65  | 99,71  | 99,52  | 99,68    |
| Wskaźnik czasu zestawienia połączenia            | CST [s]        | 4,66   | 3,95   | 3,35   | 4,14     |
| Wskaźnik połączeń przerwanych                    | DCR [%]        | 0,13   | 0,19   | 0,43   | 0,03     |
| Wskaźnik jakości mowy                            | MOS_PI [%]     | 99,81  | 100,00 | 99,54  | 99,89    |
| Wskaźnik prędkości transmisji danych DL          | MDR_DL [Mb/s]  | 23,00  | 13,36  | 25,48  | 24,12    |
| Wskaźnik czasu ustanowienia połączenia TCP/IP DL | HIST [ms]      | 625,00 | 395,00 | 406,00 | 350,00   |
| Wskaźnik nieukończonych sesji DL                 | HSFR [%]       | 0,69   | 0,87   | 0,15   | 0,26     |
| Wskaźnik prędkości transmisji danych UL          | MDR_UL [Mb/s]  | 16,34  | 12,45  | 17,59  | 16,74    |
| Wskaźnik czasu ustanowienia połączenia TCP/IP UL | HIST [ms]      | 204,00 | 225,00 | 112,00 | 419,00   |
| Wskaźnik nieukończonych sesji UL                 | HSFR [%]       | 0,26   | 2,43   | 0,73   | 1,65     |
| HTTP wskaźnik czasu sesji                        | HST [s]        | 2,40   | 2,88   | 2,40   | 2,32     |
| Wskaźnik czasu ustanowienia połączenia TCP/IP    | HIST (DL) [ms] | 415,00 | 329,00 | 451,00 | 540,00   |
| Wskaźnik nieukończonych sesji                    | HSFR [%]       | 0,90   | 2,23   | 0,21   | 0,86     |
| Wskaźnik opóźnienia pakietów danych              | RTT [ms]       | 78,59  | 117,90 | 87,89  | 76,63    |
| Współczynnik utraty pakietów                     | IPLR [%]       | 3,09   | 4,11   | 0,91   | 0,91     |
| Wskaźnik zmienności opóźnienia                   | IPDV [ms]      | 19,22  | 23,66  | 19,24  | 17,68    |
| YouTube prawidłowe pobranie klipu                | YSVD [%]       | 99,78  | 98,49  | 99,79  | 100,00   |
| YouTube wskaźnik czasu do pierwszej ramki wideo  | YRSD [s]       | 1,28   | 1,94   | 1,57   | 1,24     |
| YouTube wskaźnik degradacji wideo                | YF [%]         | 1,24   | 6,66   | 3,04   | 0,97     |
| DNS wskaźnik czasu rozwiązania nazw domenowych   | DHNRT [s]      | 0,26   | 0,23   | 0,32   | 0,20     |

Tabela 10. Zestawienie wyników badań – Miasta

Uzyskane wyniki badań dla miast podobnie jak dla aglomeracji pokazują wysoka jakość usług telekomunikacyjnych oferowanych przez polskich operatorów.

Usługi połączeń głosowych są realizowane z prawdopodobieństwem 99% i lepszym. Połączenia są zestawiane w krótkim czasie i rzadko zrywane (poniżej 1% połączeń).

W przypadku usługi transmisji danych wyniki sieci Plus, Orange i T-Mobile są bardzo zbliżone. Wyniki Play są w tej kategorii najłabsze.

W przypadku dodatkowo badanych usług przeglądania stron WWW (http browsing) i oglądania klipów wideo wyniki są zbliżone.

W sieci Play odtwarzanie klipów wideo zaczynała się później niż u pozostałych operatorów (wskaźnik YRSD) i częściej występowała degradacja jakości odtwarzania (wskaźnik YF). Najlepsze wyniki dla jakości odtwarzania plików wideo uzyskały sieci Orange i T-Mobile.

### **Wyniki badań zagregowane dla Dróg**

W tabeli 9 zebrano wyniki badań jakości usług telekomunikacyjnych zagregowane dla dróg, na których prowadzono pomiary.

|  |                | Orange   | Play     | Plus   | T-Mobile |
|--|----------------|----------|----------|--------|----------|
| Wskaźnik skuteczności połączeń telefonicznych    | CSSR [%]       | 98,28    | 99,15    | 97,68  | 98,83    |
| Wskaźnik czasu zestawienia połączenia            | CST [s]        | 4,65     | 4,34     | 3,55   | 4,04     |
| Wskaźnik połączeń przerwanych                    | DCR [%]        | 0,73     | 0,63     | 1,30   | 0,59     |
| Wskaźnik jakości mowy                            | MOS_PI [%]     | 99,58    | 99,62    | 99,11  | 99,40    |
| Wskaźnik prędkości transmisji danych DL          | MDR_DL [Mb/s]  | 14,06    | 9,82     | 16,33  | 13,55    |
| Wskaźnik czasu ustanowienia połączenia TCP/IP DL | HIST [ms]      | 1 555,00 | 1 772,00 | 739,00 | 1 044,00 |
| Wskaźnik nieukończonych sesji DL                 | HSFR [%]       | 3,88     | 13,65    | 1,27   | 2,18     |
| Wskaźnik prędkości transmisji danych UL          | MDR_UL [Mb/s]  | 7,20     | 6,84     | 9,57   | 8,24     |
| Wskaźnik czasu ustanowienia połączenia TCP/IP UL | HIST [ms]      | 928,00   | 665,00   | 320,00 | 1 078,00 |
| Wskaźnik nieukończonych sesji UL                 | HSFR [%]       | 3,38     | 13,20    | 1,56   | 3,43     |
| HTTP wskaźnik czasu sesji                        | HST [s]        | 3,02     | 3,55     | 3,21   | 3,43     |
| Wskaźnik czasu ustanowienia połączenia TCP/IP    | HIST (DL) [ms] | 674,00   | 794,00   | 711,00 | 730,00   |
| Wskaźnik nieukończonych sesji                    | HSFR [%]       | 6,34     | 13,93    | 2,32   | 3,21     |
| Wskaźnik opóźnienia pakietów danych              | RTT [ms]       | 172,43   | 178,65   | 152,44 | 164,79   |
| Współczynnik utraty pakietów                     | IPLR [%]       | 15,37    | 22,10    | 4,89   | 5,18     |
| Wskaźnik zmienności opóźnienia                   | IPDV [ms]      | 33,78    | 34,75    | 29,88  | 50,69    |
| YouTube prawidłowe pobranie klipu                | YSVD [%]       | 99,66    | 99,03    | 97,73  | 99,60    |
| YouTube wskaźnik czasu do pierwszej ramki wideo  | YRSD [s]       | 1,69     | 2,12     | 2,19   | 1,72     |
| YouTube wskaźnik degradacji wideo                | YF [%]         | 3,32     | 7,14     | 7,18   | 4,32     |
| DNS wskaźnik czasu rozwiązania nazw domenowych   | DHNRT [s]      | 0,97     | 0,62     | 0,35   | 0,81     |

Tabela 11. Zestawienie wyników badań – drogi

Uzyskane wyniki badań dla dróg również pokazują wysoką jakość usług telekomunikacyjnych oferowanych przez polskich operatorów chociaż wskaźniki są niższe niż w miastach i aglomeracjach.

Usługi połączeń głosowych są realizowane z prawdopodobieństwem w okolicy 99%, połączenia są zestawiane w krótkim czasie i rzadko zrywane. Dla dróg jakość usług głosowych jest najniższa w sieci Plus, która ma najniższy wskaźnik CSSR i najwyższy DCR.

W przypadku usługi transmisji danych wyniki sieci Plus są najlepsze, Orange i T-Mobile są bardzo zbliżone. Wyniki Play są w tej kategorii najgorsze. Wydłużył się czas dostępu do usługi transmisji

danych w stosunku do agregacji miejskich, ale jest to naturalne dla pomiarów prowadzonych poza miastami.

Opóźnienia w transmisji pakietów są większe niż dla miast ze względu na większe użycie technologii 3G i 2G. W przypadku sieci Orange i Play wzrosły znacząco wskaźniki utraty pakietów.

W sieciach Play i Plus odtwarzanie klipów wideo zaczynała się później niż u pozostałych operatorów (wskaźnik YRSD) i częściej występowała degradacja jakości odtwarzania (wskaźnik YF). Sieć Plus uzyskała najniższą wartość wskaźnika YSVD.

### **Użycie technologii**

W tabelach 12-19 przedstawiono zestawienie wyników pomiarów użycia w sieciach technologii do świadczenia badanych usług. Dane pomiarowe pochodzą z terminali testów i były zbierane w trakcie realizacji scenariuszy pomiarowych dla usług głosowych i transmisji danych.

|                    |     |      | Orange | Play  | Plus  | T-Mobile |
|--------------------|-----|------|--------|-------|-------|----------|
| Użycie technologii | [%] | LTE  | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00     |
|                    |     | UMTS | 95,51  | 96,34 | 95,48 | 94,50    |
|                    |     | GSM  | 4,49   | 3,66  | 4,52  | 5,50     |

Tabela 12. Użycie technologii w usługach głosowych – cały kraj

|                    |     |      | Orange | Play  | Plus  | T-Mobile |
|--------------------|-----|------|--------|-------|-------|----------|
| Użycie technologii | [%] | LTE  | 77,89  | 83,15 | 94,19 | 78,08    |
|                    |     | UMTS | 21,98  | 16,75 | 5,59  | 21,55    |
|                    |     | GSM  | 0,14   | 0,10  | 0,22  | 0,38     |

Tabela 13. Użycie technologii w usługach transmisji danych – cały kraj

|                    |     |      | Orange | Play  | Plus  | T-Mobile |
|--------------------|-----|------|--------|-------|-------|----------|
| Użycie technologii | [%] | LTE  | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00     |
|                    |     | UMTS | 98,91  | 99,87 | 97,11 | 98,70    |
|                    |     | GSM  | 1,09   | 0,13  | 2,89  | 1,30     |

Tabela 14. Użycie technologii w usługach głosowych – Aglomeracje

|                    |     |      | Orange | Play  | Plus  | T-Mobile |
|--------------------|-----|------|--------|-------|-------|----------|
| Użycie technologii | [%] | LTE  | 95,66  | 96,90 | 99,39 | 96,62    |
|                    |     | UMTS | 4,32   | 3,10  | 0,61  | 3,33     |
|                    |     | GSM  | 0,02   | 0,00  | 0,00  | 0,05     |

Tabela 15. Użycie technologii w usługach transmisji danych – Aglomeracje

|                    |     |      | Orange | Play  | Plus  | T-Mobile |
|--------------------|-----|------|--------|-------|-------|----------|
| Użycie technologii | [%] | LTE  | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00     |
|                    |     | UMTS | 98,23  | 99,07 | 97,17 | 97,63    |
|                    |     | GSM  | 1,77   | 0,93  | 2,83  | 2,37     |

Tabela 16. Użycie technologii w usługach głosowych – Miasta

|                    |     |      | Orange | Play  | Plus  | T-Mobile |
|--------------------|-----|------|--------|-------|-------|----------|
| Użycie technologii | [%] | LTE  | 91,21  | 93,30 | 97,75 | 90,55    |
|                    |     | UMTS | 8,76   | 6,70  | 2,14  | 9,32     |
|                    |     | GSM  | 0,03   | 0,00  | 0,11  | 0,13     |

Tabela 17. Użycie technologii w usługach transmisji danych – Miasta

|                    |     |      | Orange | Play  | Plus  | T-Mobile |
|--------------------|-----|------|--------|-------|-------|----------|
| Użycie technologii | [%] | LTE  | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00     |
|                    |     | UMTS | 86,28  | 86,87 | 90,61 | 83,51    |
|                    |     | GSM  | 13,72  | 13,12 | 9,39  | 16,49    |

Tabela 18. Użycie technologii w usługach głosowych – Drogi

|                    |     |      | Orange | Play  | Plus  | T-Mobile |
|--------------------|-----|------|--------|-------|-------|----------|
| Użycie technologii | [%] | LTE  | 38,48  | 52,21 | 83,10 | 38,27    |
|                    |     | UMTS | 61,11  | 47,44 | 16,27 | 60,63    |
|                    |     | GSM  | 0,41   | 0,35  | 0,63  | 1,10     |

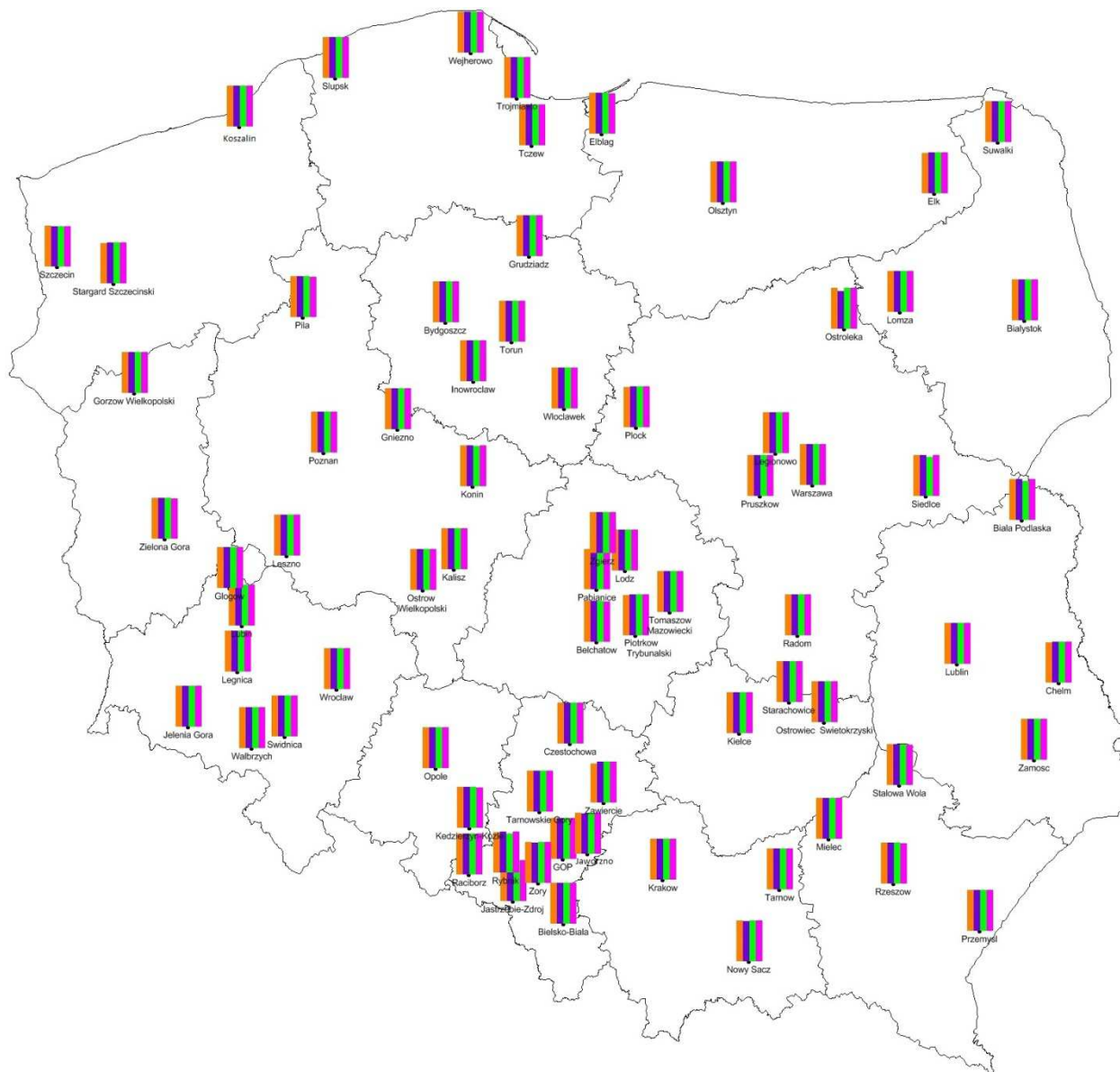
Tabela 19. Użycie technologii w usługach transmisji danych – Drogi

Wysokie użycie LTE dla transmisji danych ma miejsce dla wszystkich typów mierzonych obszarów i jest szczególnie dobrze widoczne w sieci Plus. W przypadku usług głosowych dominującą technologią jest technologia UMTS. Obydwa te fakty mają znaczenie dla analizy wyników pomiarów poziomu sygnału radiowego mierzonego przez terminal i jakości tego sygnału przedstawionych dla agregacji w tabelach 9-14, 25-30, 153-158 i 1079-1084 w Załączniku 1 do Raportu. Z punktu widzenia użycia technologii nie należy porównywać tych wyników dla technologii GSM, której użycie jest szczątkowe.

Użycie i dostępność różnych technologii przez operatorów nie przekłada się bezpośrednio na jakość świadczonych usług. Na kolejnych stronach zebrano na mapach porównanie osiągniętych przez operatorów wyników dla kluczowych wskaźników jakości określonych przez UKE. Celem takiej prezentacji wyników jest pokazanie dystrybucji jakości usług na obszarze Polski z równoczesnym zaprezentowaniem porównania osiągniętych wskaźników pomiędzy operatorami. Ze względu na skalę map i ilość umieszczonych na nich danych nie było możliwe pokazanie na nich dokładnych wartości liczbowych, które są dostępne w szczegółowych tabelach Załącznika 1. Dla porównania użyto wykresów słupkowych pokazujących relacje pomiędzy wynikami operatorów.



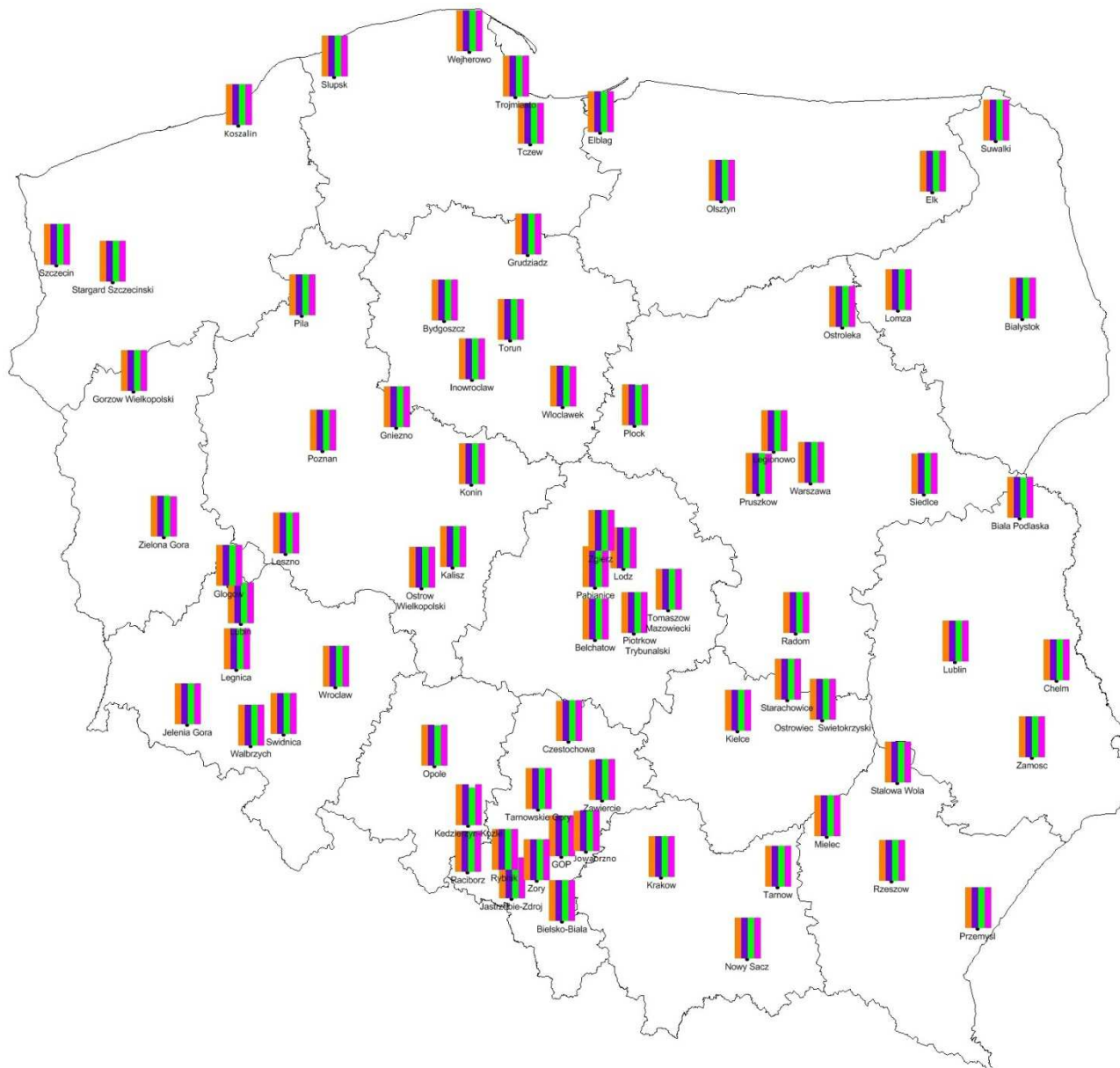
Mapa 3. Porównanie wskaźnika CSSR w Aglomeracjach i Miastach



Wartość wskaźnika CSSR jest na poziomie ponad 99% u wszystkich operatorów. Takie wyniki świadczą o bardzo wysokiej dostępności usług. Wskaźnik CSSR ze względu na wysokie uzyskane wartości nie jest wskaźnikiem różnicującym wyniki uzyskane przez operatorów.

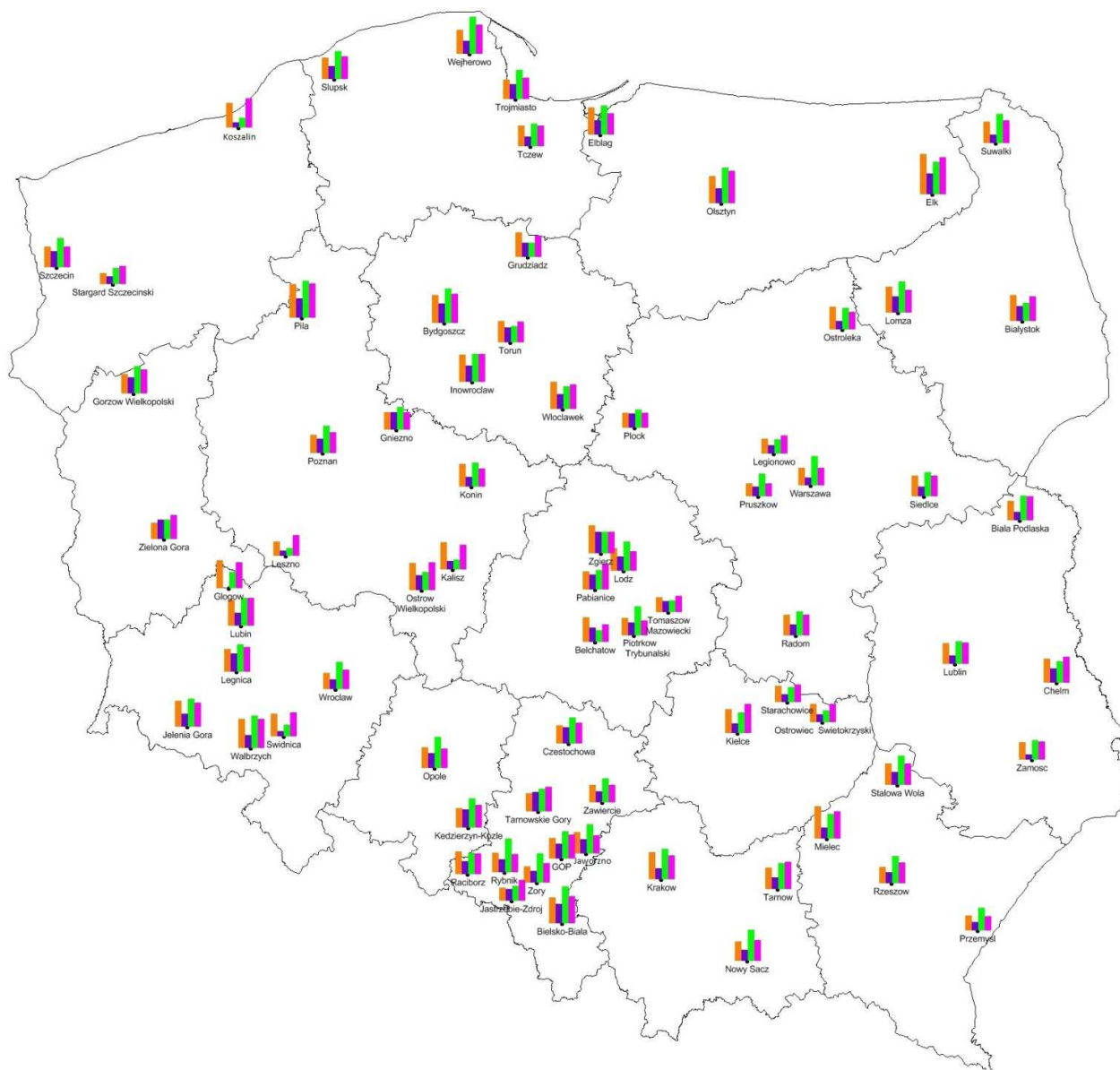


Mapa 5. Porównanie wskaźnika MOS\_PI w Aglomeracjach i Miastach



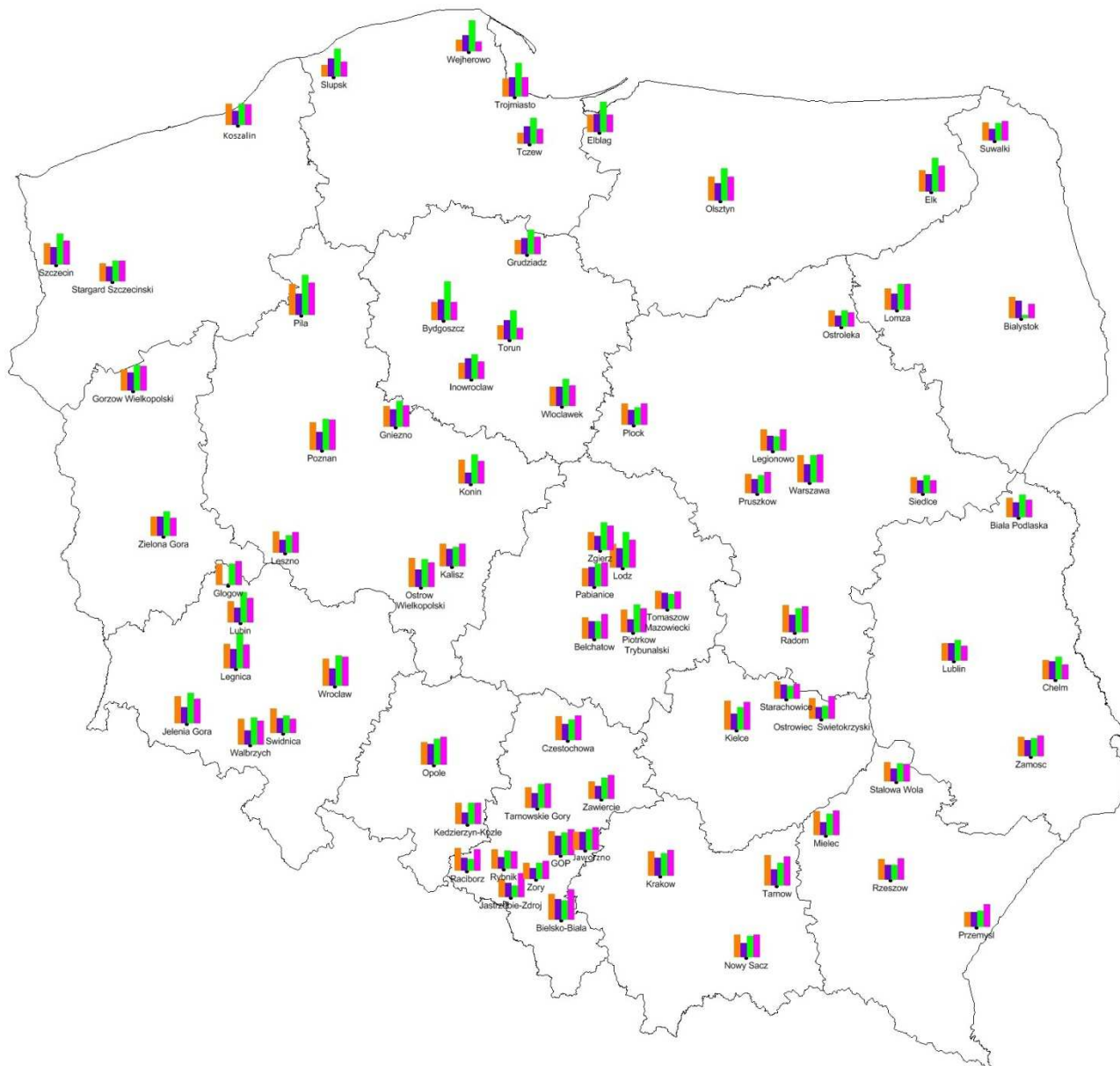
Wartość wskaźnika MOS\_PI jest na poziomie ponad 99% u wszystkich operatorów. Należy zwrócić uwagę, że wartość wskaźnika odnosi się połączeń z jakością powyżej 3 pkt w skali MOS czyli wartości zadawalającej. Tak zdefiniowany wskaźnik nie różnicuje operatorów pod kątem uzyskanych wyników.

Mapa 6. Porównanie wskaźnika MDR\_DL w Aglomeracjach i Miastach



Wyniki dla wskaźnika MDR\_DL nie są takie oczywiste jak można byłoby oczekiwać po analizie użycia technologii. Pomimo szerszej dostępności technologii i szerszego bloku częstotliwości przewaga Plus nie jest wyraźnie zaznaczona i w wielu miejscach inni operatorzy osiągnęli lepsze wyniki. Korzystające ze wspólnej sieci Orange i T-Mobile uzyskują zwykle podobne do siebie wyniki tam gdzie terminale testowe korzystały z sieci LTE. Najniższe średnie wyniki wskaźnika MDR\_DL uzyskiwał Play.

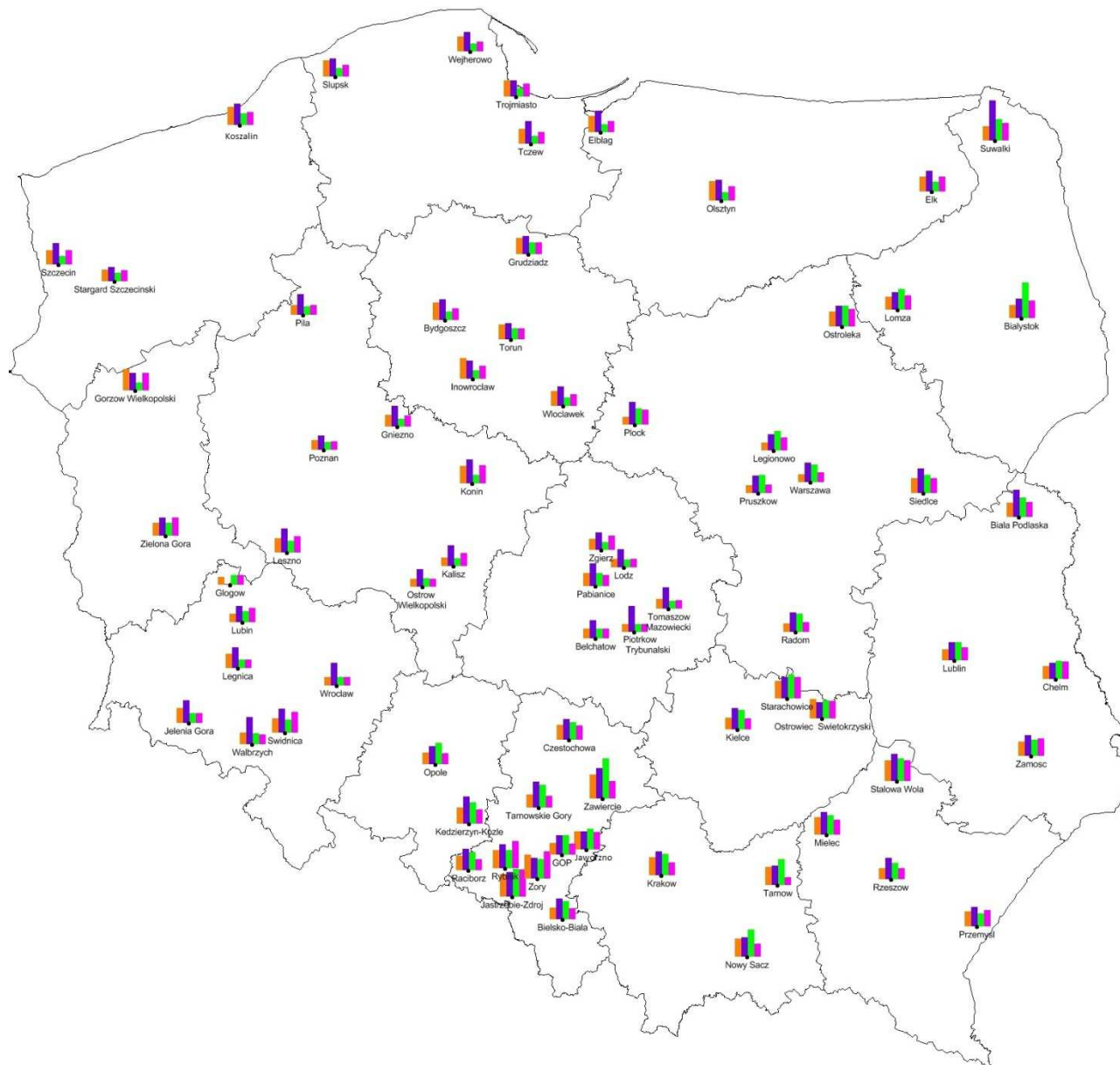
Mapa 7. Porównanie wskaźnika MDR\_UL w Aglomeracjach i Miastach



W przypadku wskaźnika MDR\_UL przewaga sieci Plus jest bardziej zauważalna i sieć tak ma wyniki relatywnie lepsze niż dla MDR-DL. Porównanie wyników pozostałych operatorów wygląda podobnie jak dla wskaźnika MDR-DL.

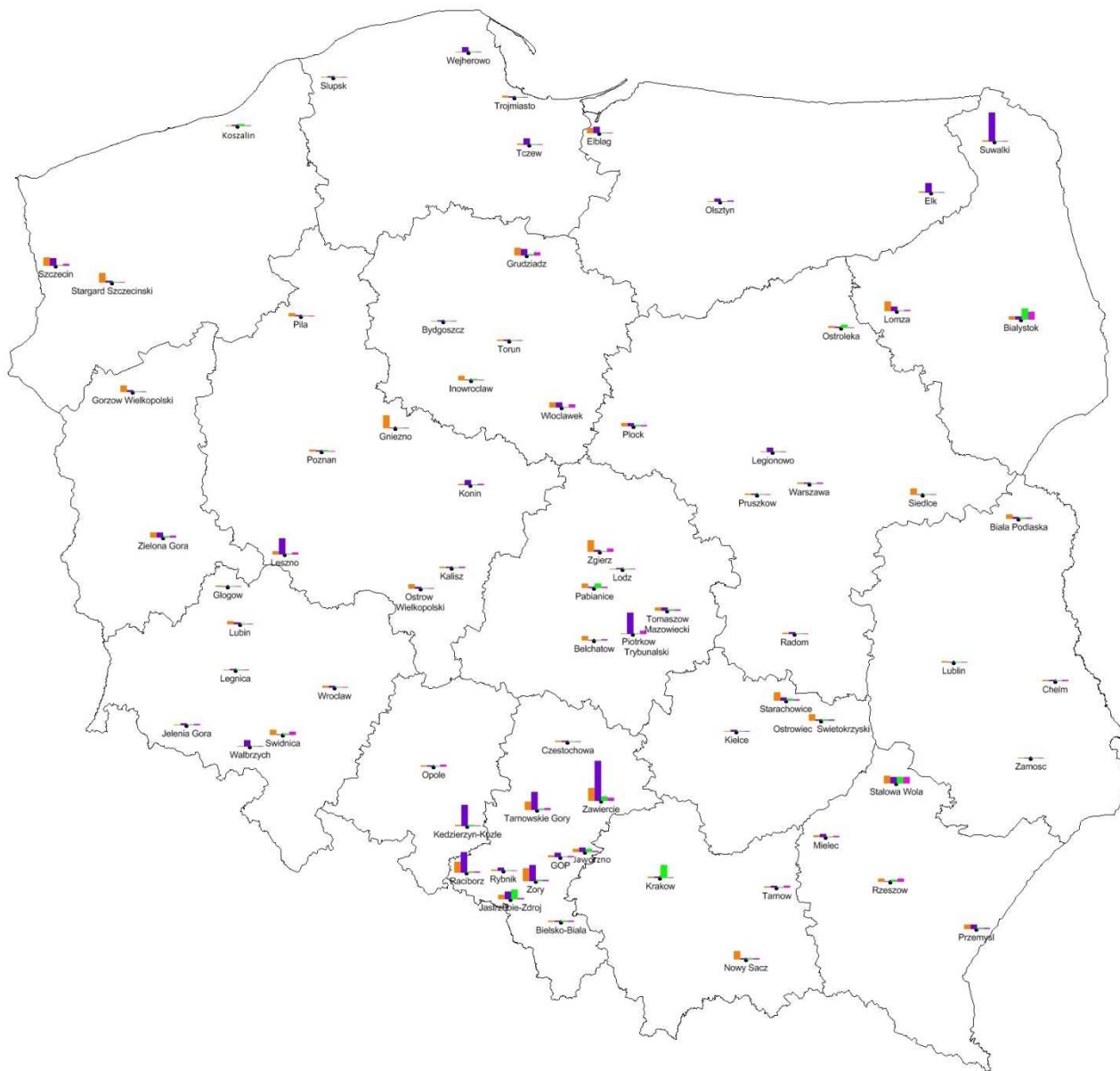


Mapa 8. Porównanie wskaźnika RTT w Aglomeracjach i Miastach



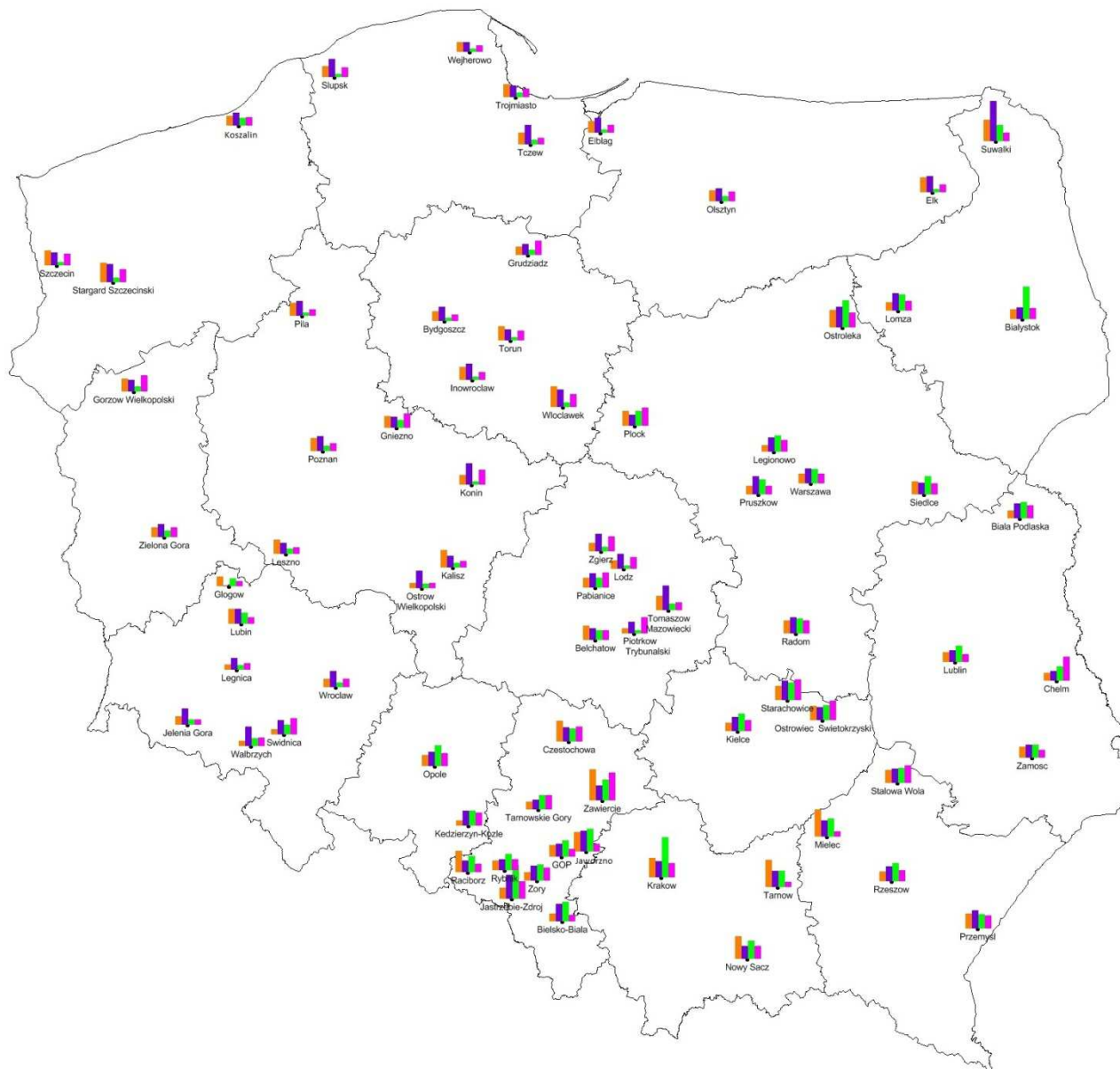
Najdłuższe średnie czasy RTT zostały zmierzone w sieci Play dla większości miast. Niemniej jednak wyniki osiągnięte przez pozostałych operatorów znacznie poniżej 100ms można uznać z dobry wynik.

Mapa 9. Porównanie wskaźnika IPLR w Aglomeracjach i Miastach



Wyniki dla tego wskaźnika kształtują się na niskim poziomie. Zwiększone wartości zaobserwowano w kilku miastach dla sieci Play. W niektórych miastach na obszarze GOP podwyższone wartości raportowali też pozostali operatorzy.

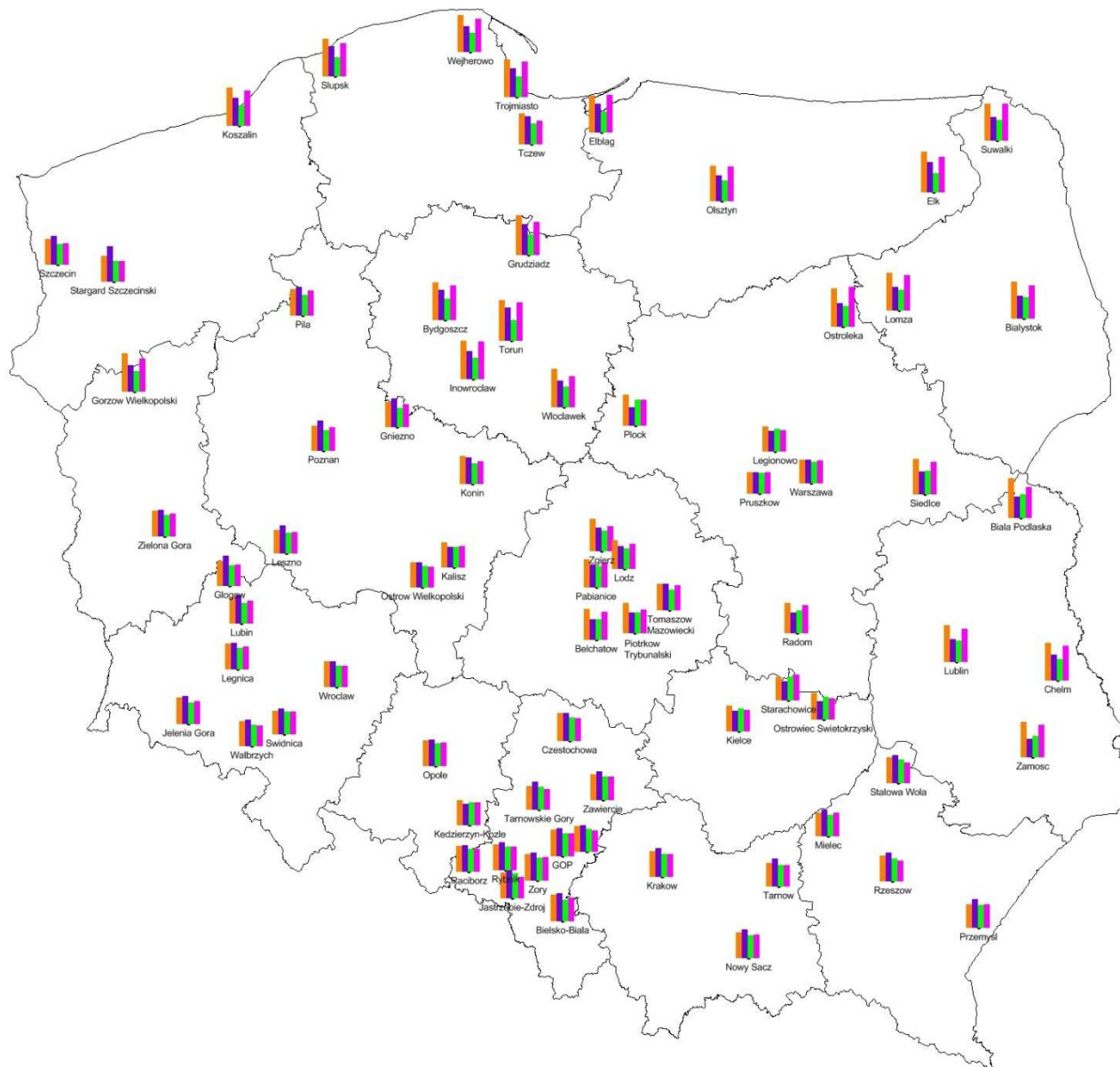
Mapa 9. Porównanie wskaźnika IPDV w Aglomeracjach i Miastach



Podwyższone wartości wskaźnika IPDV zmierzono we wszystkich sieciach na obszarze GOP i województwa małopolskiego. W licznych miejscach najslabsze wyniki zostały uzyskane przez Play.

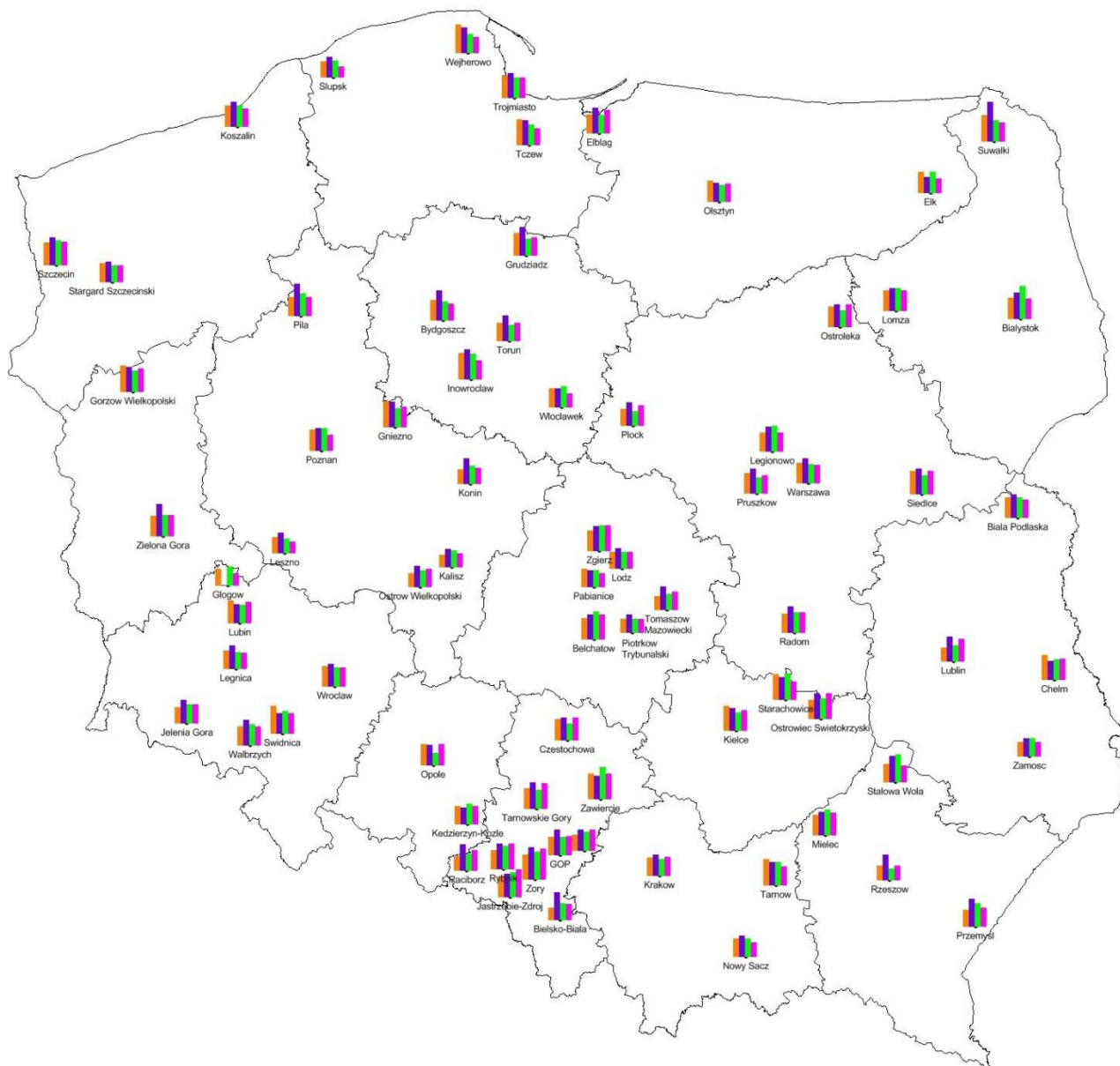


Mapa 10. Porównanie wskaźnika CST w Aglomeracjach i Miastach



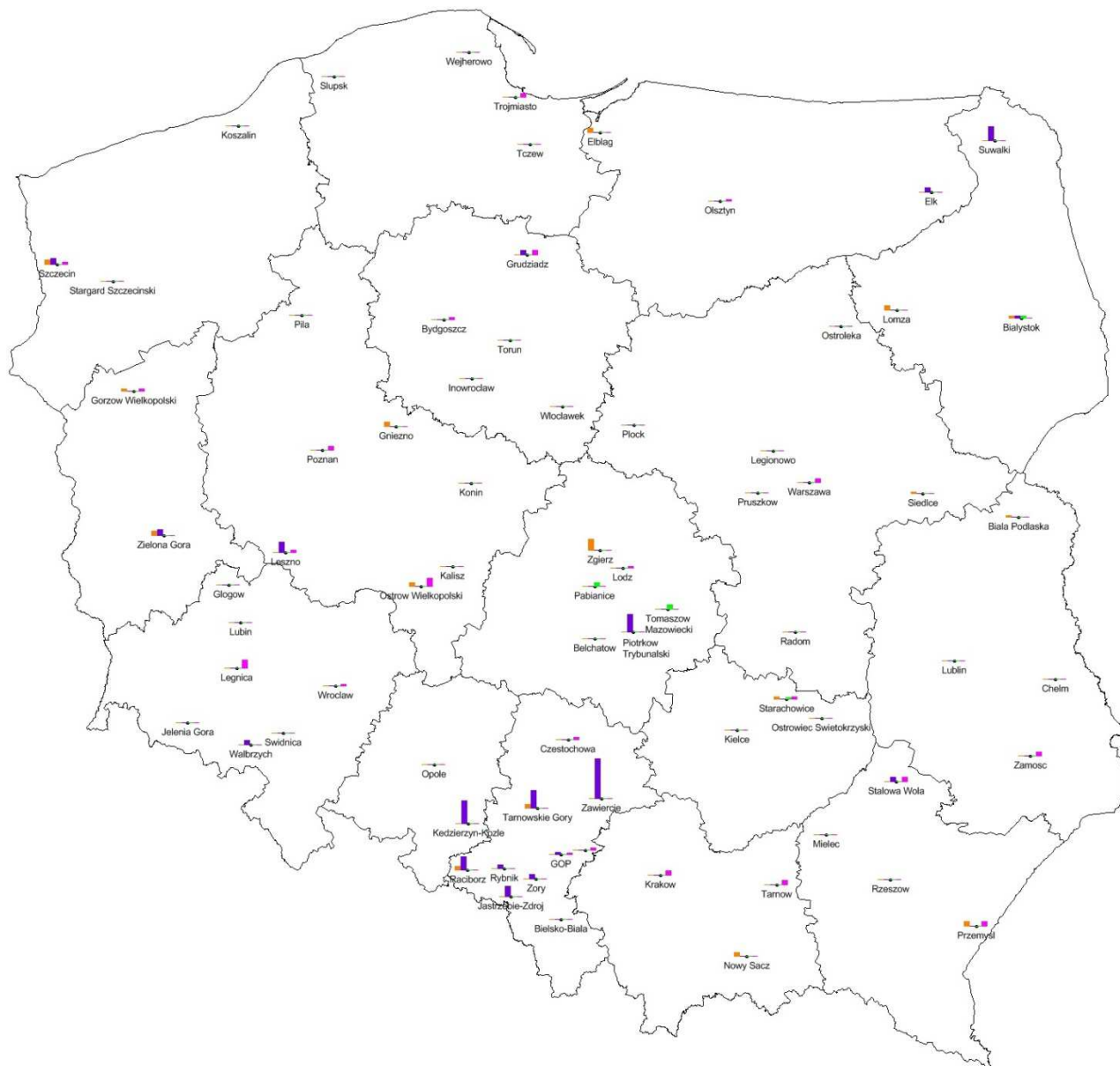
Pomierzone wartości wskaźnika CST kształtują się w większości mierzonych lokalizacji w okolicach 4s u wszystkich operatorów. Wyższe wartości występują w sieciach Orange i T-Mobile w województwach północnych i wschodnich.

Mapa 11. Porównanie wskaźnika HST Browsing w Aglomeracjach i Miastach



Pomierzone wartości wskaźnika HST zawierają się w większości mierzonych lokalizacji w okolicach 2-3s u wszystkich operatorów. Wskaźnik HST Browsing jest to czas w jakim ładuje się kompletna testowa strona WWW.

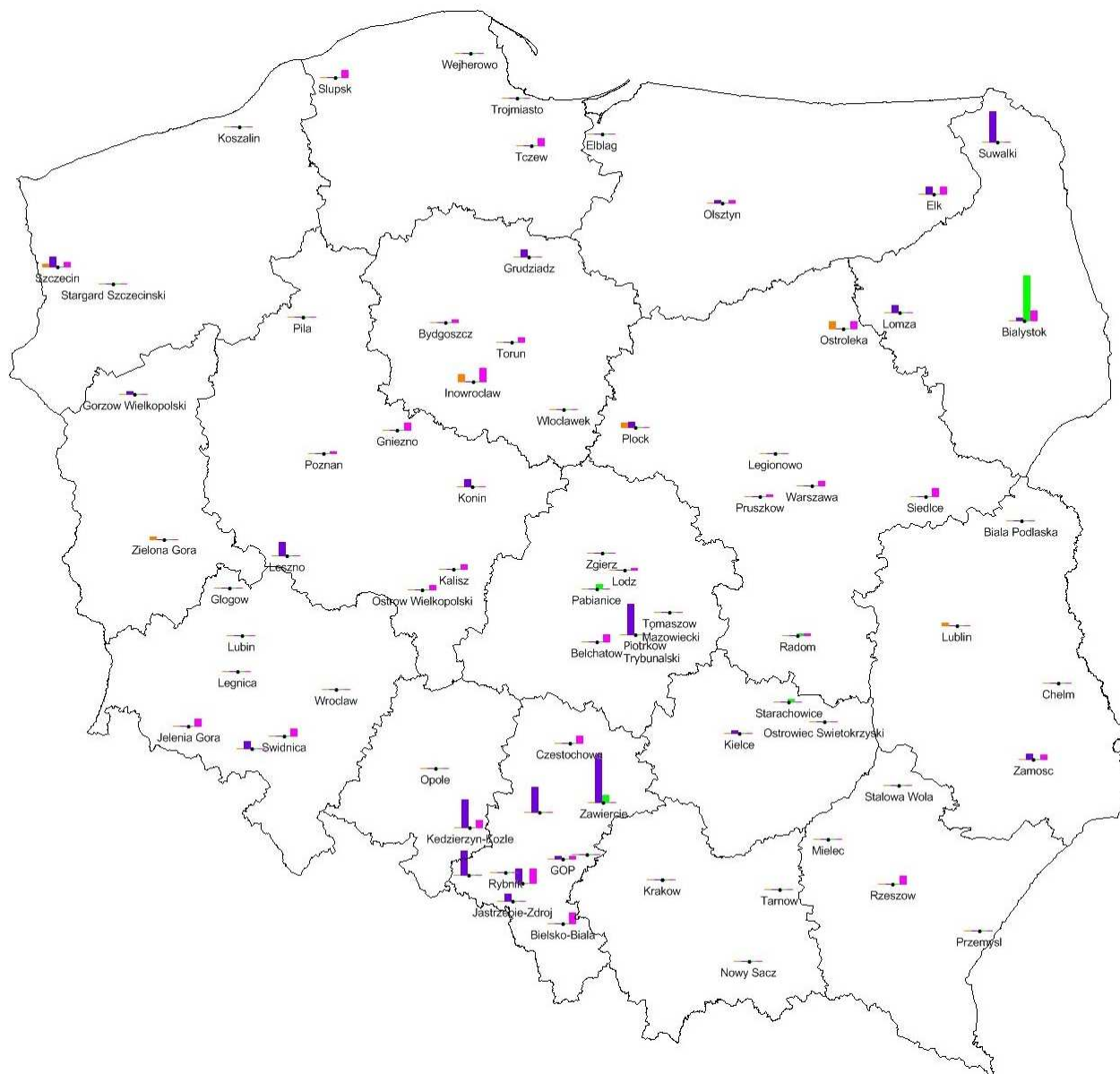
Mapa 11. Porównanie wskaźnika HSFR Browsing w Aglomeracjach i Miastach



Wskaźnik nieudanych (nieukończonych) sesji HTTP Browsing kształtuje się większości lokalizacji na poziomie niższym od 1%. Najwyższe wartości wskaźnika zmierzono w sieci Play. Najlepsze wyniki uzyskała sieć Plus.



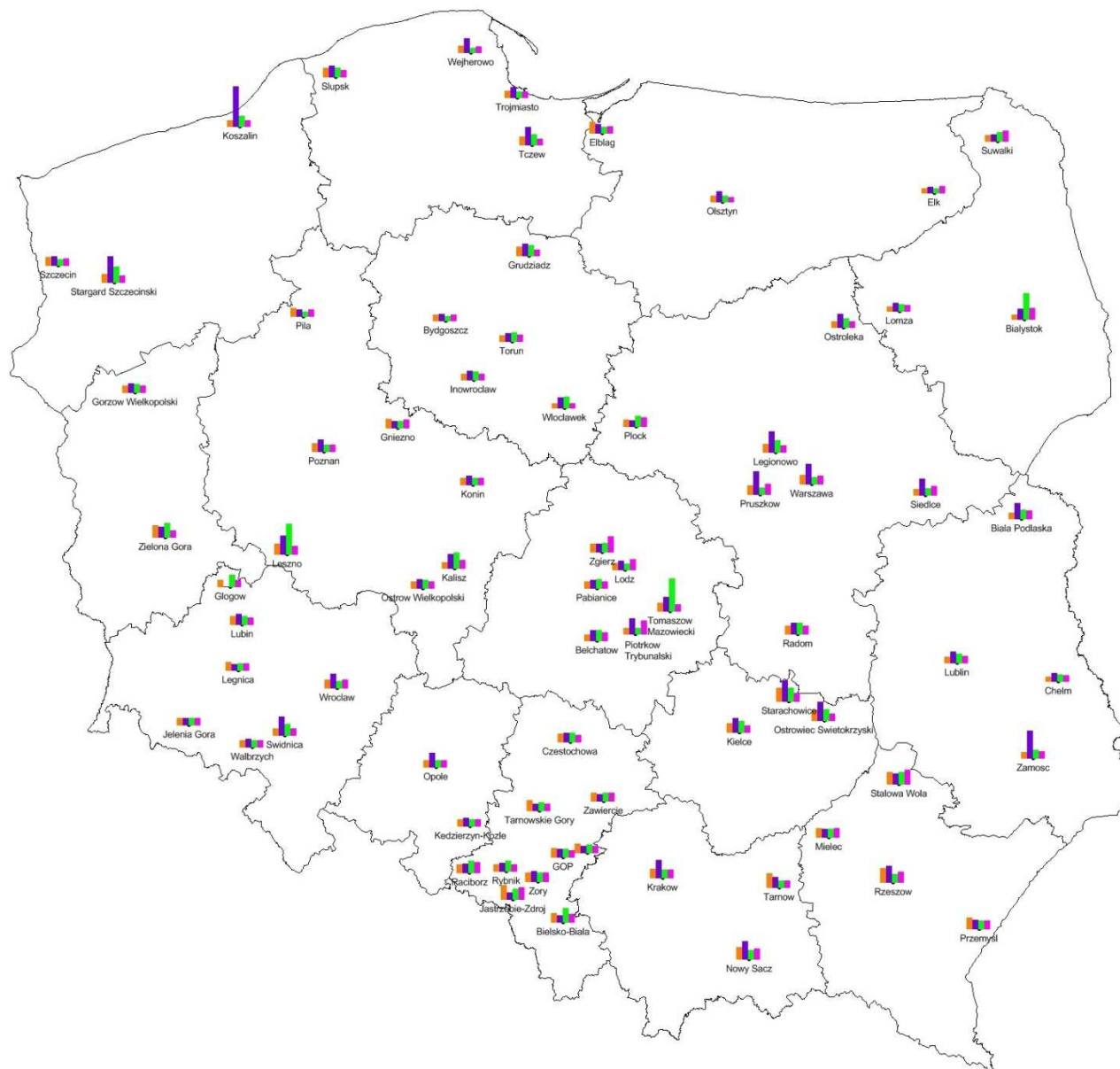
Mapa 13. Porównanie wskaźnika HSFR dla FDTT\_UL w Aglomeracjach i Miastach



Wskaźnik nieudanych (nieukończonych) sesji transferu danych UL w większości lokalizacji jest na poziomie poniżej 1%. Najwyższe wartości wskaźnika zmierzono w sieci Play w Zawierciu (FDTT\_DL=30%). Play osiągną najłabsze wyniki dla HSFR FDTT\_DL. Szczególnie w województwach opolskim i śląskim poziom HSFR FDTT\_DL wskaźniki uzyskiwane przez Play są znacznie gorsze niż u innych operatorów. Najlepsze wyniki uzyskała sieć Plus. Choć w Białymstoku zarejestrowano HSFR FDTT\_DL=27,8%.

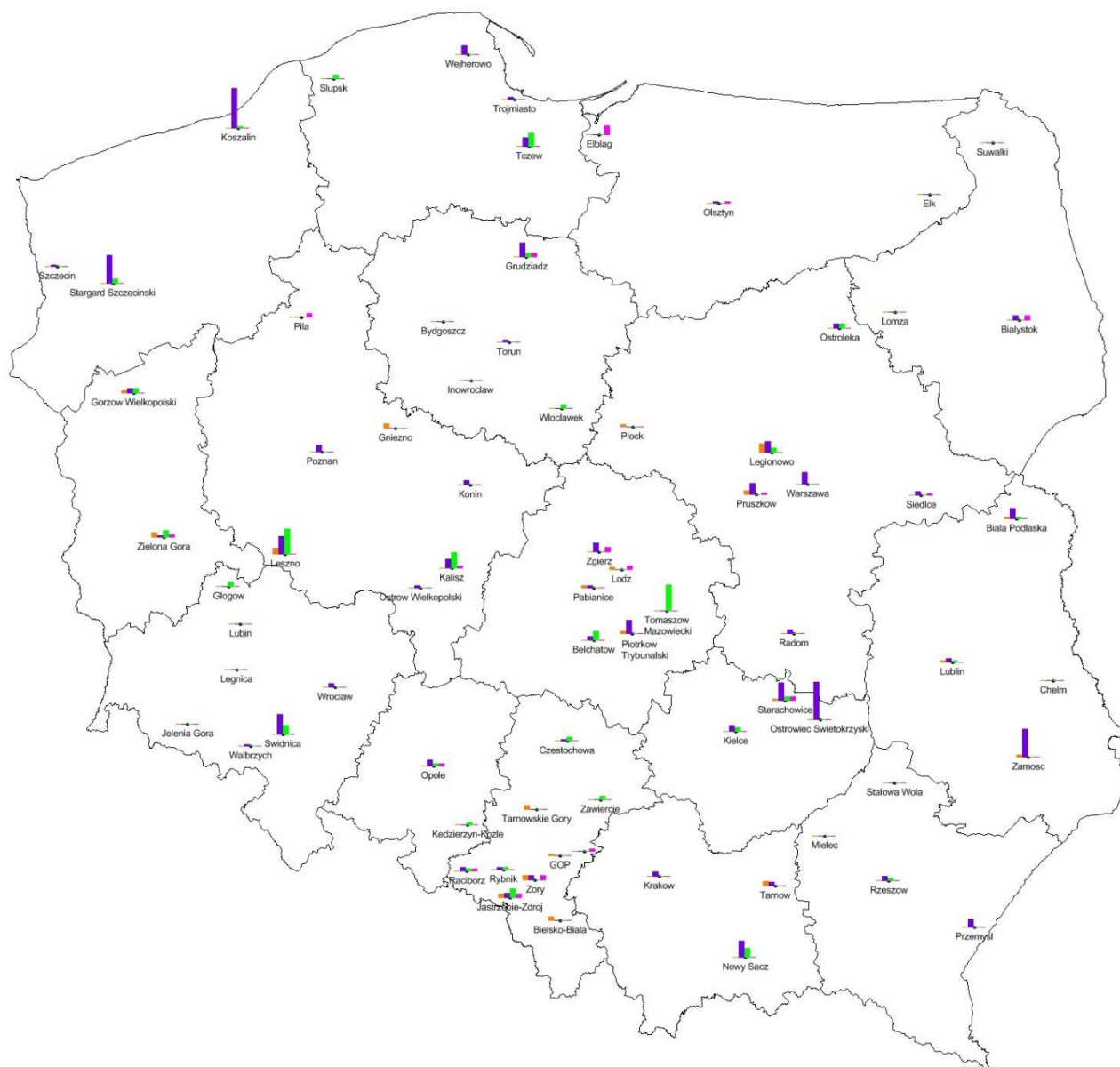


Mapa 14. Porównanie wskaźnika YRSD w Aglomeracjach i Miastach



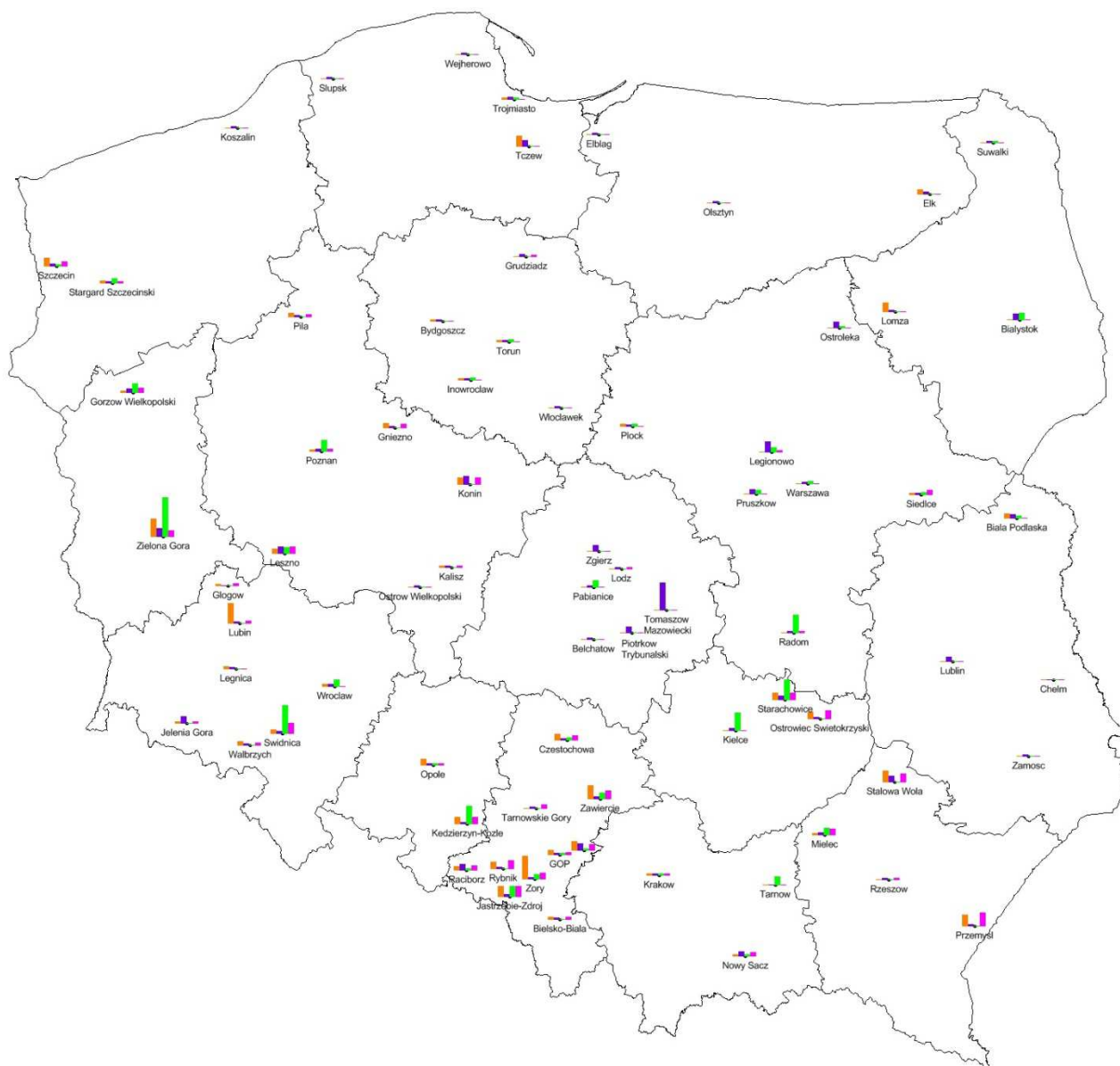
Wskaźnik YRSD to wskaźnik czasu do odtworzenia pierwszej ramki wideo z serwisu YuoTube. W większości testów uzyskiwano wyniki w okolicy 1,5 sekundy. Każdy z operatorów miał miasta gdzie zmierzone wartości wskaźnika były gorsze. Najczęściej w przypadku sieci Play, ale również w sieci Plus.

Mapa 15. Porównanie wskaźnika YF w Aglomeracjach i Miastach



Wskaźnik YF to wskaźnik określający jakość obrazu wideo poprzez odsetek testów wideo YouTube gdzie dla pojedynczego testu suma czasu zatrzymanego wideo (Freezing Time) przekracza wartość 500ms. Wskaźnik można interpretować, jako prawdopodobieństwo, że podczas wyświetlania klipu wideo nastąpi przerwa lub przerwy w wyświetlaniu wideo o łącznym czasie dłuższym niż 500ms. Wyniki operatorów kształtują się w okolicach kilku procent niemniej jednak w wielu miejscach wartość wskaźnika była o wiele wyższa i dochodząca czasami do kilkunastu procent w przypadku sieci Play i Plus.

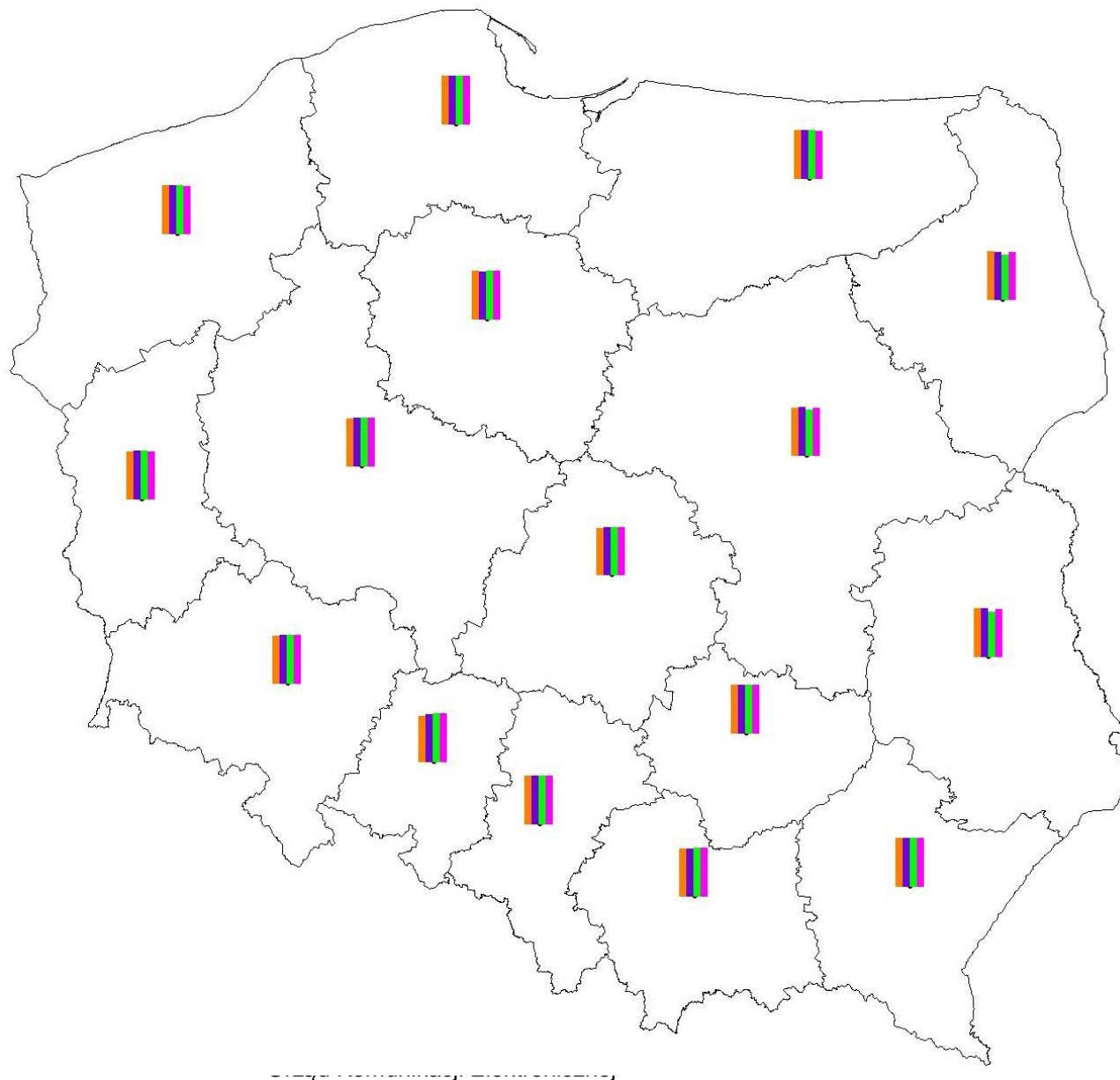
Mapa 16. Porównanie wskaźnika DHNRT w Aglomeracjach i Miastach



Wskaźnik DNHRT określa średni czas potrzebny na rozwiązanie nazwy domenowej. Średnie wartości uzyskane przez operatorów zawierają się w granicach 200 do 300 ms. W trakcie pomiarów zmierzono wyższe wartości w kilku miastach jak to widać na mapie.

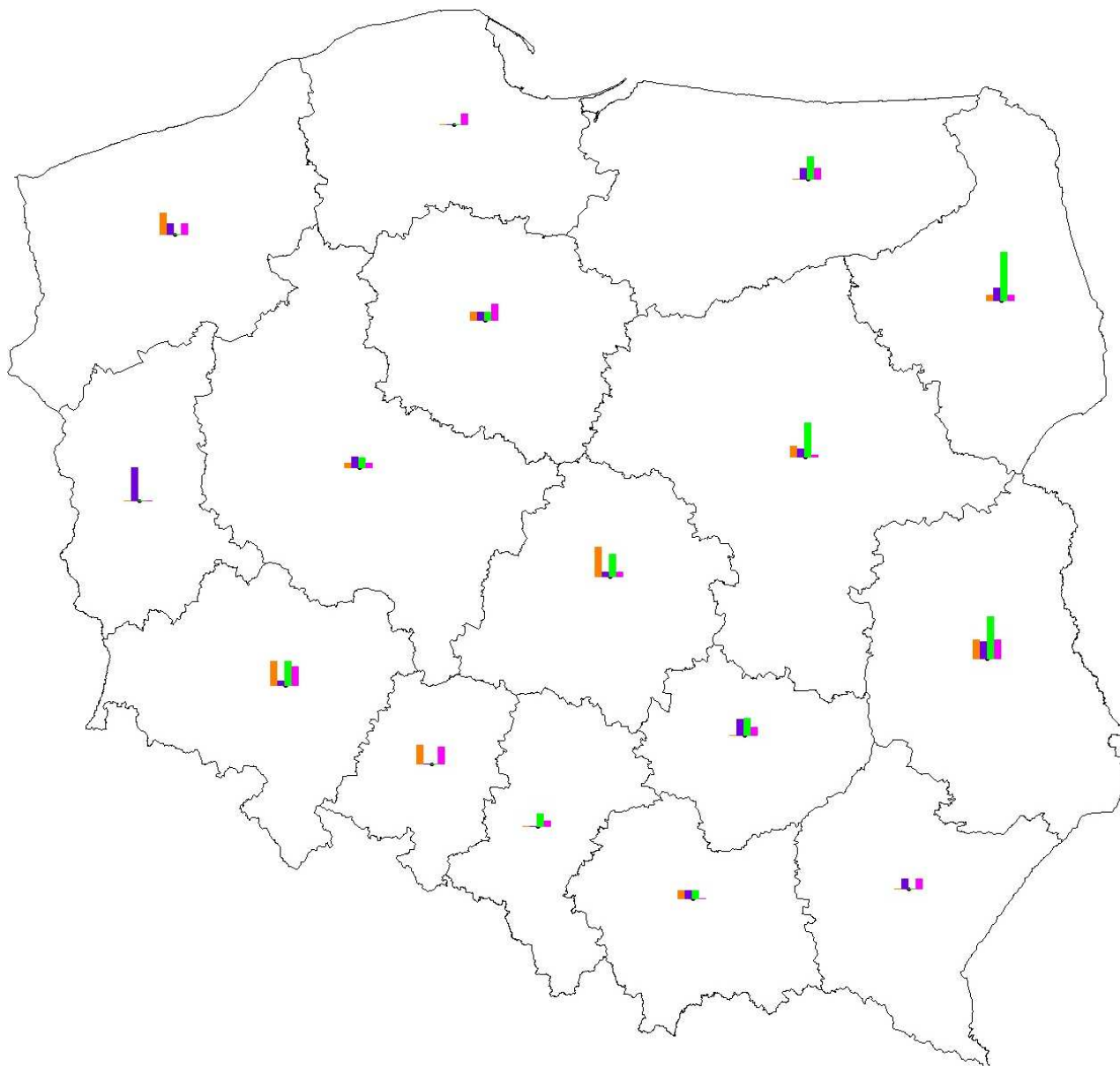


Mapa 17. Porównanie wskaźnika CSSR na drogach



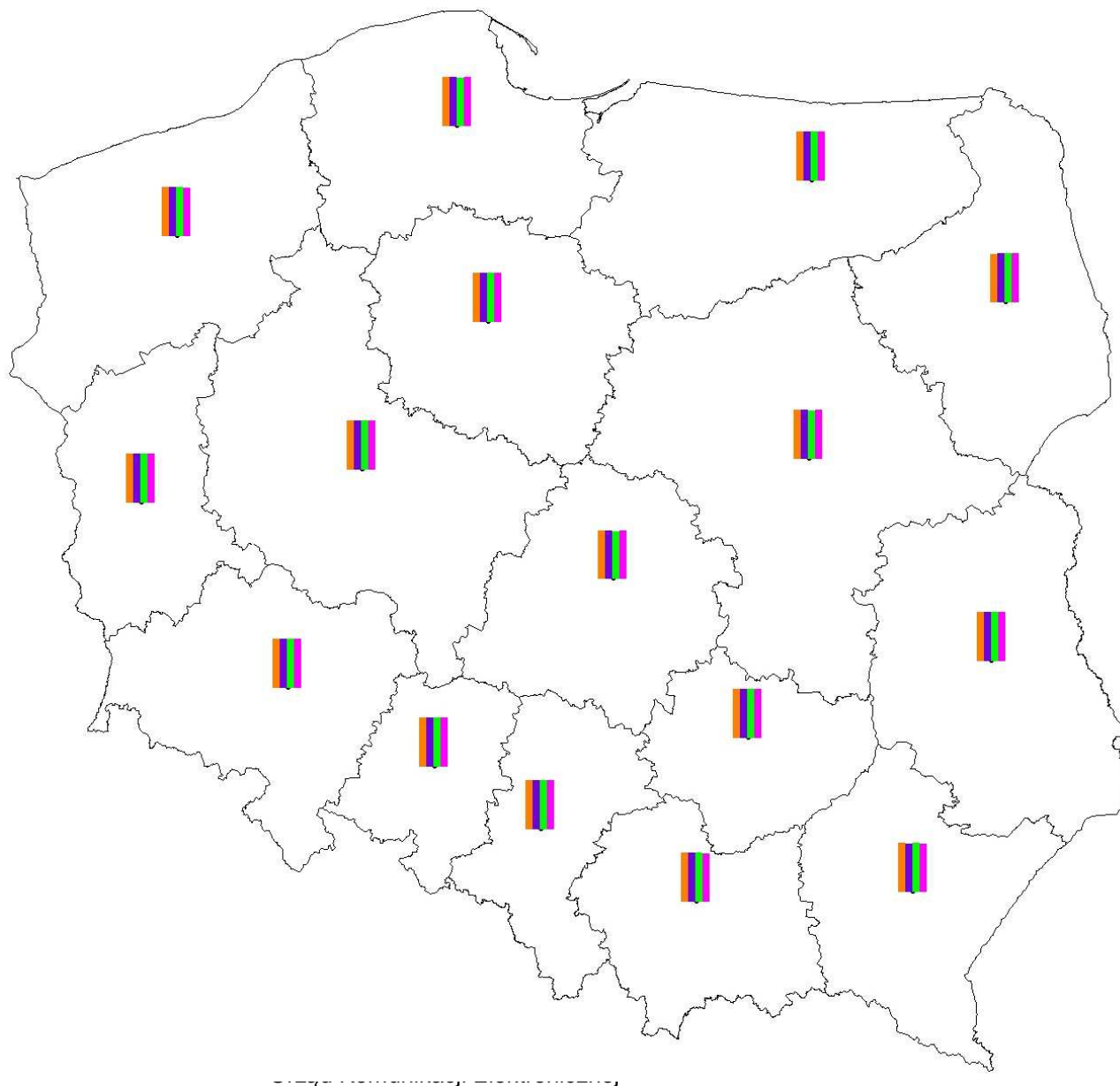
Wartość wskaźnika CSSR jest na poziomie ponad 99% u wszystkich operatorów. Takie wyniki świadczą o bardzo wysokiej dostępności usług. Wskaźnik CSSR ze względu na wysokie uzyskane wartości nie jest wskaźnikiem różnicującym wyniki uzyskane przez operatorów.

Mapa 18. Porównanie wskaźnika DCR na drogach



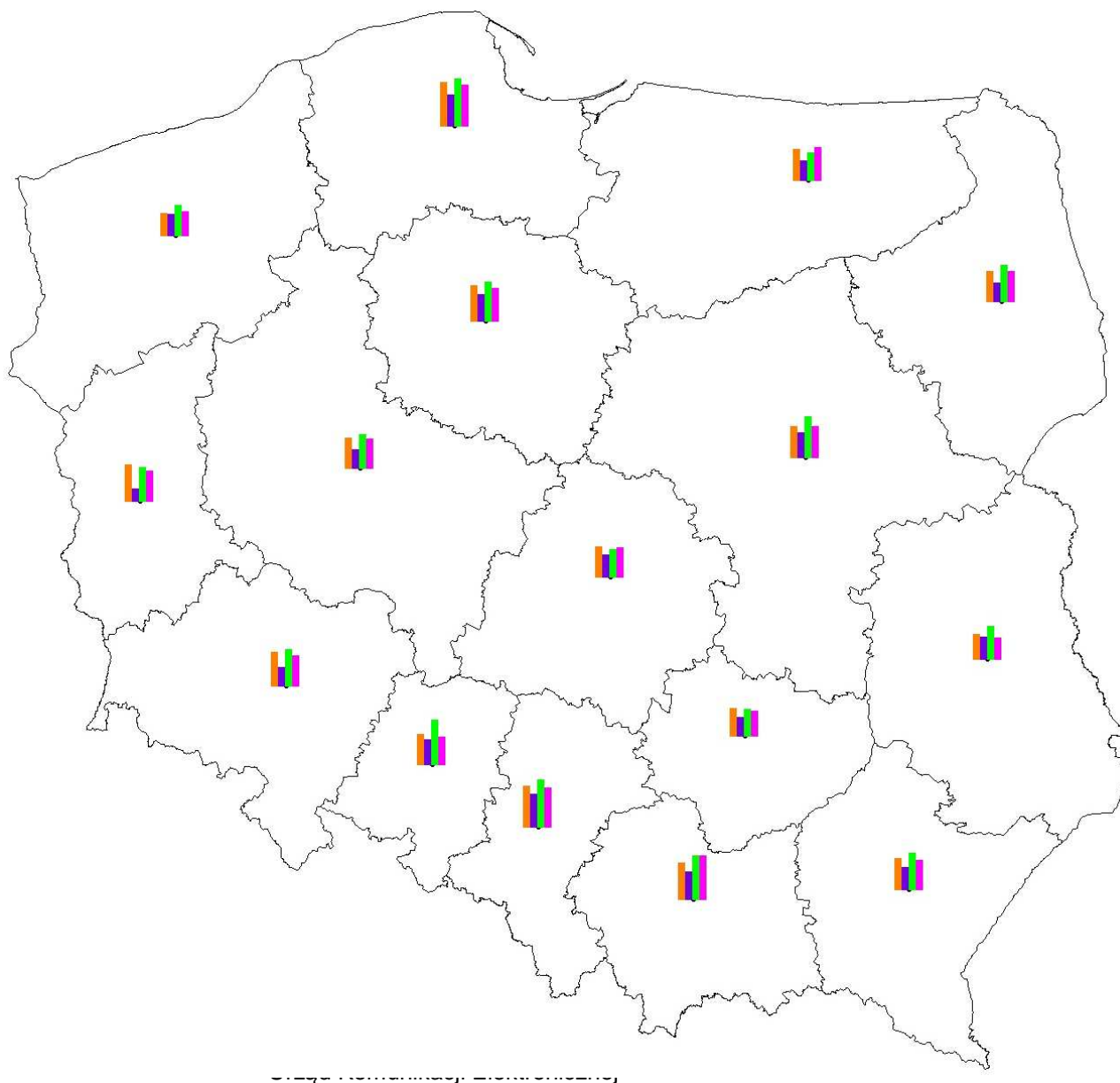
Wartość wskaźnika DCR jest na ogólnie niskim poziomie poniżej 1%. Można zaobserwować w sieci Plus wyższe wartości tego wskaźnika dla województw wschodnich i centralnych. Play ma wysokie wartości w lubuskim,. Orange osiągnął słabsze wyniki w łódzkim, opolskim, zachodniopomorski i dolnośląskim. Dla wskaźnika DCR najlepsze wyniki osiągnął T-Mobile choć w kujawsko-pomorskim i pomorski ma wartości najwyższe.

Mapa 19. Porównanie wskaźnika MOS<sub>PI</sub> na drogach



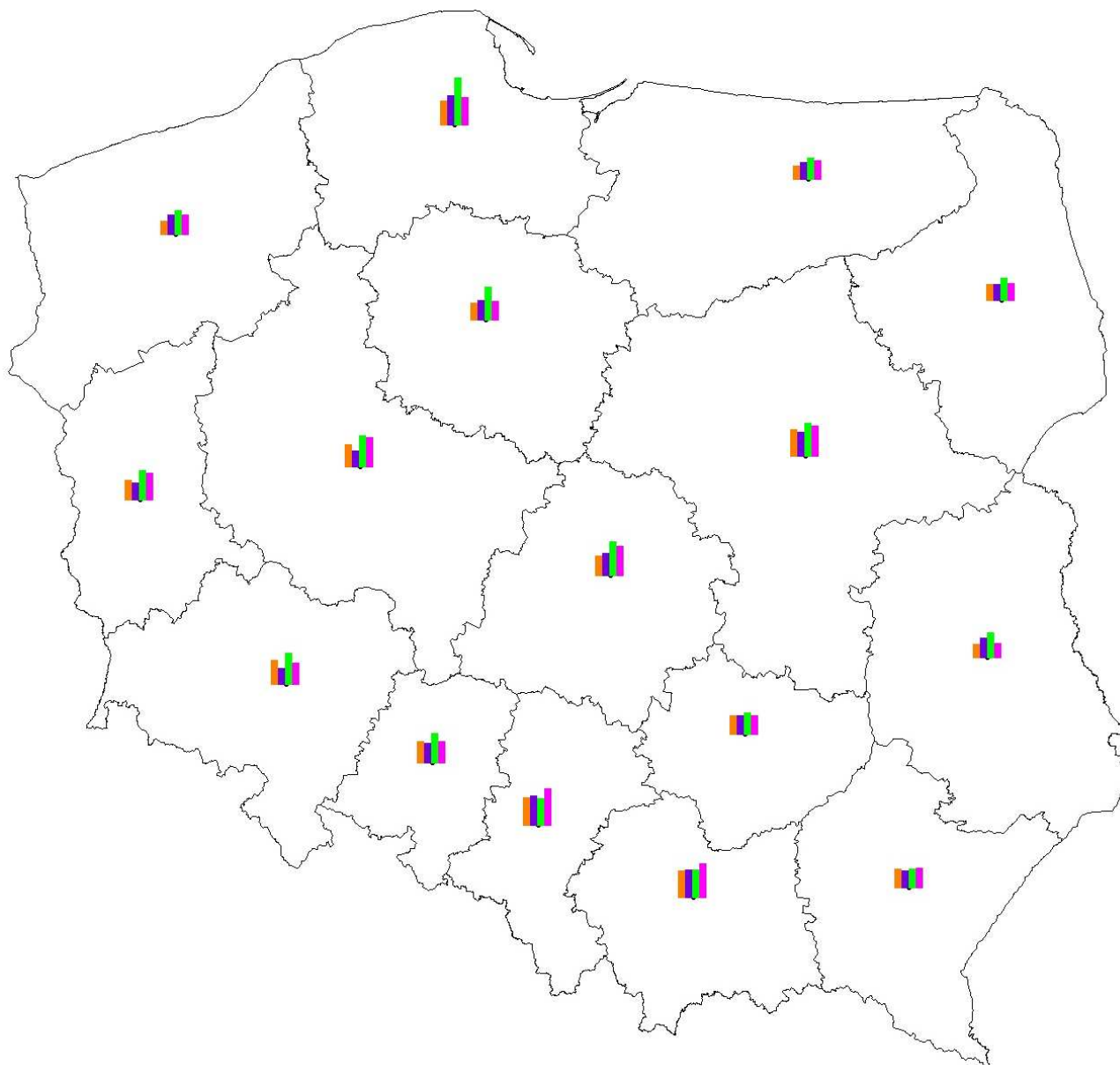
Wartość wskaźnika MOS<sub>PI</sub> jest na poziomie ponad 99% u wszystkich operatorów. Należy zwrócić uwagę, że wartość wskaźnika odnosi się połączeń z jakością powyżej 3 pkt w skali MOS czyli wartości zadawalającej. Tak zdefiniowany wskaźnik nie różnicuje operatorów pod kątem uzyskanych wyników.

Mapa 20. Porównanie wskaźnika MDR\_DL na drogach



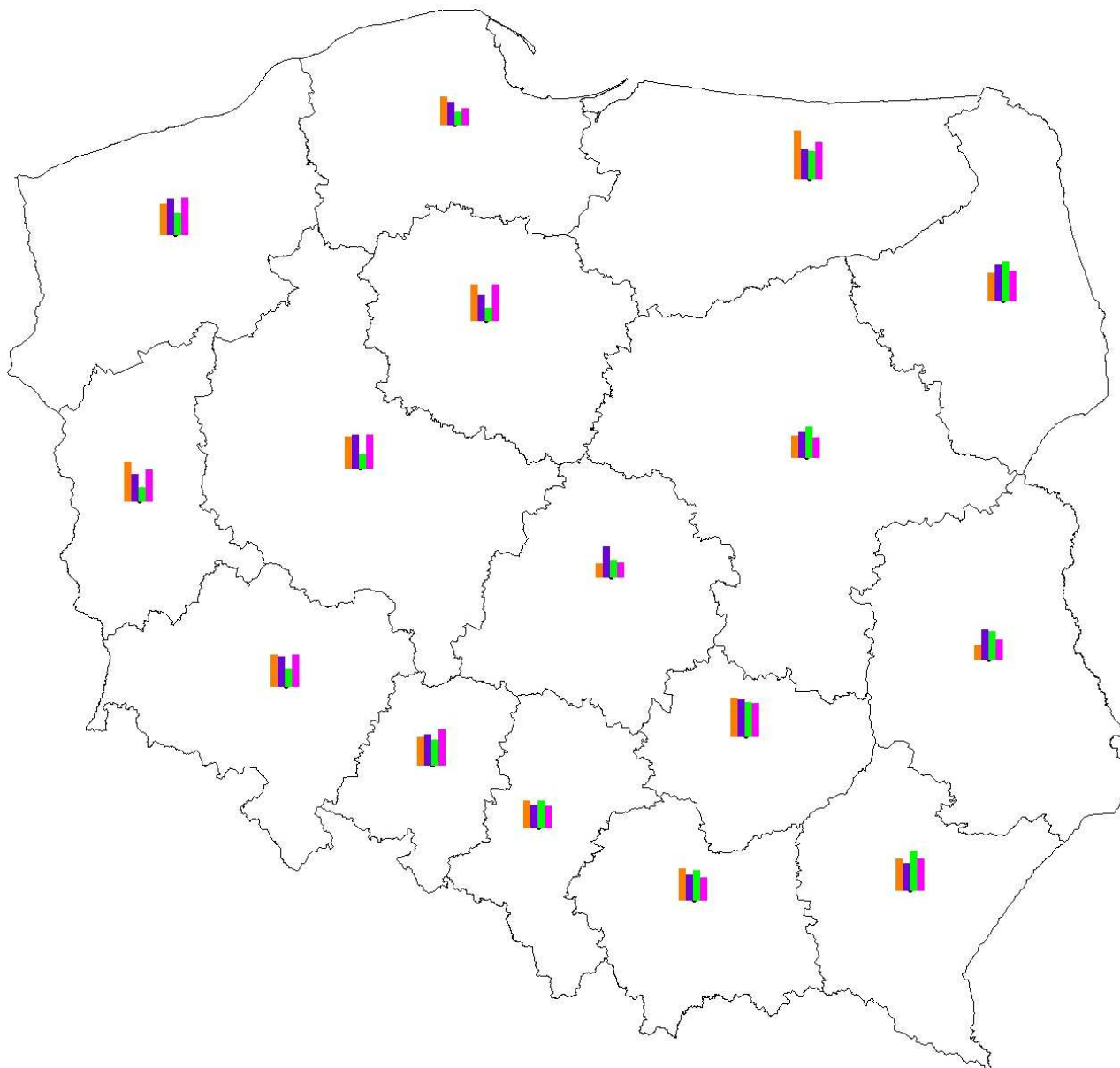
Wyniki dla wskaźnika MDR\_DL nie są takie oczywiste jak można byłoby oczekiwać po analizie użycia technologii. Pomimo szerszej dostępności technologii i szerszego bloku częstotliwości przewaga Plus nie jest wyraźnie zaznaczona i w wielu miejscach inni osiągają podobne wyniki. Najniższe średnie wyniki wskaźnika MDR\_DL uzyskiwał Play.

Mapa 21. Porównanie wskaźnika MDR\_UL na drogach



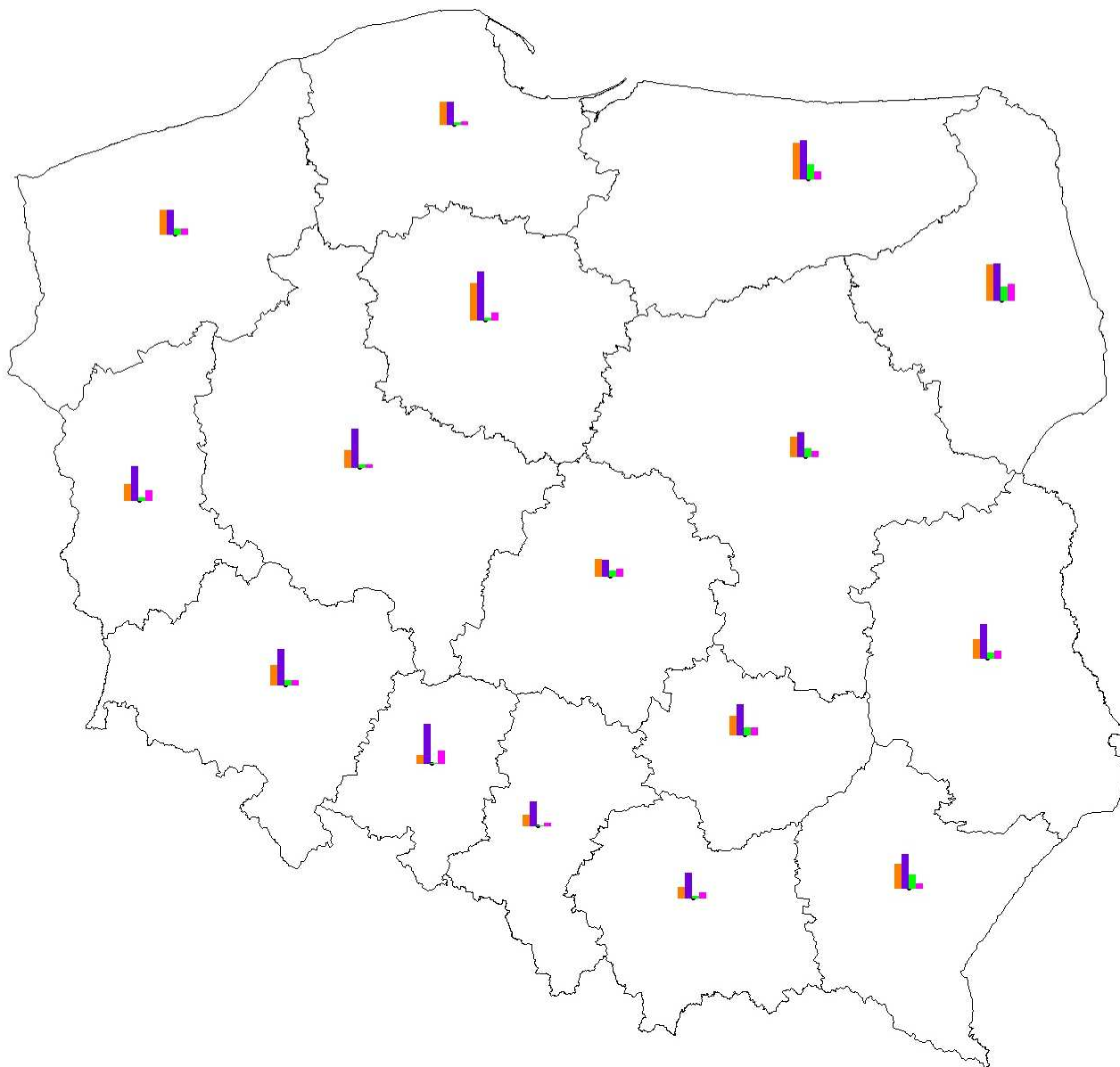
W przypadku wskaźnika MDR\_UL przewaga sieci Plus jest bardziej zauważalna i sieć tak ma wyniki relatywnie lepsze niż dla MDR-DL. Porównanie wyników pozostałych operatorów wygląda podobnie jak dla wskaźnika MDR-DL.

Mapa 22. Porównanie wskaźnika RTT na drogach



Najdłuższe średnie czasy RTT zostały zmierzone w sieci Orange dla wielu województw. W województwach wschodnich i centralny najdłuższe czasy zmierzono w sieciach Play i Plus.

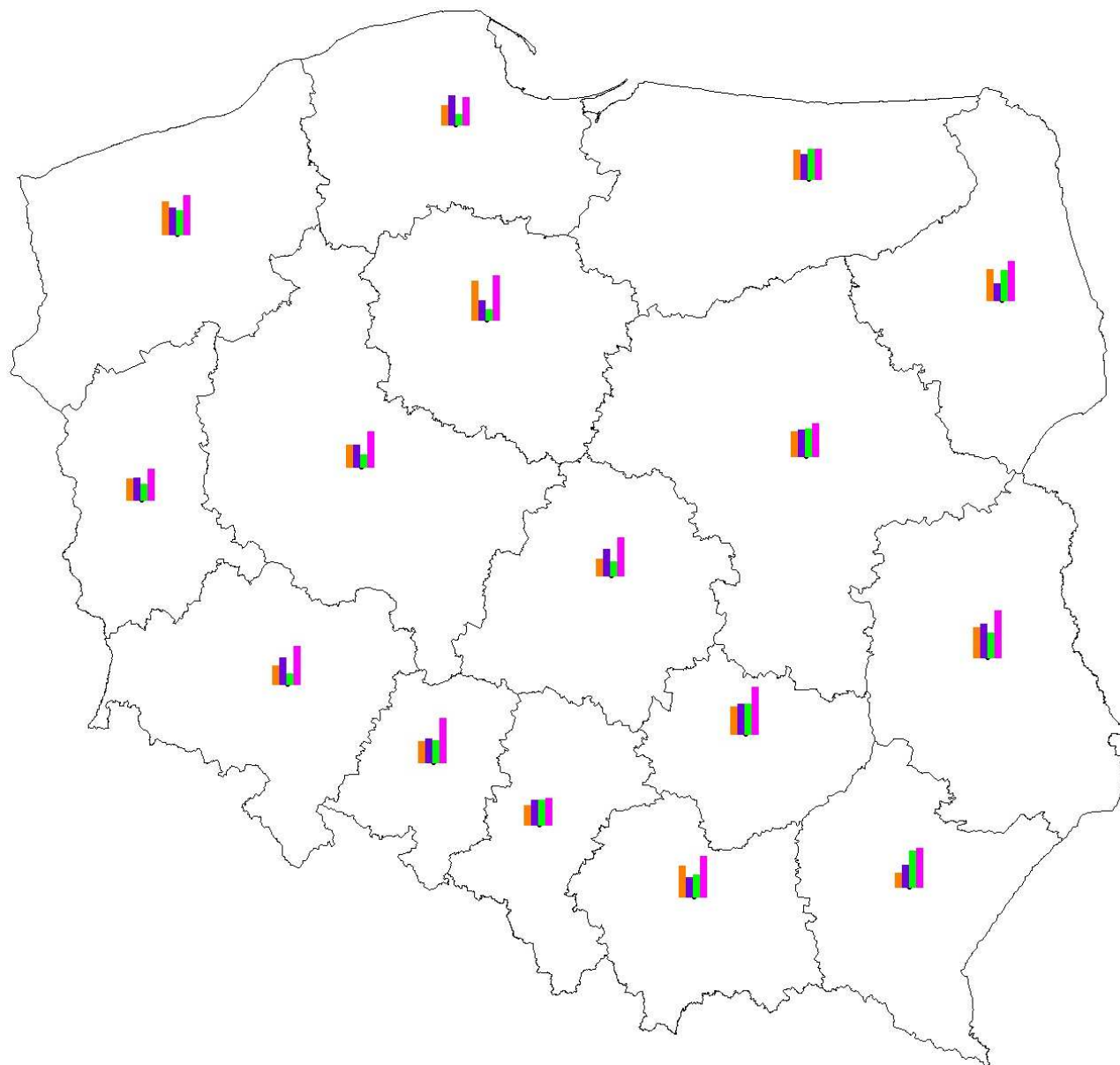
Mapa 23. Porównanie wskaźnika IPLR na drogach



Największy wskaźnik utraconych pakietów osiągnęły sieci Orange i Play. IPLR dla tych sieci jest najwyższy w 15 z 16 województw.

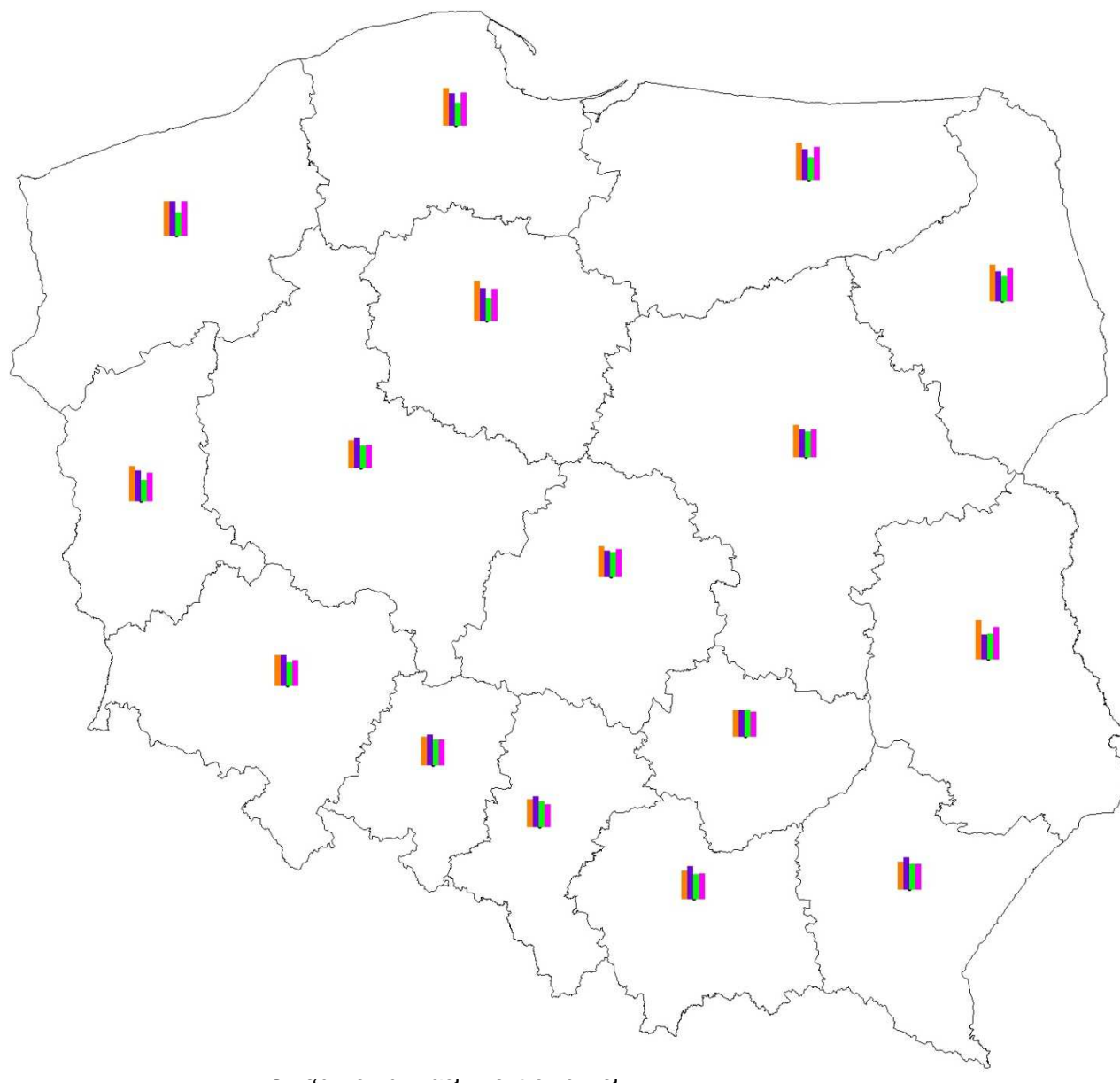


Mapa 24. Porównanie wskaźnika IPDV na drogach



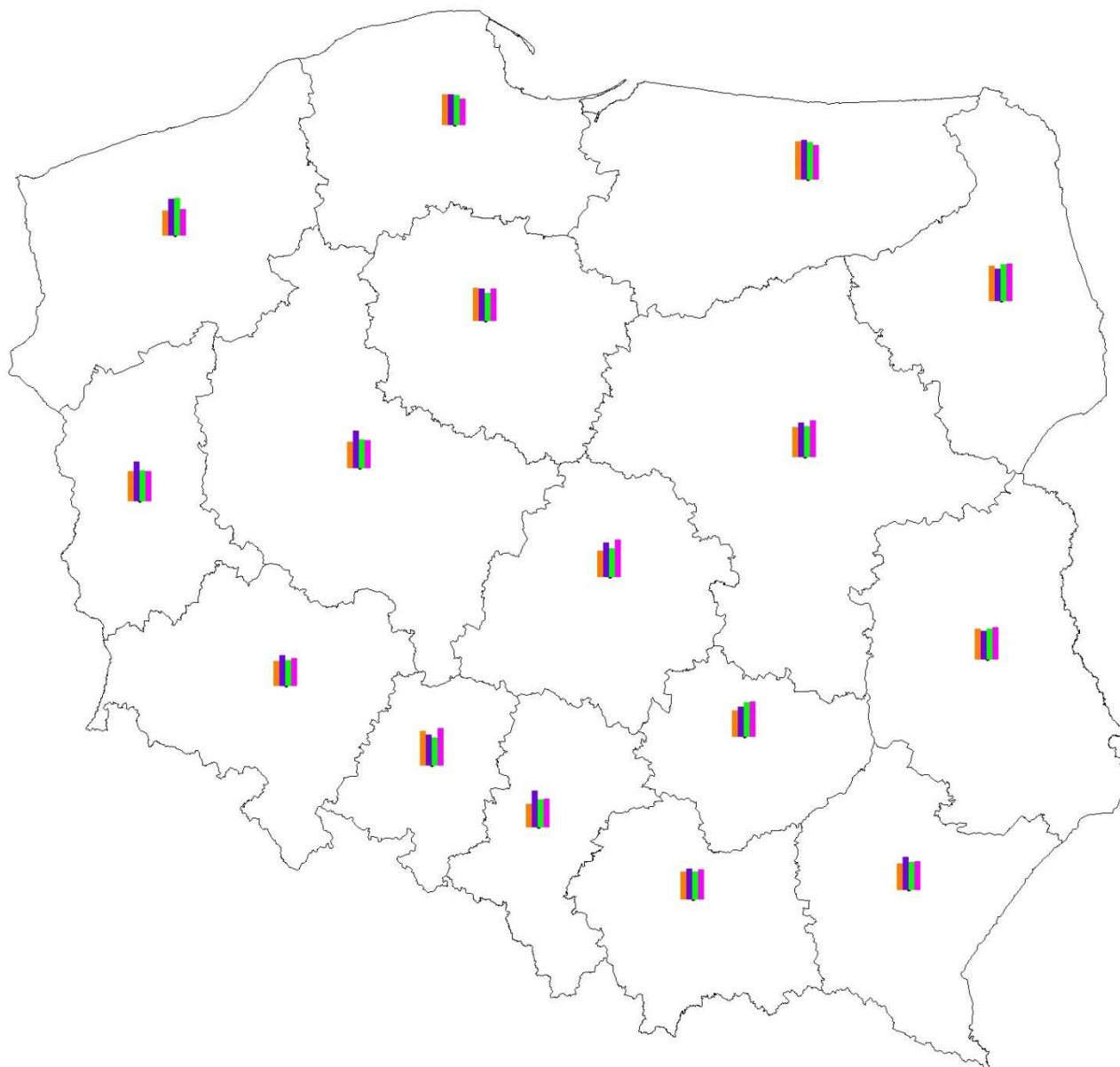
Wartości wskaźnika IPDV zawierają się w przedziale 15 do 65 ms. Jest to wartość wysoka w porównaniu z czasami opóźnienia i stanowi nawet 30% wartości RTT. W licznych miejscach najslabsze wyniki zostały uzyskane przez T-Mobile.

Mapa 25. Porównanie wskaźnika CST na drogach



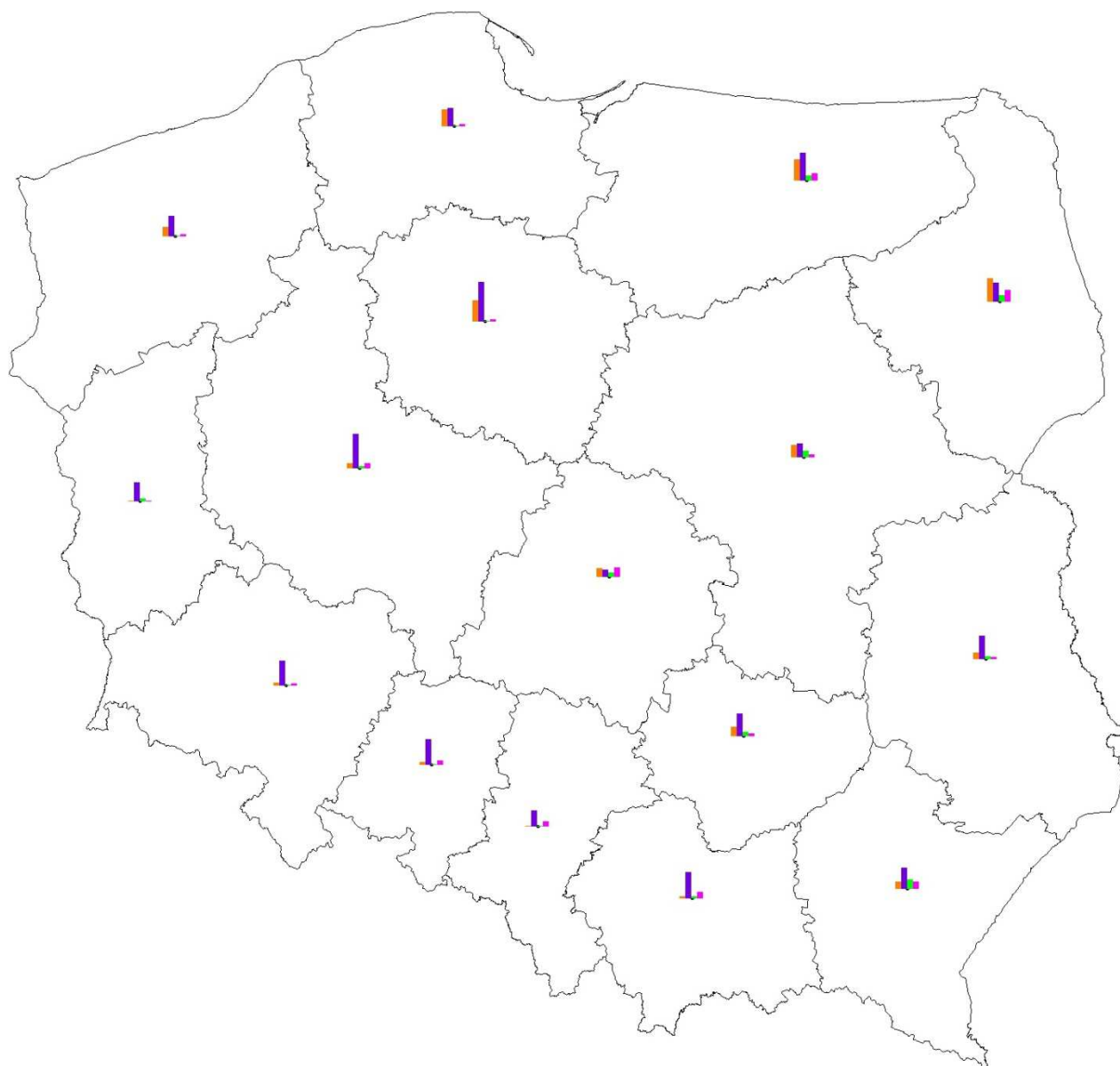
Pomierzone wartości wskaźnika CST kształtują się w większości mierzonych lokalizacji w okolicach 4s u wszystkich operatorów. Wyższe wartości występują w sieciach Orange i T-Mobile w województwach północnych i wschodnich.

Mapa 26. Porównanie wskaźnika HST Browsing na drogach



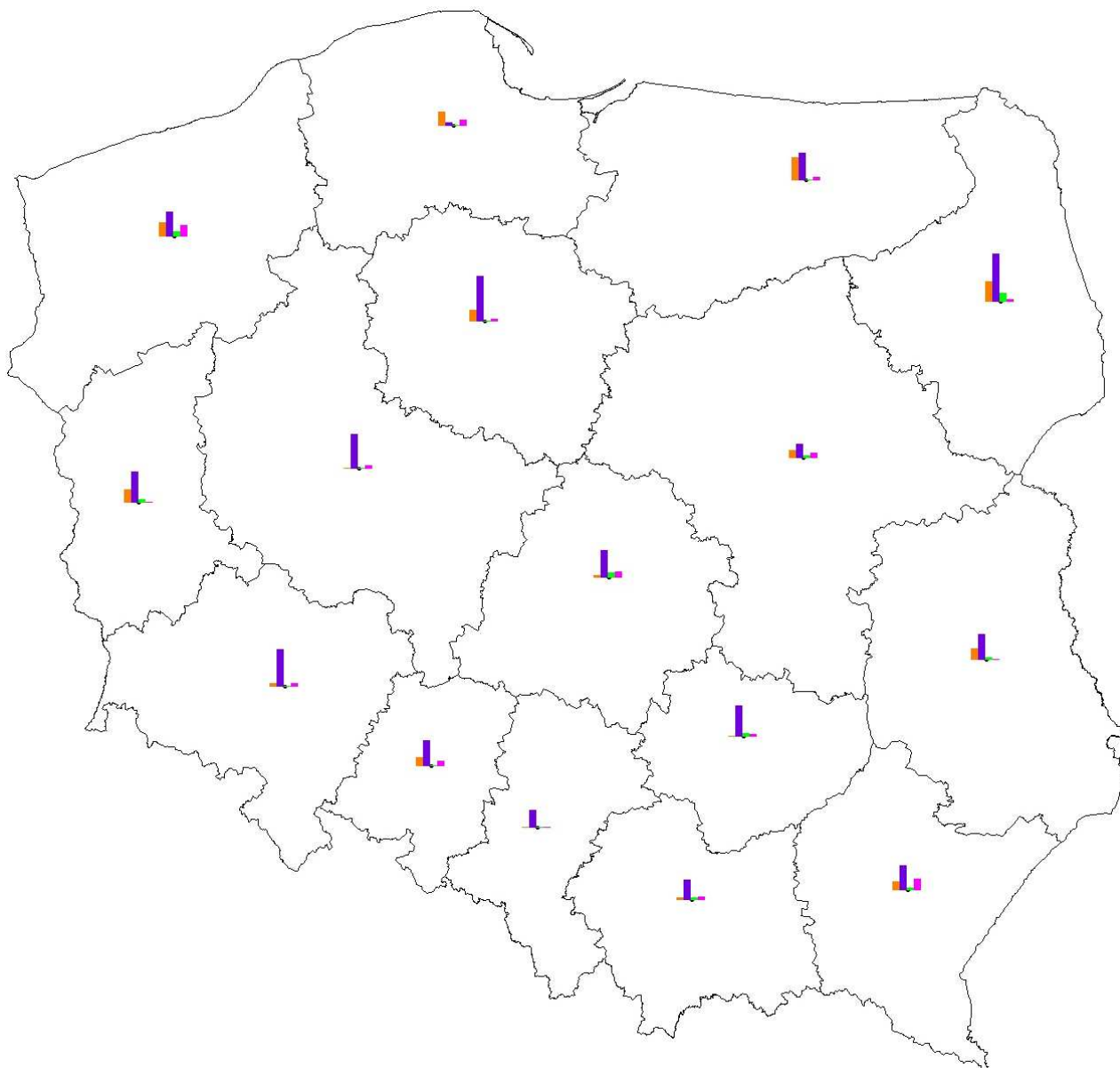
Pomierzone wartości wskaźnika HST zawierają się w większości mierzonych lokalizacji w okolicach 3-4s u wszystkich operatorów. Wskaźnik HST Browsing jest to czas w jakim ładuje się kompletna testowa strona WWW.

Mapa 27. Porównanie wskaźnika HSFR Browsing na drogach



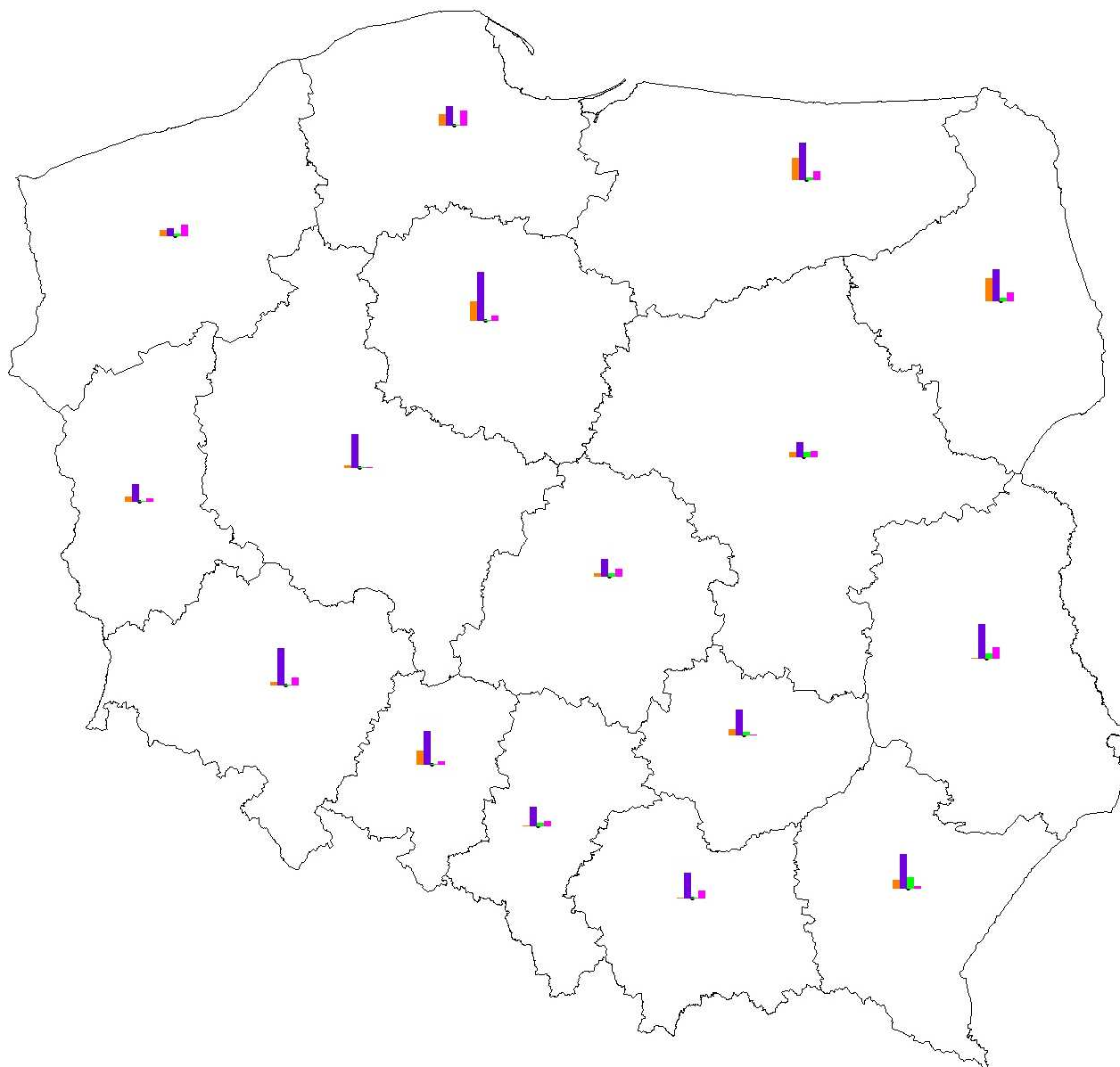
Wskaźnik nieudanych (nieukończonych) sesji HTTP Browsing kształtuje się w większości lokalizacji na poziomie od kilku do kilkunastu procent. Najwyższe wartości wskaźnika zmierzono w sieci Play. Najlepsze wyniki uzyskała sieć Plus.

Mapa 28. Porównanie wskaźnika HSFR dla FDTT\_DL na drogach



Wskaźnik nieudanych (nieukończonych) sesji transferu danych DL w większości lokalizacji jest na poziomie w okolicach 2-4%. Najwyższe wartości wskaźnika zmierzono w sieci Play w województwie podlaskim (prawie 22%). W województwach północnych i wschodnich podwyższone wartości zmierzono w sieci Orange (prawie 12%). Najlepsze wyniki uzyskała sieć Plus.

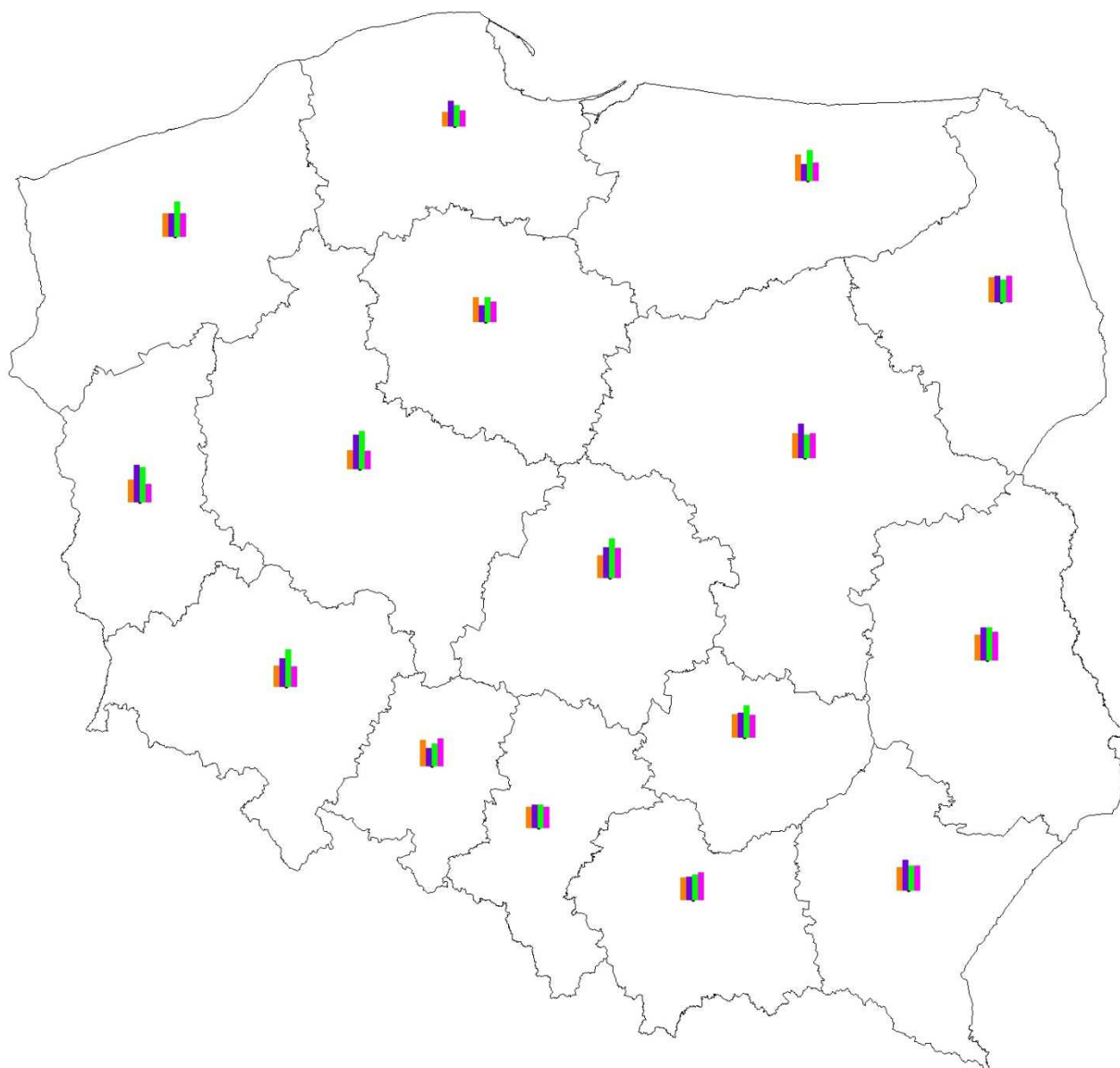
Mapa 29. Porównanie wskaźnika HSFR dla FDTT\_UL na drogach



Wskaźnik nieudanych (nieukończonych) sesji transferu danych UL w większości województw jest na poziomie w okolicach 2-3%. Najwyższe wartości wskaźnika nawet powyżej 20% zmierzono w sieci Play. Najlepsze wyniki uzyskała sieć Plus.

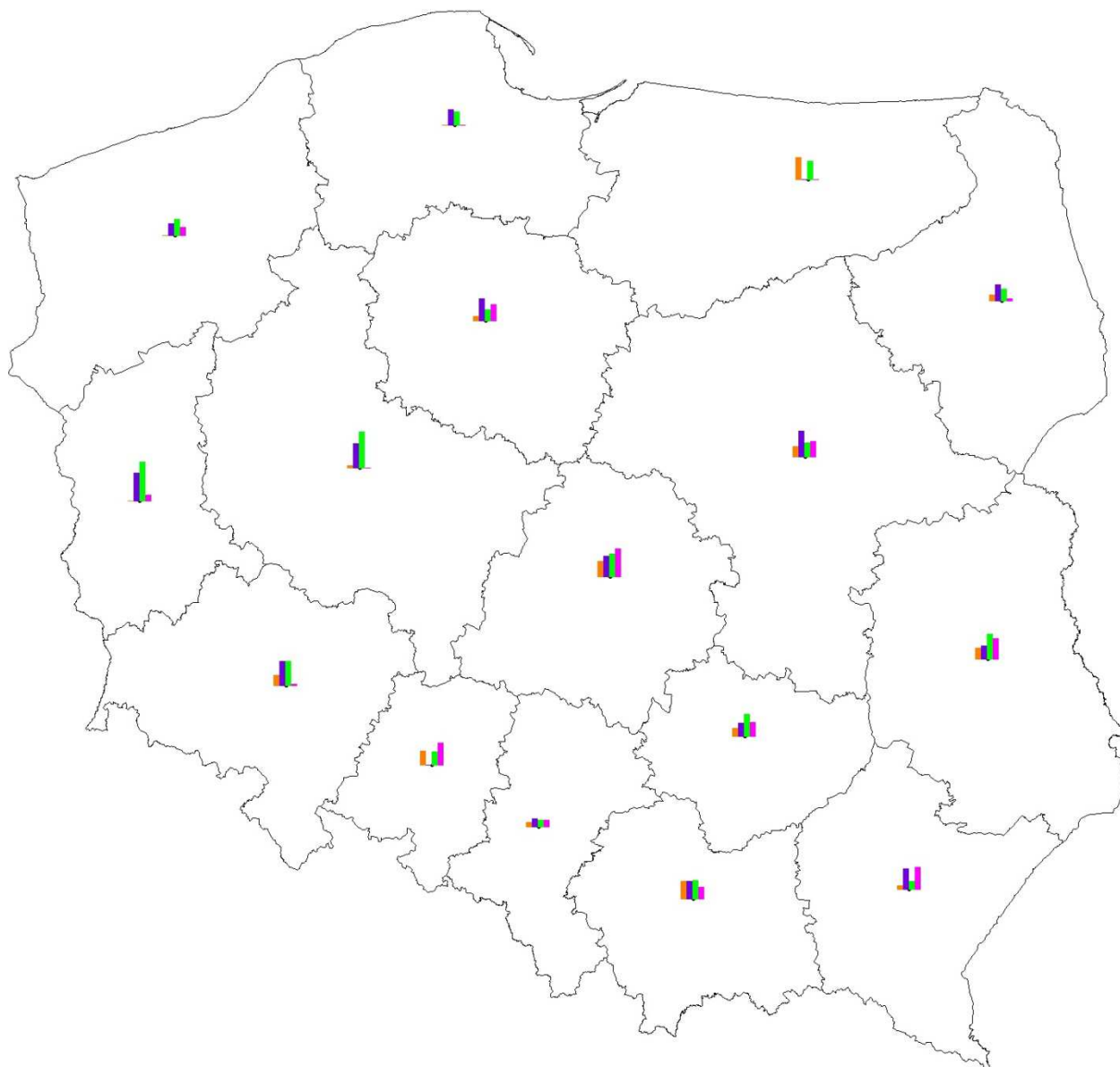


Mapa 30. Porównanie wskaźnika YRSD na drogach



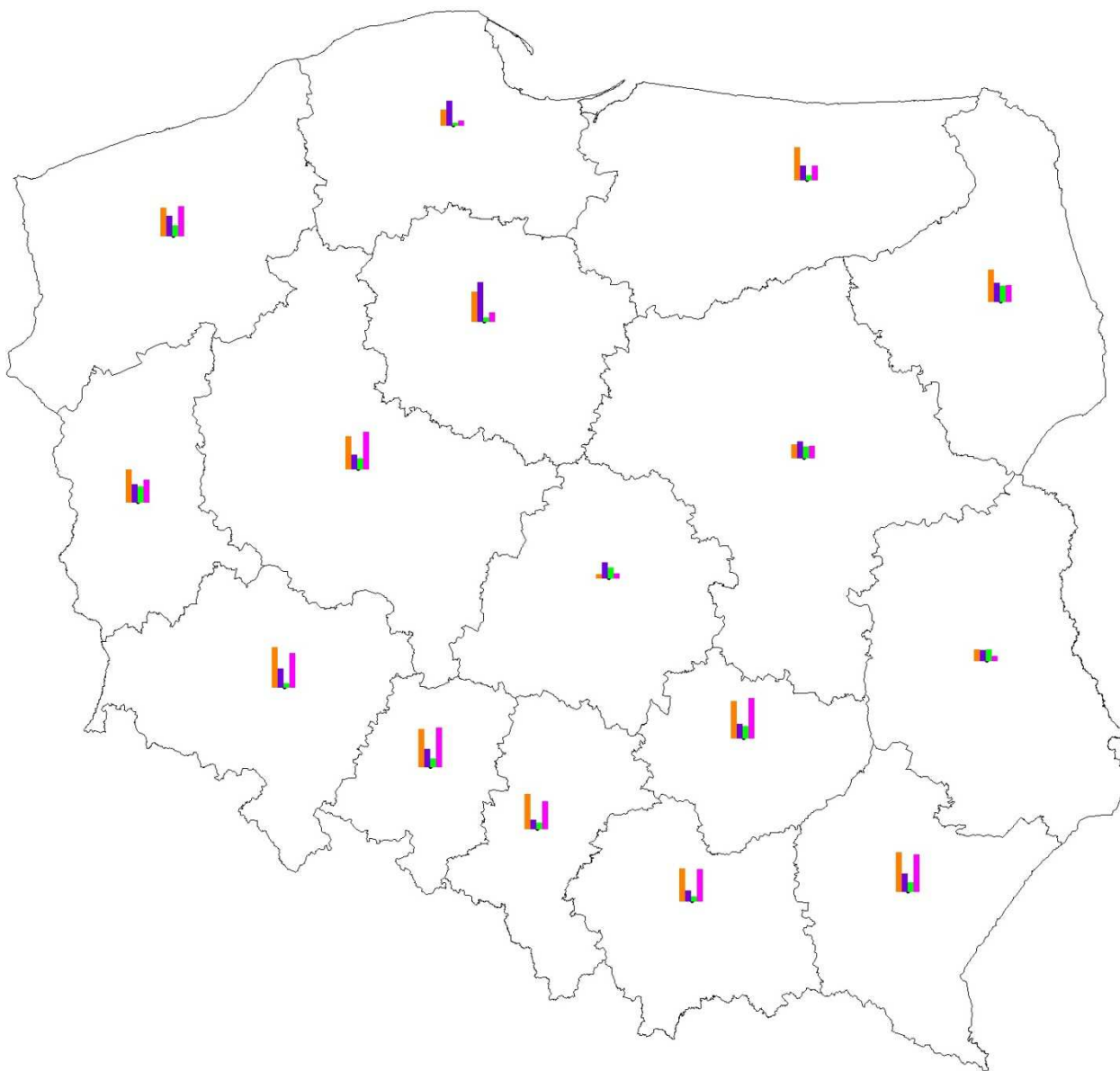
Wskaźnik YRSD to wskaźnik czasu do odtworzenia pierwszej ramki wideo z serwisu YuoTube. W większości testów uzyskiwano wyniki w okolicy poniżej 2 sekund. Gorsze wartości wskaźnika mierzono najczęściej w przypadku sieci Play, ale również w sieci Plus.

Mapa 31. Porównanie wskaźnika YF na drogach



Wskaźnik YF to wskaźnik określający jakość obrazu wideo poprzez odsetek testów wideo YouTube gdzie dla pojedynczego testu suma czasu zatrzymanego wideo (Freezing Time) przekracza wartość 500ms. Wskaźnik można interpretować, jako prawdopodobieństwo, że podczas wyświetlania klipu wideo nastąpi przerwa w wyświetlaniu wideo. Wyniki operatorów kształtują się w okolicach kilku procent niemniej jednak w wielu miejscach wartość wskaźnika była o wiele wyższa i dochodząca czasami do kilkunastu procent w przypadku sieci Plus.

Mapa 32. Porównanie wskaźnika DHNRT na drogach



Wskaźnik DNHRT określa średni czas potrzebny na rozwiązanie nazwy domenowej. Średnie wartości uzyskane przez operatorów zawierają się w granicach 200 do 1500 ms. W trakcie pomiarów najczęściej uzyskiwano wyższe wartości w sieciach Orange i T-Mobile w województwach na zachodzie i południu Polski. Na północy Polski wyższe wartości osiągnęli Play i Orange.

## 8 Dokładność pomiarów

Systemics-PAB w swoich pracach badawczych wykorzystuje ogólne statystyczne metody określania dokładności pomiarów ze szczególnym uwzględnieniem dokumentów ETSI np. ETSI EG 202 057, ETSI TR 100 028-1 i ETSI TR 100 028-2. Odnośnie zagadnień statystycznych Systemics-PAB posiłkuje się publikacjami z zakresu statystyki np. Teoria pomiarów – PWN, H. Szydłowski; Niepewność pomiarów – OW PW, J. Arendarski. Systemics-PAB konsultuje się w przedmiotowych sprawach również z pracownikami Instytutu Radioelektroniki i Technik Multimedialnych, Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej

W analizach statystycznych wartość przedziału niepewności określa się dla zadanego poziomu ufności określonego przez błąd statystyczny rozkładu. Błąd statystyczny (dla rozkładu normalnego) jest powiązany z odchyleniem standardowym rozkładu.

Błąd statystyczny wylicza się mnożąc funkcję odwrotną dystrybuanty rozkładu normalnego standaryzowanego dla wybranego wysokiego poziomu ufności (dla poziomu ufności 0,95 wynosi ona 1,96) i nieobciążony estymator odchylenia standardowego w próbie oraz dzieląc je przez pierwiastek z liczebności próby:

$$d = \lambda_{\gamma} \frac{\hat{s}}{\sqrt{n}}$$

Gdzie:

$d$  – błąd statystyczny,

$\lambda_{\gamma}$  – funkcja odwrotna dystrybuanty rozkładu normalnego standaryzowanego dla prawdopodobieństwa  $(1 - \frac{1-\gamma}{2})$ , gdzie  $\gamma$  jest założonym poziomem ufności estymacji,

$\hat{s}$  – nieobciążony estymator odchylenia standardowego w próbie,

$n$  – liczebność próby.

Typowo określa się niepewności wyników pomiarów dla poziomu 0,95, rzadziej 0,99 nietypowo dla 0,995. Wartości  $\lambda$  dla tak założonych poziomów wynoszą odpowiednio 1,96 (dla 95%), 2,56 (dla 99%) i 2,81 (dla 99,5%).

Rzeczywiste wyniki pomiarów nie muszą mieć rozkładu normalnego, ale dla uproszczenia obliczeń przy założeniu dużej liczby próbek pomiarowych przyjmuje się zasady określania błędów tak jak dla rozkładu normalnego.

Istotnym elementem organizacji pomiarów jest właściwy dobór liczebności próbek. Musi on być reprezentatywny zarówno w kwestii reprezentacji przestrzennej (trasa pomiarowa) i czasowej (godziny wykonywania pomiarów) jak również uwzględniać jak błąd pomiaru może wpłynąć na interpretację wyników.

Dla 95% poziomu ufności i różnych wartości zakładanego błędu  $\Delta$  uzyskujemy wymagane wielkości próby jak w tabelach poniżej:

| Błąd | Populacja  | Próba | Błąd | Populacja  | Próba |
|------|------------|-------|------|------------|-------|
| 3%   | 500        | 345   | 2%   | 500        | 417   |
| 3%   | 1 000      | 526   | 2%   | 1 000      | 714   |
| 3%   | 2 000      | 714   | 2%   | 2 000      | 1111  |
| 3%   | 3 000      | 811   | 2%   | 3 000      | 1364  |
| 3%   | 4 000      | 870   | 2%   | 4 000      | 1538  |
| 3%   | 5 000      | 909   | 2%   | 5 000      | 1667  |
| 3%   | 10 000     | 1000  | 2%   | 10 000     | 2000  |
| 3%   | 100 000    | 1099  | 2%   | 100 000    | 2439  |
| 3%   | 1 000 000  | 1110  | 2%   | 1 000 000  | 2494  |
| 3%   | 20 000 000 | 1111  | 2%   | 20 000 000 | 2500  |

| Błąd | Populacja  | Próba | Błąd | Populacja  | Próba |
|------|------------|-------|------|------------|-------|
| 1%   | 500        | 476   | 0,5% | 500        | 494   |
| 1%   | 1 000      | 909   | 0,5% | 1 000      | 976   |
| 1%   | 2 000      | 1667  | 0,5% | 2 000      | 1905  |
| 1%   | 3 000      | 2308  | 0,5% | 3 000      | 2791  |
| 1%   | 4 000      | 2857  | 0,5% | 4 000      | 3636  |
| 1%   | 5 000      | 3333  | 0,5% | 5 000      | 4444  |
| 1%   | 10 000     | 5000  | 0,5% | 10 000     | 8000  |
| 1%   | 100 000    | 9091  | 0,5% | 100 000    | 28571 |
| 1%   | 1 000 000  | 9901  | 0,5% | 1 000 000  | 38462 |
| 1%   | 20 000 000 | 9995  | 0,5% | 20 000 000 | 39920 |

Tabela 20. Liczność próby, a dokładność pomiaru

Wykonane przez Systemics-PAB ilości testów dla wymaganych agregacji pozwalają oszacować, że błąd statystyczny leży w przedziale znacząco poniżej 3% błędu statystycznego. W takim przypadku było możliwe zapewnienie uzyskania dokładności lepszej niż 10% błędu względnego dla wielkości, dla którym 3% błąd statystyczny jest mniejszy niż 10% zmierzonej wartości (np. skuteczność połączeń, która oscyluje w okolicach 97-98%). Nie możliwe ze statystycznego punktu widzenia było spełnienie wymagania aby błąd statystyczny, względny był nie większy niż 10%" np. w przypadku częstości zerwanych połączeń. Przy oczekiwanej wartości tego wskaźnika na poziomie poniżej 2 % względny błąd 10% oznacza 10% od 2% czyli 0,2 %.

Liczby testów w poszczególnych agregacjach:

|                                  | Orange | Play  | Plus  | T-Mobile |
|----------------------------------|--------|-------|-------|----------|
| Połączenia głosowe               | 5 370  | 5 482 | 5 390 | 5 397    |
| Test transferu danych - Download | 2 376  | 2 387 | 2 420 | 2 305    |
| Test transferu danych - Upload   | 2 272  | 2 295 | 2 335 | 2 404    |
| Test opóźnienia pakietów danych  | 2 350  | 2 364 | 2 408 | 2 378    |
| Test zmienności opóźnienia       | 2 262  | 2 289 | 2 327 | 2 302    |
| Test referencyjnej strony WWW    | 2 259  | 2 281 | 2 321 | 2 297    |
| Test YouTube                     | 2 199  | 2 181 | 2 290 | 2 249    |

Tabela 21. Statystyka testów – Aglomeracje

|                                  | Orange | Play  | Plus  | T-Mobile |
|----------------------------------|--------|-------|-------|----------|
| Połączenia głosowe               | 3 751  | 3 758 | 3 715 | 3 766    |
| Test transferu danych - Download | 2 018  | 1 951 | 2 016 | 1 889    |
| Test transferu danych - Upload   | 1 907  | 1 894 | 1 927 | 1 996    |
| Test opóźnienia pakietów danych  | 1 981  | 1 951 | 2 000 | 1 974    |
| Test zmienności opóźnienia       | 1 898  | 1 888 | 1 925 | 1 902    |
| Test referencyjnej strony WWW    | 1 893  | 1 882 | 1 921 | 1 871    |
| Test YouTube                     | 1 858  | 1 785 | 1 879 | 1 861    |

Tabela 22. Statystyka testów – Miasta

|                                  | Orange | Play  | Plus  | T-Mobile |
|----------------------------------|--------|-------|-------|----------|
| Połączenia głosowe               | 3 205  | 3 189 | 3 143 | 3 237    |
| Test transferu danych - Download | 1 699  | 1 663 | 1 738 | 1 605    |
| Test transferu danych - Upload   | 1 600  | 1 439 | 1 662 | 1 692    |
| Test opóźnienia pakietów danych  | 1 650  | 1 518 | 1 722 | 1 650    |
| Test zmienności opóźnienia       | 1 588  | 1 394 | 1 648 | 1 598    |
| Test referencyjnej strony WWW    | 1 578  | 1 378 | 1 637 | 1 587    |
| Test YouTube                     | 1 481  | 1 132 | 1 539 | 1 510    |

Tabela 23. Statystyka testów - Drogi

Podsumowując Systemics-PAB zapewnia, że dla zrealizowanej liczności próby dokładność badania dla poziomu ufności 95% z błędem względnym nie większym niż 10% dla wskaźników, których wartości przyjmują względnie wysokie wartości nominalne (zakładany 3% błąd statystyczny nie jest wyższy niż 10% błąd względny). Dla wskaźników o małych wartościach zmierzonych dokładność ta jest z matematycznego punktu widzenia niemożliwa do osiągnięcia ze względu na ograniczoną licznosc próby (liczby testów w zamówionym przez UKE czasie badania). Wynika to z faktu, że błąd względny obliczany z wartości zmierzonej może wielokrotnie przekraczać błąd statystyczny możliwy do osiągnięcia dla zadanej próby pomiarowej.

Przykładowe uzyskane wartości przedziału ufności (CI – Confidence Interval, czyli podwójny błąd statystyczny) dla poziomu ufności 95% dla wybranych wskaźników dla całości pomiarów potwierdzają przedstawioną powyżej tezę:

| Połączenia głosowe CSSR       |        | Orange       | Play         | Plus         | T-Mobile     |
|-------------------------------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Udane próby                   | Liczba | 12 237       | 12 365       | 12 123       | 12 322       |
| Wszystkie próby               | Liczba | 12 326       | 12 429       | 12 248       | 12 400       |
| <b>Wartość średnia CSSR</b>   | [%]    | <b>99,28</b> | <b>99,49</b> | <b>98,98</b> | <b>99,37</b> |
| <b>Przedział ufności (CI)</b> | [%]    | <b>0,15%</b> | <b>0,13%</b> | <b>0,18%</b> | <b>0,14%</b> |

Tabela 24. Dokładność pomiarów - CSSR



| Połączenia głosowe DCR     |        | Orange      | Play        | Plus        | T-Mobile    |
|----------------------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Zerwane połączenia         | Liczba | 38          | 30          | 89          | 27          |
| Wszystkie próby            | Liczba | 12 237      | 12 365      | 12 123      | 12 322      |
| <b>Wartość średnia DCR</b> | [%]    | <b>0,31</b> | <b>0,24</b> | <b>0,73</b> | <b>0,22</b> |
| Przedział ufności (CI)     | [%]    | 0,10%       | 0,09%       | 0,15%       | 0,09%       |

Tabela 25. Dokładność pomiarów - DCR

| Połączenia MOS_PI      |        | Orange       | Play         | Plus         | T-Mobile     |
|------------------------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Próby POLQA >= 3       | Liczba | 12 171       | 12 323       | 11 979       | 12 271       |
| Wszystkie próby        | Liczba | 12 326       | 12 429       | 12 248       | 12 400       |
| <b>POLQA MOS_PI</b>    | [%]    | <b>99,77</b> | <b>99,90</b> | <b>99,54</b> | <b>99,80</b> |
| Przedział ufności (CI) | [%]    | 0,20%        | 0,16%        | 0,26%        | 0,18%        |

Tabela 26. Dokładność pomiarów – MOS\_PI

| Test transmisji danych MDR (DL) 0s ÷ 20s |        | Orange       | Play         | Plus         | T-Mobile     |
|--|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Wszystkie próby                          | Liczba | 5 995        | 5 730        | 6 148        | 5 735        |
| <b>MDR (DL) 0s ÷ 20s</b>                 | [Mb/s] | <b>19,65</b> | <b>12,27</b> | <b>25,15</b> | <b>20,59</b> |
| Odchylenie standardowe StDev             | [Mb/s] | 14,31        | 10,65        | 18,04        | 15,22        |
| Przedział ufności (CI)                   | [Mb/s] | 0,3622       | 0,2758       | 0,4509       | 0,3939       |

Tabela 27. Dokładność pomiarów – MDR\_DL 0-20

| Test transmisji danych MDR (DL) 20s ÷ 40s |        | Orange       | Play         | Plus         | T-Mobile     |
|---|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Wszystkie próby                           | Liczba | 5 995        | 5 730        | 6 148        | 5 735        |
| <b>MDR (DL) 20s ÷ 40s</b>                 | [Mb/s] | <b>19,81</b> | <b>12,64</b> | <b>25,42</b> | <b>20,78</b> |
| Odchylenie standardowe StDev              | [Mb/s] | 14,49        | 11,08        | 18,76        | 15,11        |
| Przedział ufności (CI)                    | [Mb/s] | 0,3668       | 0,2869       | 0,4689       | 0,3911       |

Tabela 28. Dokładność pomiarów – MDR\_DL 20-40

| Test transmisji danych MDR (DL) 40s ÷ 60s |        | Orange       | Play         | Plus         | T-Mobile     |
|---|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Wszystkie próby                           | Liczba | 5 995        | 5 730        | 6 148        | 5 735        |
| <b>MDR (DL) 40s ÷ 60s</b>                 | [Mb/s] | <b>19,70</b> | <b>12,71</b> | <b>25,08</b> | <b>20,60</b> |
| Odchylenie standardowe StDev              | [Mb/s] | 21,66        | 10,92        | 18,56        | 15,26        |
| Przedział ufności (CI)                    | [Mb/s] | 0,5483       | 0,2827       | 0,4639       | 0,3950       |

Tabela 29. Dokładność pomiarów – MDR\_DL 40-60

| Czas opóźnienia RTT          |             | Orange       | Play          | Plus          | T-Mobile     |
|------------------------------|-------------|--------------|---------------|---------------|--------------|
| Wszystkie próby              | Liczba      | 12 171       | 12 323        | 11 979        | 12 271       |
| <b>RTT</b>                   | <b>[ms]</b> | <b>97,70</b> | <b>129,45</b> | <b>105,54</b> | <b>93,66</b> |
| Odchylenie standardowe StDev | [ms]        | 121,62       | 108,39        | 119,26        | 114,48       |
| Przedział ufności (CI)       | [ms]        | 2,1607       | 1,9138        | 2,1357        | 2,0256       |

Tabela 30. Dokładność pomiarów – RTT

| Wskaźnik błędów HSFR (DL) |            | Orange      | Play        | Plus        | T-Mobile    |
|---------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Błędne próby              | Liczba     | 98          | 271         | 26          | 64          |
| Wszystkie próby           | Liczba     | 6 093       | 6 001       | 6 174       | 5 799       |
| <b>HSFR (DL)</b>          | <b>[%]</b> | <b>1,61</b> | <b>4,52</b> | <b>0,42</b> | <b>1,10</b> |
| Przedział ufności (CI)    | [%]        | 0,32%       | 0,53%       | 0,17%       | 0,27%       |

Tabela 31. Dokładność pomiarów – HSFR\_DL

Wskaźniki takie jak CSSR i MOS\_PI, dla których zmierzone wartości średnie są zbliżone do 100% posiadają przedział ufności zapewniający błąd względny dużo mniejszy niż 10%. Wskaźniki typu HSFR i DCR mają niskie wartości zmierzone i przy zadanej próbie osiągnięcie dokładności lepszej niż 10% błędu względnego nie było możliwe.

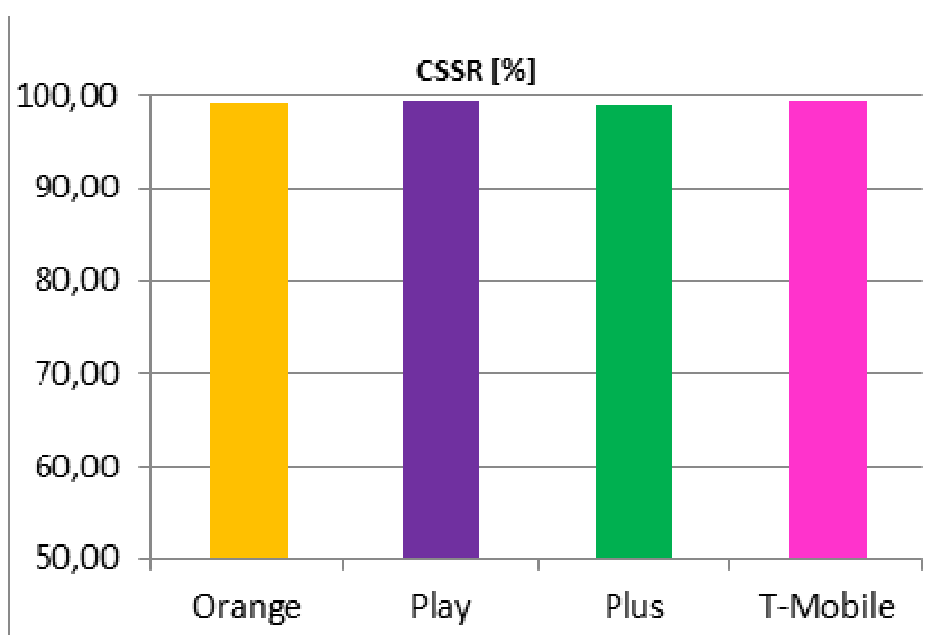
# 9

## Podsumowanie wyników badania

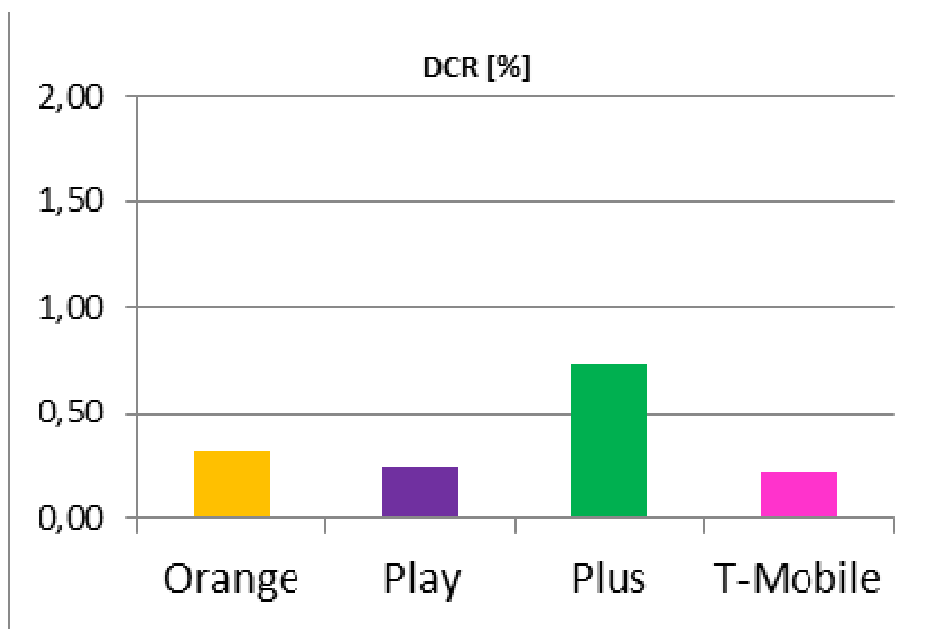
Przeprowadzone badanie jest jak do tej pory najszerszym badaniem jakości usług świadczonych przez operatorów mobilnych sieci telekomunikacyjnych w Polsce. W ciągu trzech tygodni grudnia 2015 roku wykonano pomiary we wszystkich miejscowościach powyżej 50 tysięcy mieszkańców i na drogach zarówno lokalnych jak i krajowych łączących te miejscowości. W trakcie testów pokonano 20150 km tras pomiarowych i spędzono 87 godzin prowadząc testy stacjonarne.

Badanie dotyczyło zarówno usług głosowych jak i usług transmisji danych, a także wykonawca dodatkowo wykonał testy sieci przy użyciu aplikacji do przeglądania stron WWW i do odtwarzania treści wideo z serwisu YouTube.

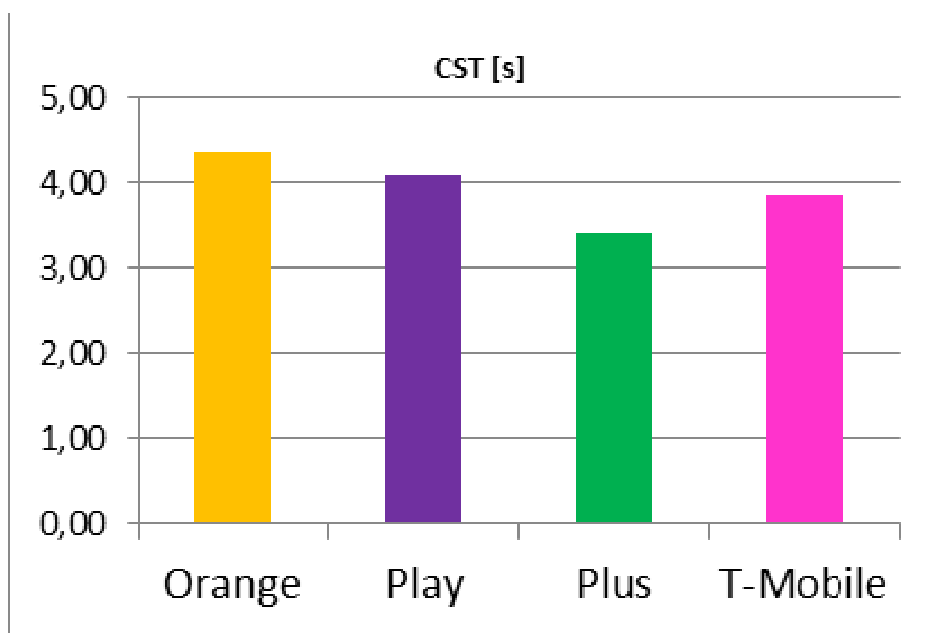
Uzyskane wyniki badania pokazują ogólny wysoki poziom świadczonych usług. Wartości wskaźników badania jakości usług głosowych świadczą o wysokiej dostępności tych usług w sieciach, krótkim czasie nawiązania połączenia i niskim prawdopodobieństwem przerwania rozmowy.



Wykres 1. Porównanie operatorów dla wskaźnika CSSR za całą Polskę

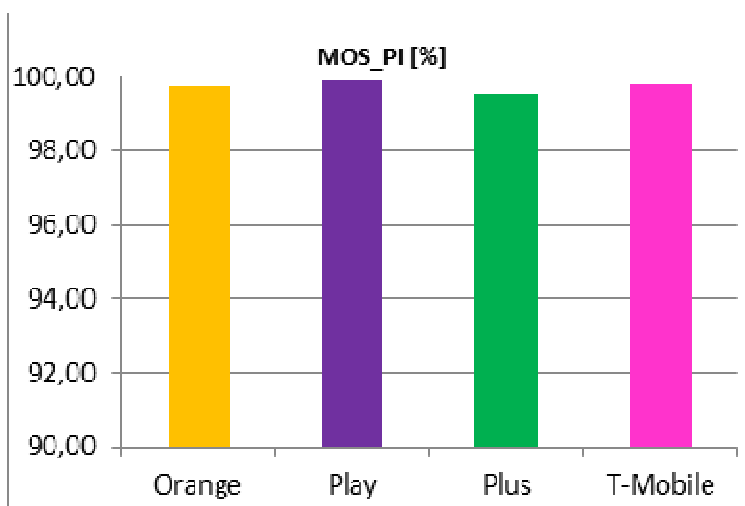


Wykres 2. Porównanie operatorów dla wskaźnika DCR za całą Polskę

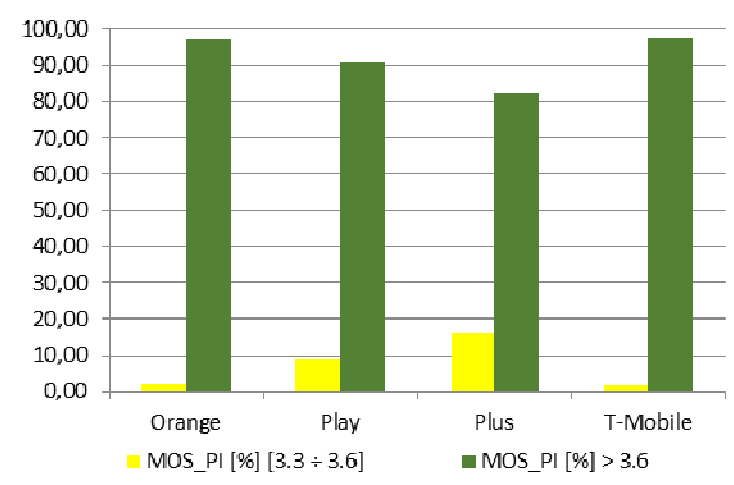


Wykres 3. Porównanie operatorów dla wskaźnika CST za całą Polskę

Wartość wskaźnika MOS\_PI jest na poziomie ponad 99% u wszystkich operatorów. Należy zwrócić uwagę, że wartość wskaźnika odnosi się połączeń z jakością powyżej 3 pkt w skali MOS czyli wartości zadawalającej. Tak zdefiniowany wskaźnik nie różnicuje operatorów pod kątem uzyskanych wyników. Należałoby zastanowić się nad przyjęciem wyższej wartości progowej ze względu na fakt stosowania przez operatorów kodeków super szerokopasmowych, które przenoszą poziom rywalizacji pomiędzy operatorami na poziom co najmniej 3,5-3,6 oceniany jako dobry.

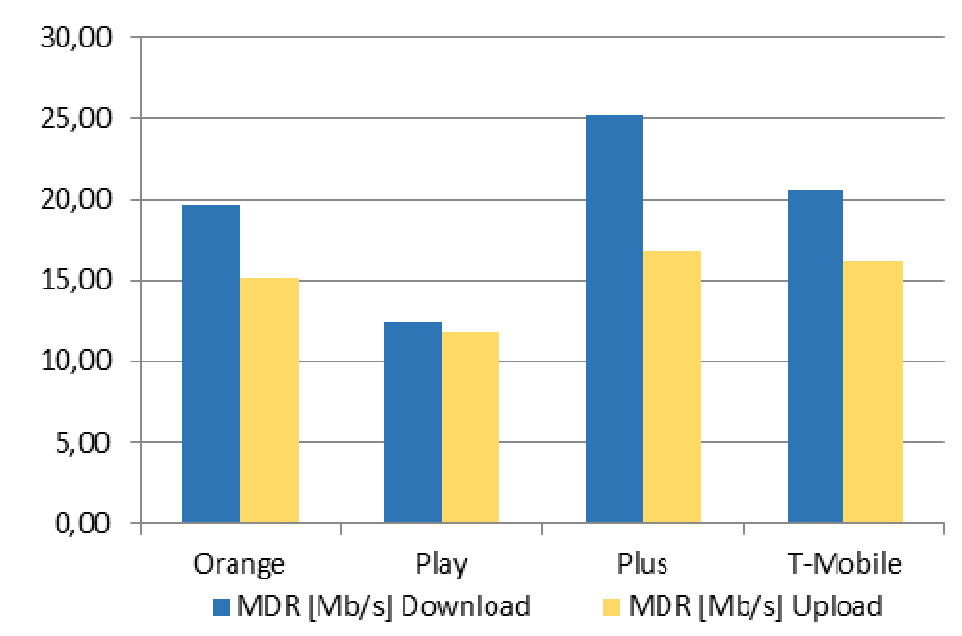


Wykres 4. Porównanie operatorów dla wskaźnika MOS\_PI za całą Polskę

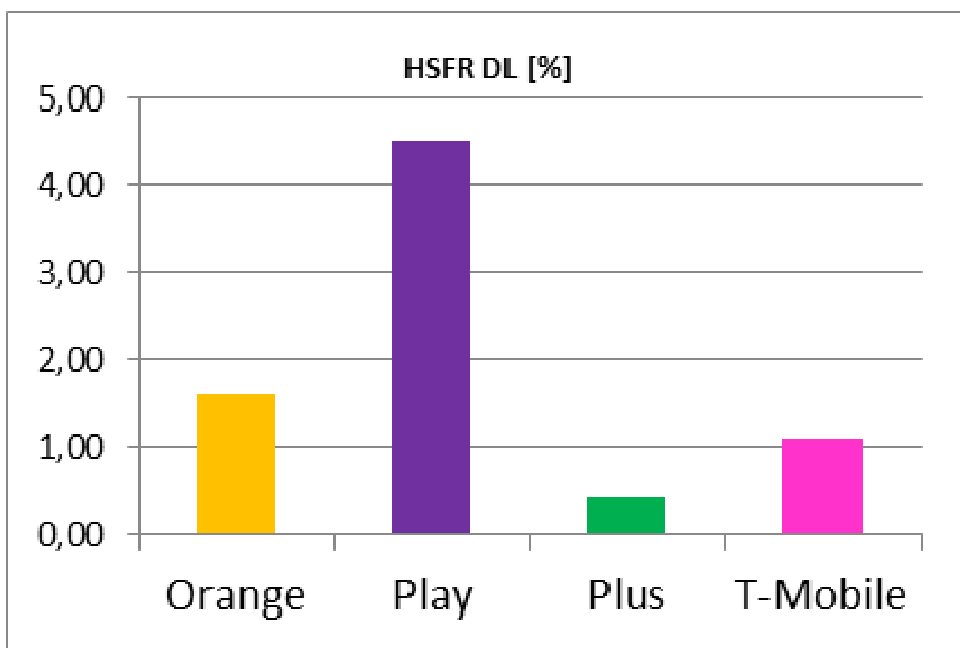


Wykres 4a. Porównanie operatorów dla wskaźnika MOS\_PI za całą Polskę dla wyższych wartości MOS

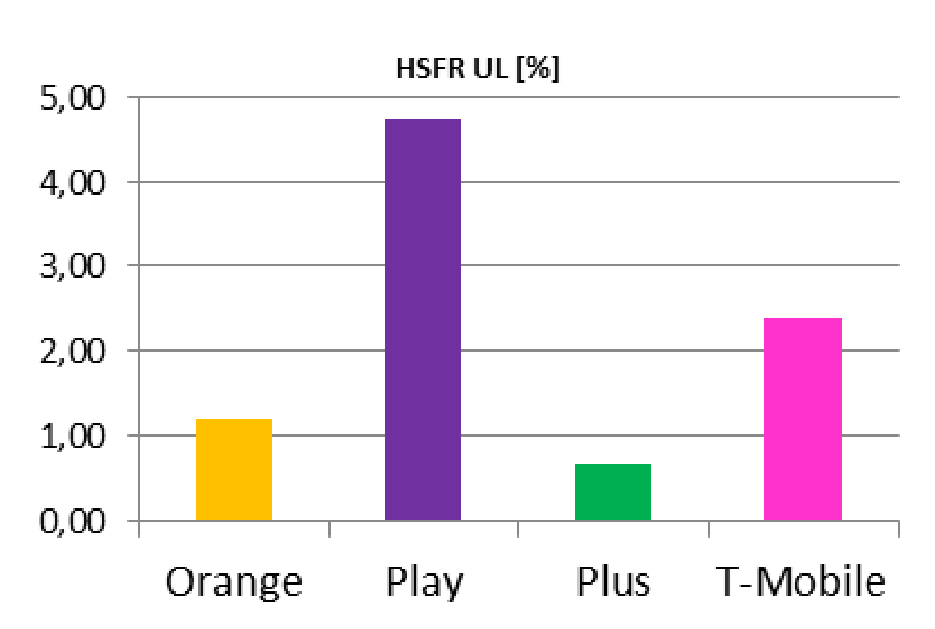
Wartości wskaźników dla usług transmisji danych są na wysokim poziomie i pozwalają swobodnie korzystać z usług i aplikacji wykorzystujących transmisję danych. Wskaźniki jakości usług transmisji danych były bardziej zróżnicowane pomiędzy operatorami co wynika bezpośrednio ze stanu wdrożenia LTE i posiadanych zasobów częstotliwościowych. Sieć Plus wykorzystuje technologię LTE w szerszym zakresie niż inni operatorzy szczególnie na obszarach pomiędzy miastami. Należy zwrócić uwagę na duży odsetek nieudanych sesji transmisji danych w sieci Play.



Wykres 5. Porównanie operatorów dla wskaźników MDR DL i UL za całą Polskę



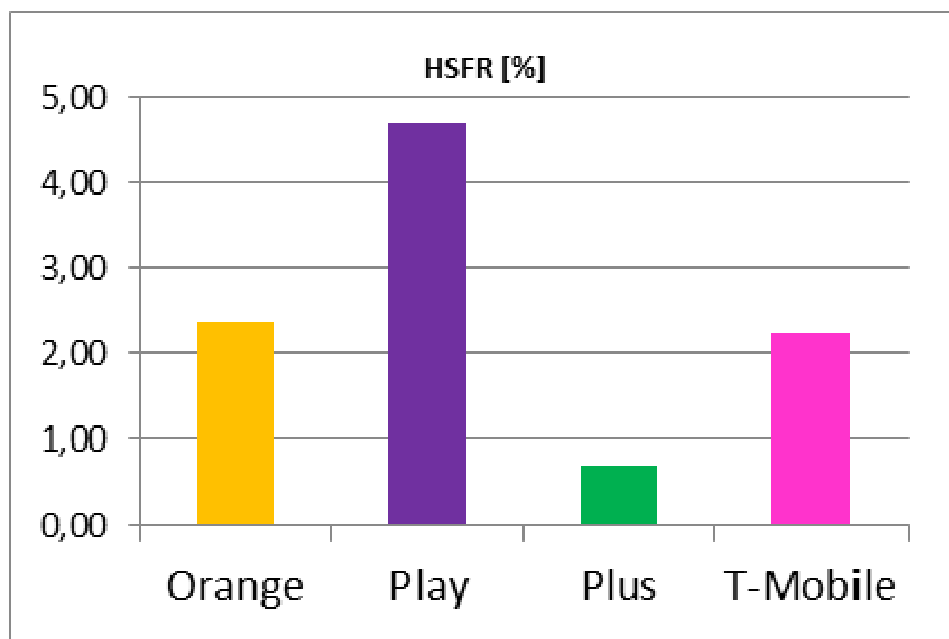
Wykres 6. Porównanie operatorów dla wskaźników HSFR DL za całą Polskę



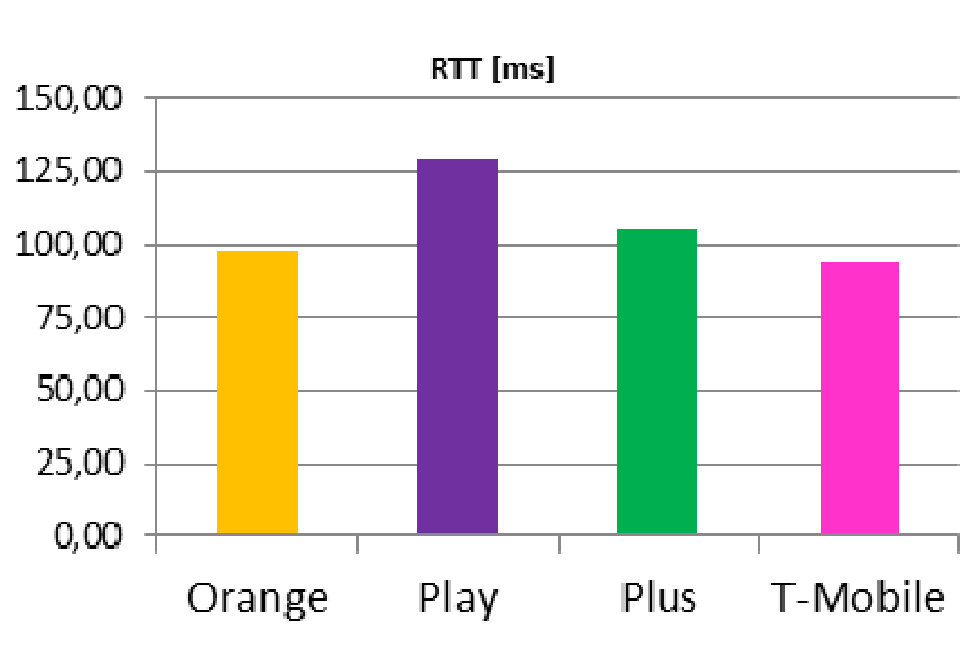
Wykres 6. Porównanie operatorów dla wskaźnika HSFR UL za całą Polskę

W uzupełnieniu testów połączeń głosowych i transmisji danych wykonano testy sieci przy użyciu aplikacji do przeglądania stron WWW i do odtwarzania treści wideo z serwisu YouTube.

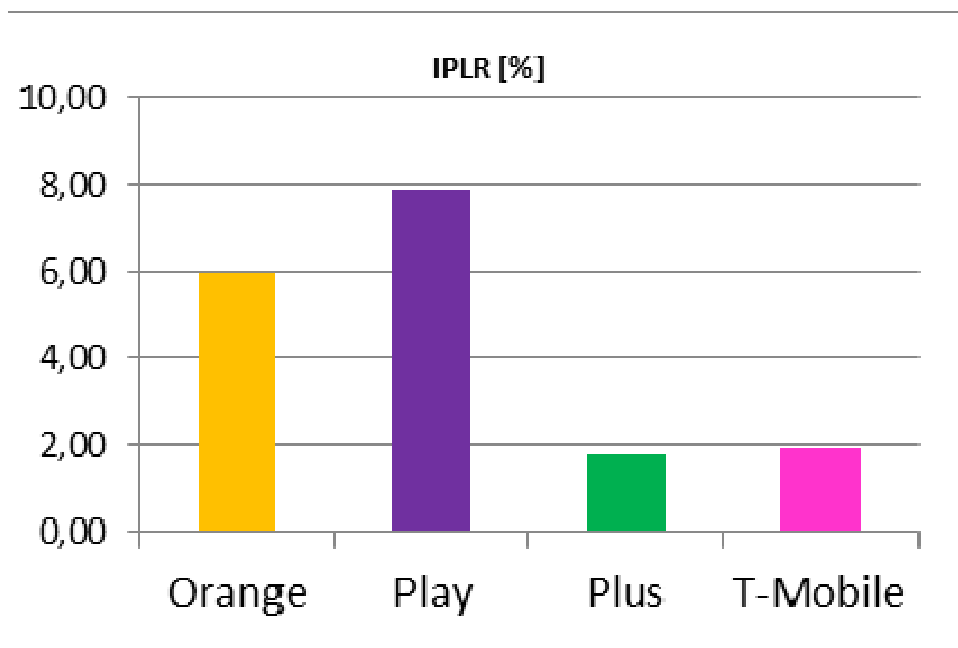




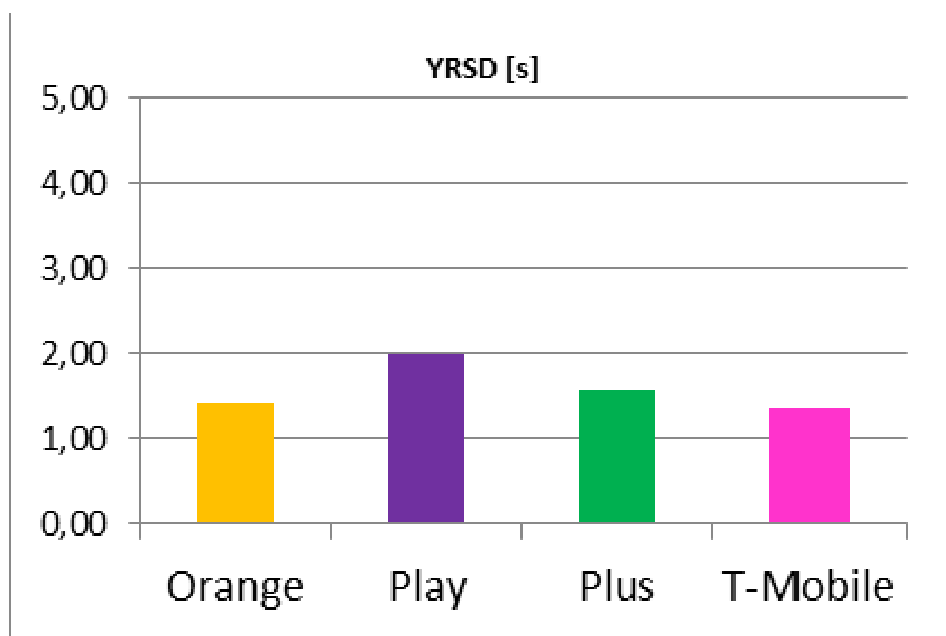
Wykres 7. Porównanie operatorów dla wskaźnika HSFR Browsing za całą Polskę



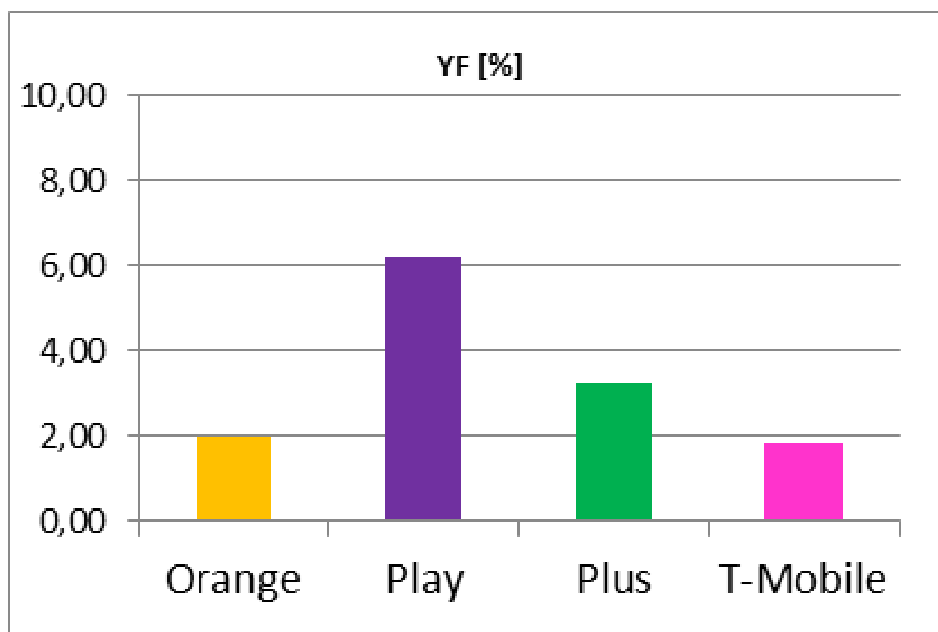
Wykres 8. Porównanie operatorów dla wskaźnika opóźnienia RTT za całą Polskę



Wykres 9. Porównanie operatorów dla wskaźnika utraty pakietów IPLR za całą Polskę



Wykres 10. Porównanie operatorów dla wskaźnika rozpoczęcia odtwarzania klipów z YouTube YRSD za całą Polskę



Wykres 11. Porównanie operatorów dla wskaźnika degradacji jakości klipów z YouTube YF za całą Polskę

## 10 Załączniki

Integralną częścią raportu są następujące załączniki:

Załącznik 1 – Dane tabelaryczne z pomiarów właściwych

Załącznik 2 – Dane tabelaryczne z pomiarów referencyjnych

Załącznik 3 – Lista mierzonych wskaźników i ich definicje

Załącznik 4 – Dane tabelaryczne testy 60s i poziomy MOS – pomiary właściwe

Załącznik 5 – Dane tabelaryczne testy 60s i poziomy MOS – pomiary referencyjne

Załącznik 6 – Szczegółowy zrealizowany harmonogram pomiarów

Załącznik 7 – Specyfikacja systemu pomiarowego