

# მობილური კომუნიკაციების ხარისხის კონტროლი 2020 (მე-2 ნაწილი)



კომუნიკაციების კომისია  
თბილისი, 2020

სარჩევი

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 1. შესავალი.....                                   | 3  |
| 2. შიდა ქართლი .....                               | 4  |
| 2.1. მარშრუტი - 560 კმ.....                        | 4  |
| 2.2. Voice Calls - ხმოვანი ზარები (GSM, UMTS)..... | 4  |
| 2.3. მონაცემთა გადაცემის მომსახურება (LTE).....    | 5  |
| 2.4. GSM ტექნოლოგიაზე მომუშავე ქსელები.....        | 8  |
| 2.5. UMTS ტექნოლოგიაზე მომუშავე ქსელები.....       | 12 |
| 2.6. LTE ტექნოლოგიაზე მომუშავე ქსელები.....        | 16 |
| 3. „დრაივ-ტესტის“ მეთოდოლოგია.....                 | 25 |
| 3.1. გამოყენებული აპარატურა.....                   | 25 |
| 3.2. მარშრუტი.....                                 | 26 |
| 3.3. მონაცემების ანალიზი.....                      | 26 |
| 4. შეფასების კრიტერიუმები.....                     | 27 |
| 4.1. ხმოვანი გამოძახების მომსახურება .....         | 27 |
| 4.2. მონაცემთა გადაცემის მომსახურება .....         | 28 |
| 4.3. GSM ქსელის დაფარვის მახასიათებლები.....       | 28 |
| 4.4. UMTS ქსელის დაფარვის მახასიათებლები.....      | 29 |
| 4.5. LTE ქსელის დაფარვის მახასიათებლები.....       | 29 |

## 1. შესავალი

ანგარიში მომზადებულია კომუნიკაციების კომისიის აპარატის სპექტრისა და ტექნოლოგიის დეპარტამენტის მიერ, ანგარიში მოიცავს „დრაივ ტესტის“ ინფორმაციას და მისი მიზანია მთელი საქართველოს მასშტაბით მობილური მომსახურებების ხარისხის კვლევა და მონიტორინგი.

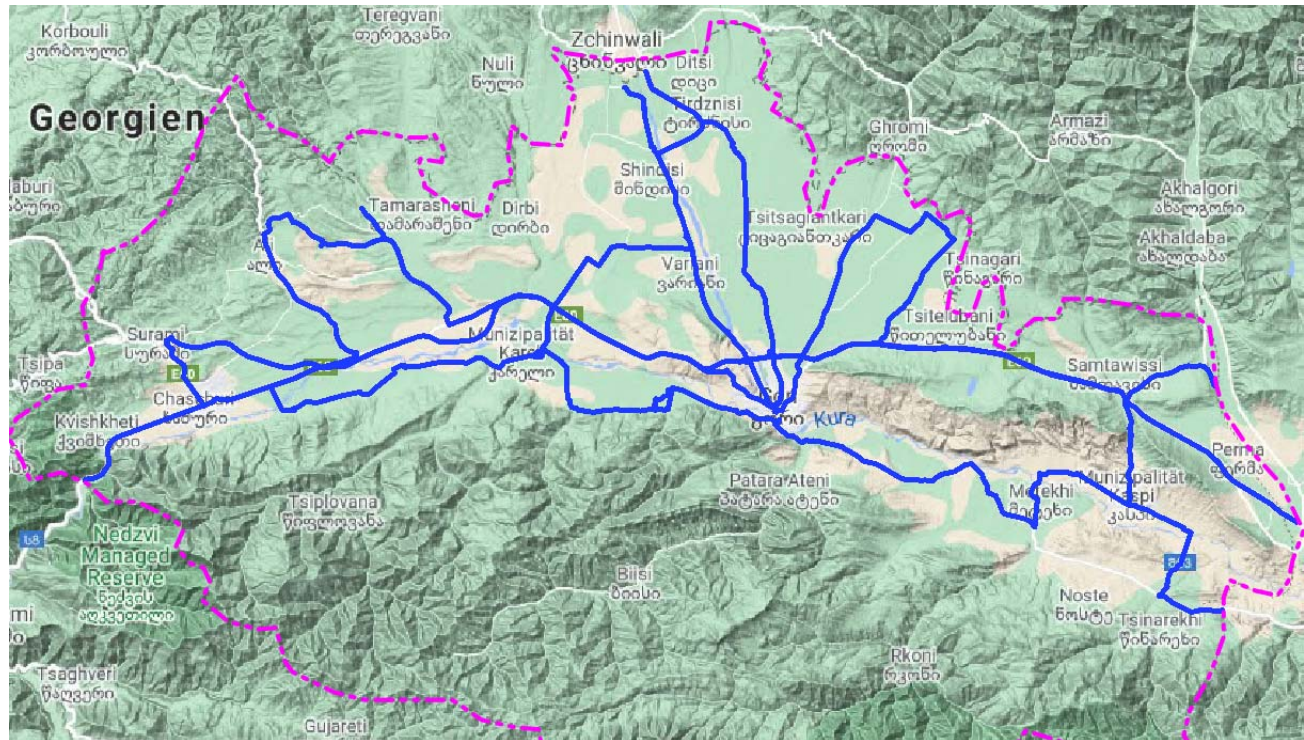
მსგავსი კვლევები ევროპის უმეტეს ქვეყნებში ტარდება და მისი მიზანია მობილური მომსახურების ბაზარზე ჯანსაღი კონკურენციის გაძლიერება, მომსახურებების ხარისხის გაზრდას და კავშირის მდგრადობის უზრუნველყოფა.

ანგარიში ასახავს მობილური ქსელების შეფასების ისეთ მახასიათებელს, როგორებიცაა ქსელის დაფარვის გეოგრაფიული არეალი, ინტერფერენციის დონე, ფიჭიდან ფიჭაზე გადასვლის კორექტულობა, განხორციელებული ზარების სტატისტიკა და სხვა. საერთაშორისო პრაქტიკის და რეკომენდაციების მიხედვით, თითოეულისათვის განსაზღვრულია შესაბამისი KPIs (Key Performance Indicators), რომლებიც განაპირობებენ წარმადობის ძირითად მახასიათებლებს. ასევე, განსაზღვრულია ქსელის ფუნქციონირების სხვა მნიშვნელოვანი პარამეტრები (ცხრილებში აღნიშნულია, როგორც ინფორმაციული), რომლებიც ზეგავლენას ახდენენ გაწეული მომსახურებების ხარისხზე.

## 2. შიდა ქართლი

### 2.1. მარშრუტი - 560 კმ.

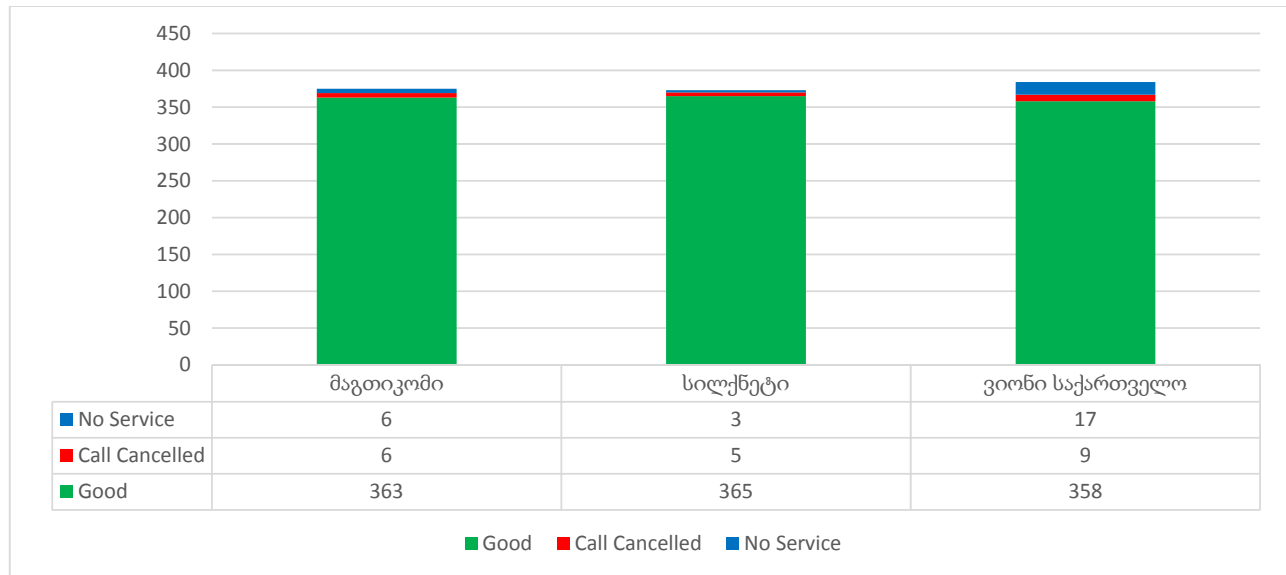
მონიტორინგის პერიოდი: სექტემბერი-ოქტომბერი, 2020.



### 2.2. Voice Calls - ხმოვანი ზარები (GSM, UMTS)

| Good Calls |          | ზღვრული მნიშვნელობა: | 96.00% |
|------------|----------|----------------------|--------|
| მაგთიკომი  | სილქნეტი | ვიონი საქართველო     |        |
| 96.8%      | 97.9%    | 93.2%                |        |

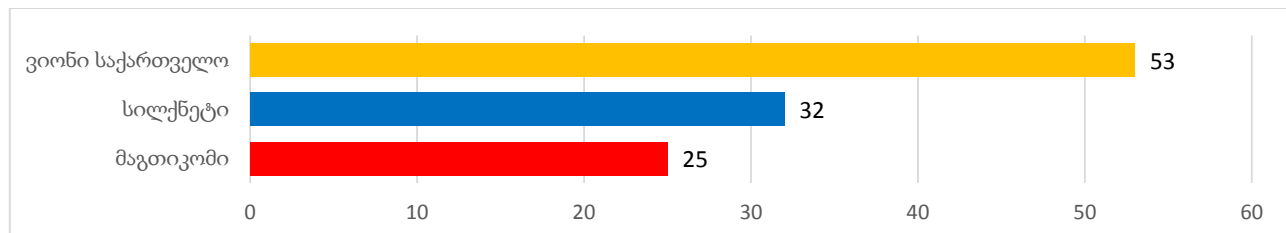
| Failed Calls |          | ზღვრული მნიშვნელობა: | 4.0% |
|--------------|----------|----------------------|------|
| მაგთიკომი    | სილქნეტი | ვიონი საქართველო     |      |
| 3.2%         | 2.1%     | 6.8%                 |      |



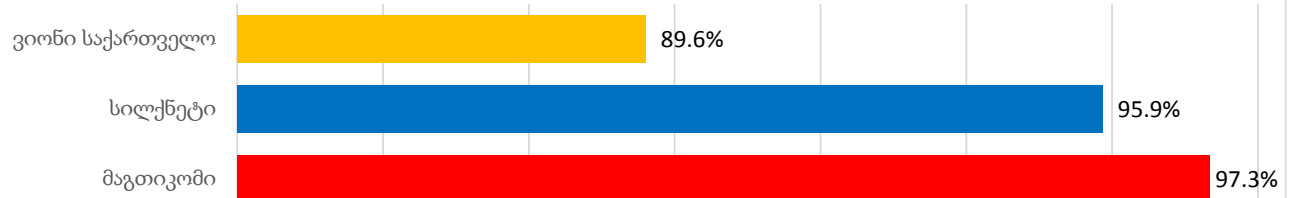
| Call Setup Time (s) |           | ზღვრული მნიშვნელობა: 10s |                  |
|---------------------|-----------|--------------------------|------------------|
|                     | მაგთიკომი | სილქნეტი                 | ვიონი საქართველო |
| < 10                | 81.82%    | 74.52%                   | 6.15%            |
| 10-15               | 16.53%    | 24.66%                   | 90.22%           |
| >15                 | 1.65%     | 0.82%                    | 3.63%            |

### 2.3. მონაცემთა გადაცემის მომსახურება (LTE)

| ICMP Ping average (ms) |           | ზღვრული მნიშვნელობა (<= მილიწამი): 90 |                  |
|------------------------|-----------|---------------------------------------|------------------|
|                        | მაგთიკომი | სილქნეტი                              | ვიონი საქართველო |
|                        | 25        | 32                                    | 53               |



Ping-ის წარმატებული ცდების პროცენტული მაჩვენებელი



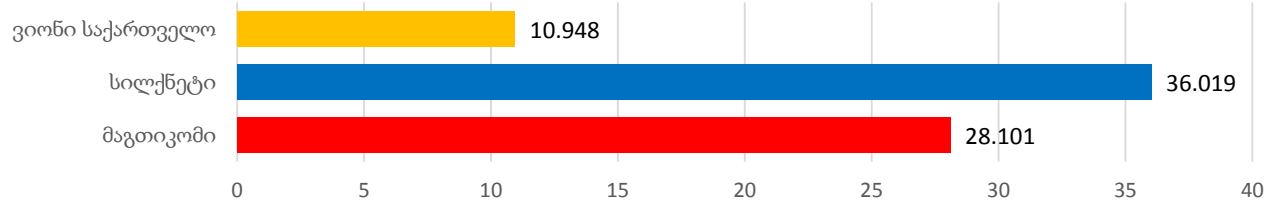
HTTP Average Data Rate (მბიტ/წმ)

ზღვრული მნიშვნელობა:

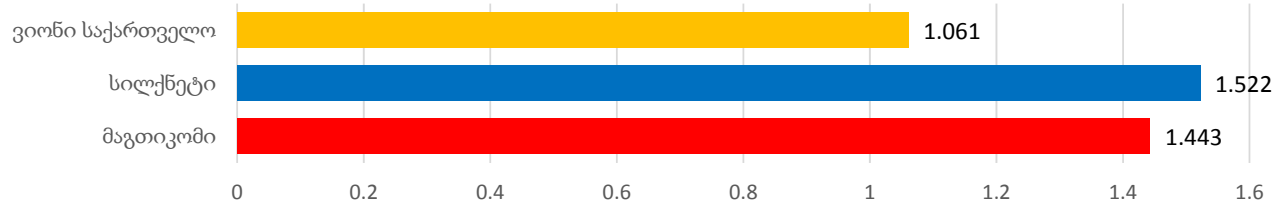
5.5

| მაგთიკომი | სილქნეტი | ვიონი საქართველო |
|-----------|----------|------------------|
| 28.101    | 36.019   | 10.948           |

HTTP პროტოკოლით ფაილის გადმოწერისას დაფიქსირებული საშუალო სიჩქარე (მბიტ/წმ)

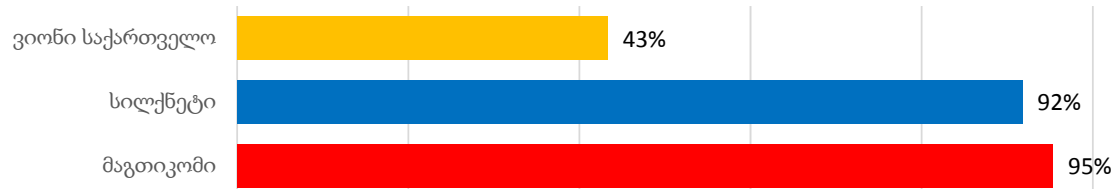


Kepler-ის გვერდის ჩამოტვირთვის დროს დაფიქსირებული საშუალო სიჩქარე (მბიტ/წმ)





HTTP პროტოკოლით მიმართვისას წარმატებული ცდების პროცენტული მაჩვენებელი



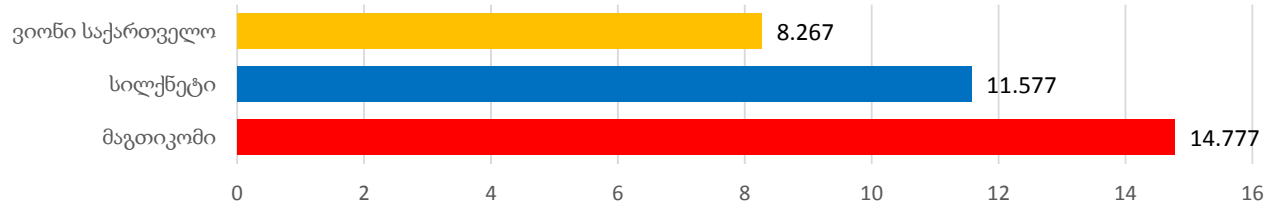
FTP Average Data Rate (მბიტ/წმ)

ზღვრული მნიშვნელობა:

5.5

| მაგთიკომი | სილქნეტი | ვიონი საქართველო |
|-----------|----------|------------------|
| 14.777    | 11.577   | 8.267            |

FTP პროტოკოლით ფაილის ატვირთვისას დაფიქსირებული საშუალო სიჩქარე (მბიტ/წმ)

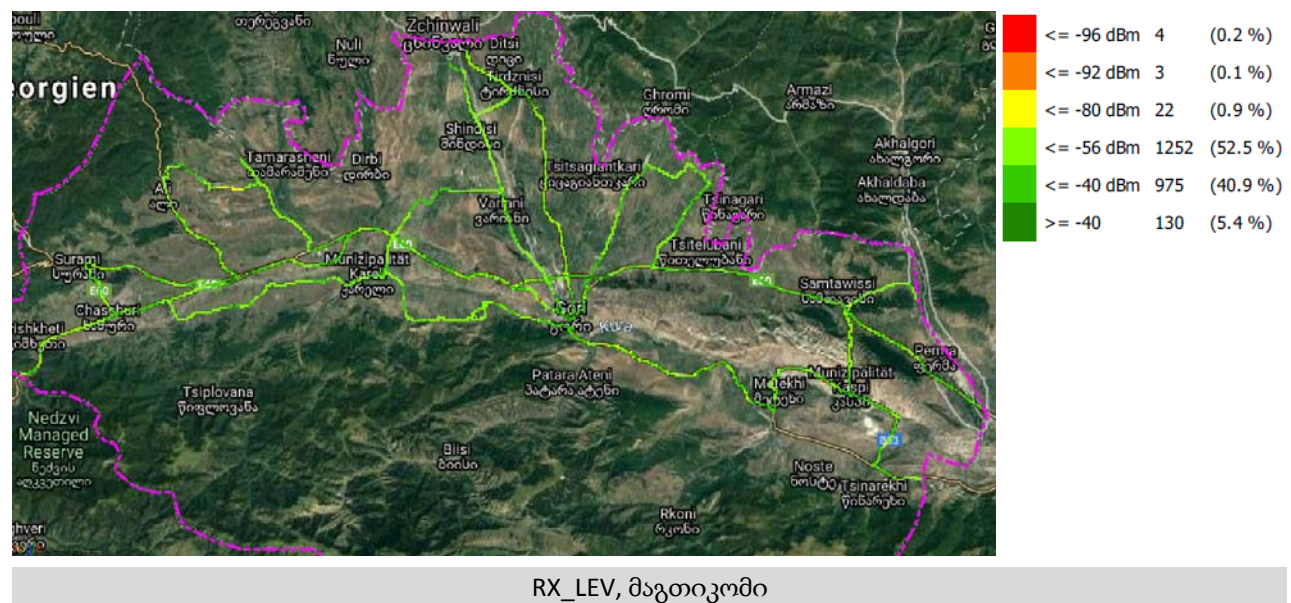
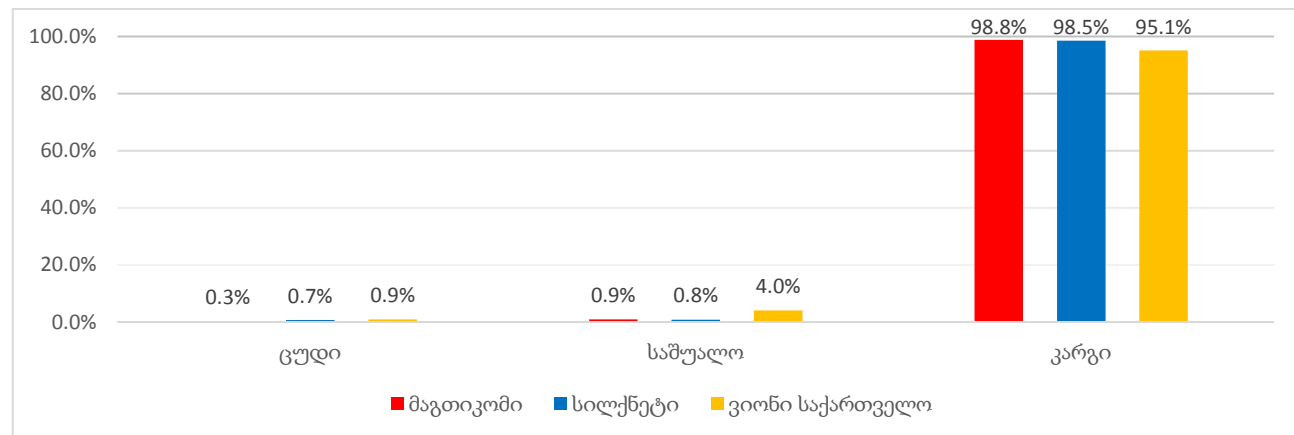


FTP პროტოკოლით მიმართვისას წარმატებული ცდების პროცენტული მაჩვენებელი

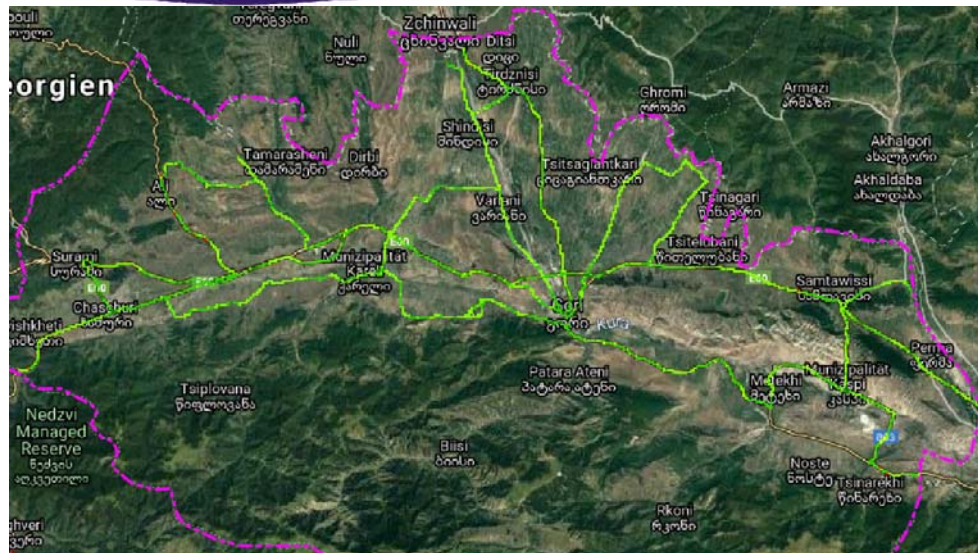


## 2.4. GSM ტექნოლოგიაზე მომუშავე ქსელები

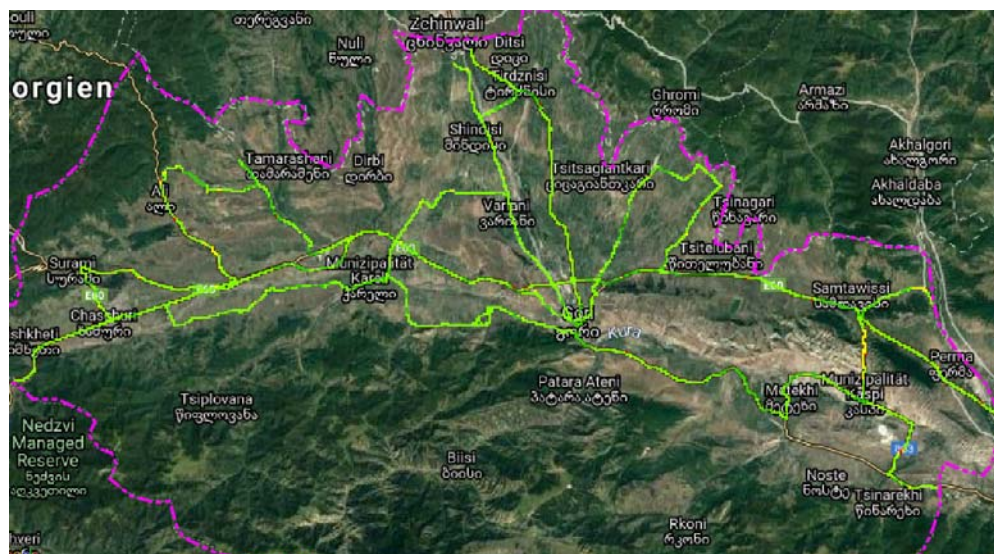
| RX_LEV (dbm) | კარგი: -80dbm |          | ცუდი: -92dbm     |
|--------------|---------------|----------|------------------|
|              | მაგთიკომი     | სილქნეტი | ვიონი საქართველო |
| <= -96dbm    | 0.2%          | 0.5%     | 0.7%             |
| <= -92dbm    | 0.1%          | 0.2%     | 0.2%             |
| <= -80dbm    | 0.9%          | 0.8%     | 4.0%             |
| <= -56dbm    | 52.5%         | 49.3%    | 75.7%            |
| <= -40dbm    | 40.9%         | 44.8%    | 17.3%            |
| > -40dbm     | 5.4%          | 4.4%     | 2.1%             |





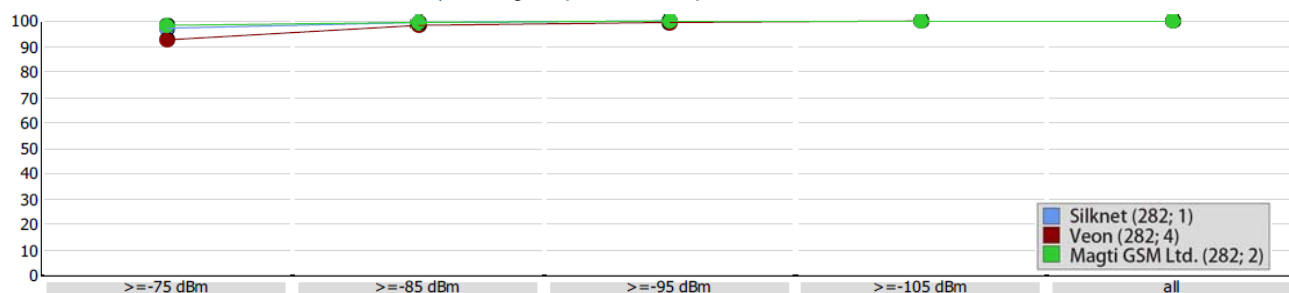


RX\_LEV, სილქნეტი

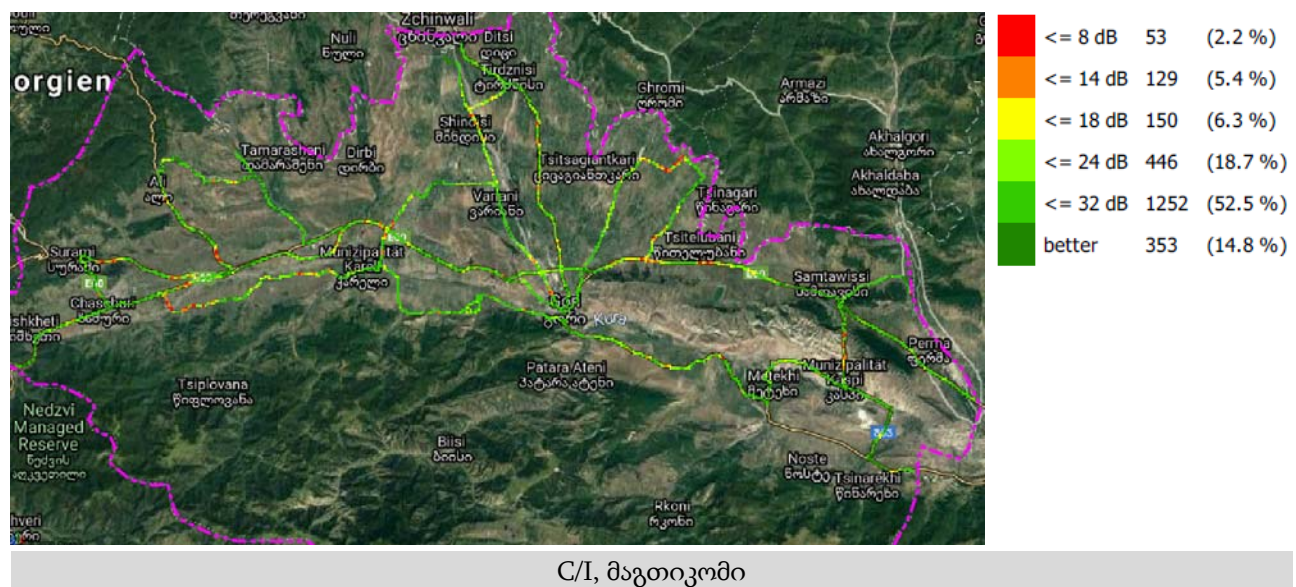
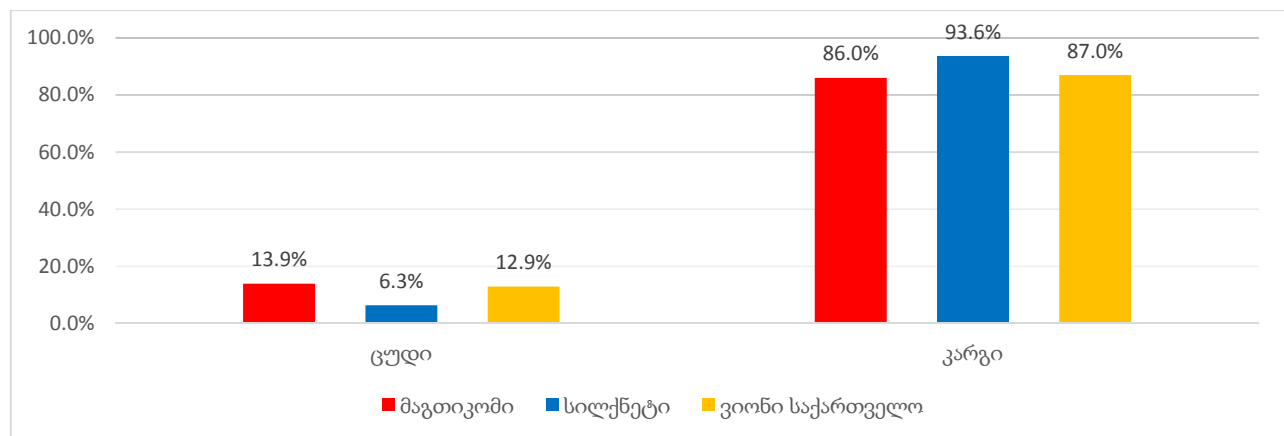


RX\_LEV, ვიონი საქართველო

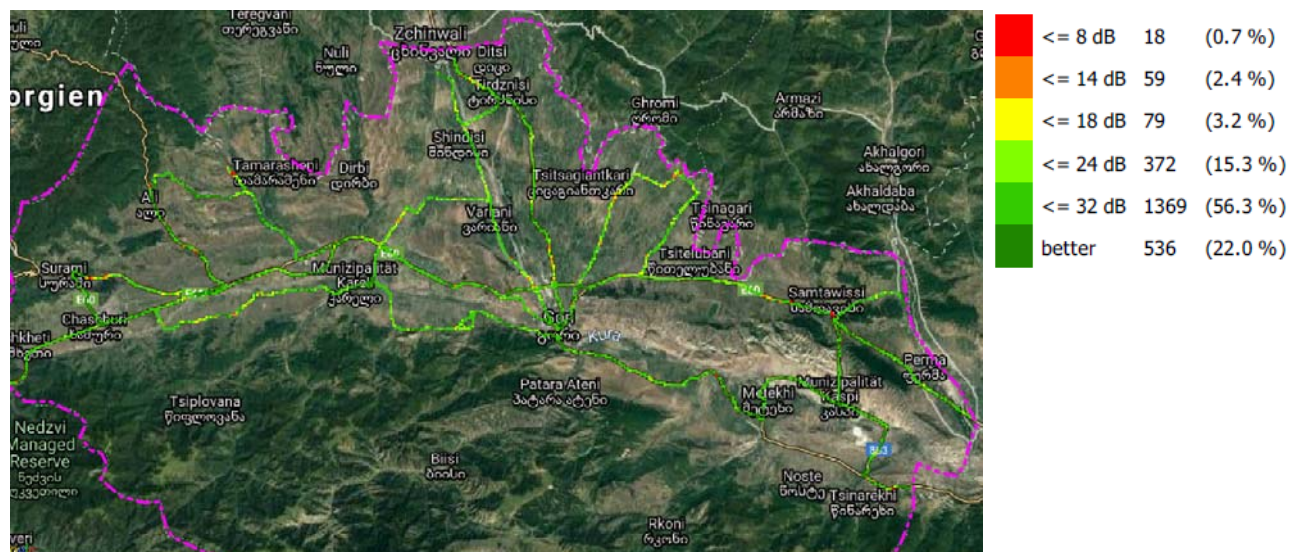
The chart below shows the cumulative distribution of the Top1 Coverage samples of different operators



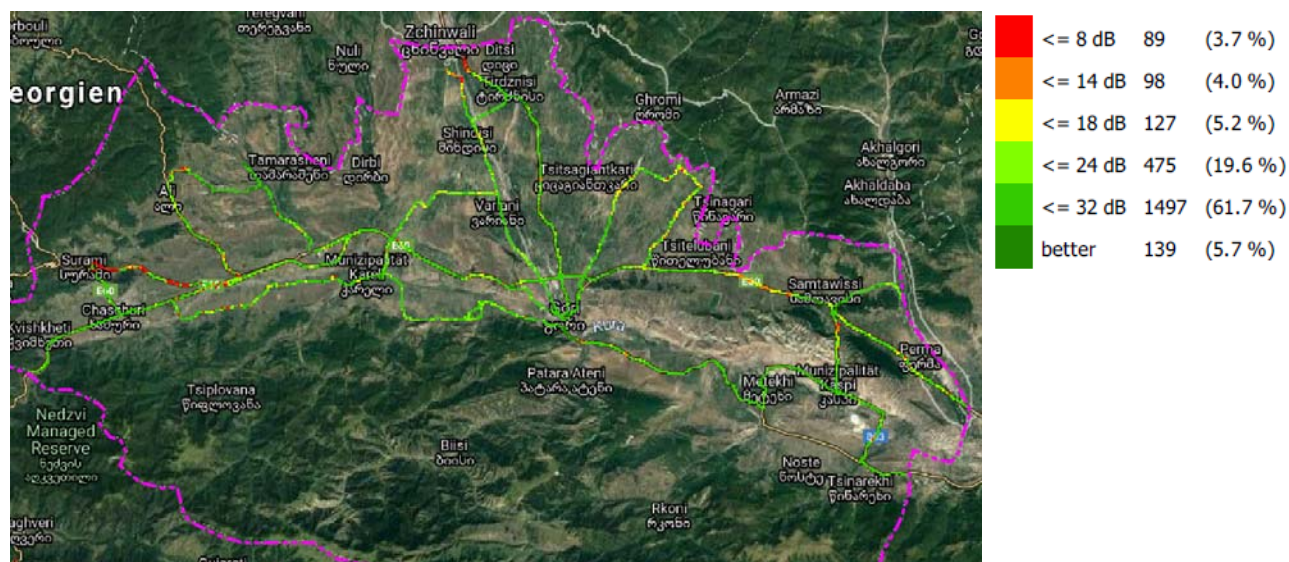
| C/I (db) | ზღვრული მნიშვნელობა: 18db |          |                  |
|----------|---------------------------|----------|------------------|
|          | მაგთიკომი                 | სილქნეტი | ვიონი საქართველო |
| <= 8 db  | 2.2%                      | 0.7%     | 3.7%             |
| <= 14 db | 5.4%                      | 2.4%     | 4.0%             |
| <= 18 db | 6.3%                      | 3.2%     | 5.2%             |
| <= 24 db | 18.7%                     | 15.3%    | 19.6%            |
| <= 32 db | 52.5%                     | 56.3%    | 61.7%            |
| > 32 db  | 14.8%                     | 22.0%    | 5.7%             |







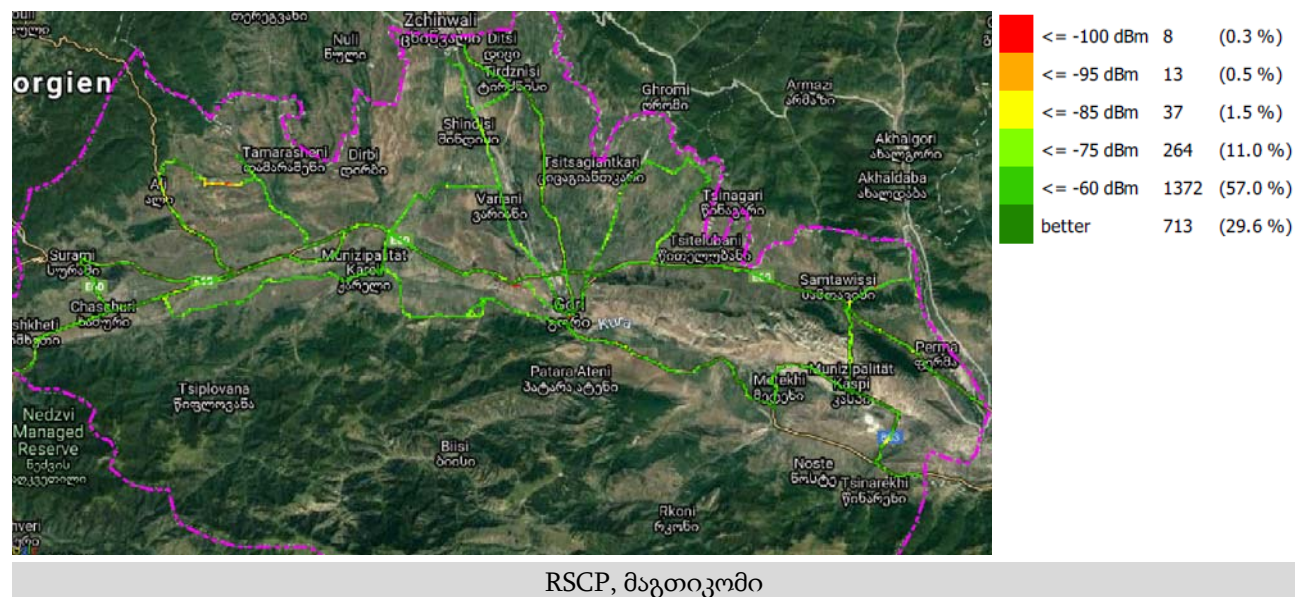
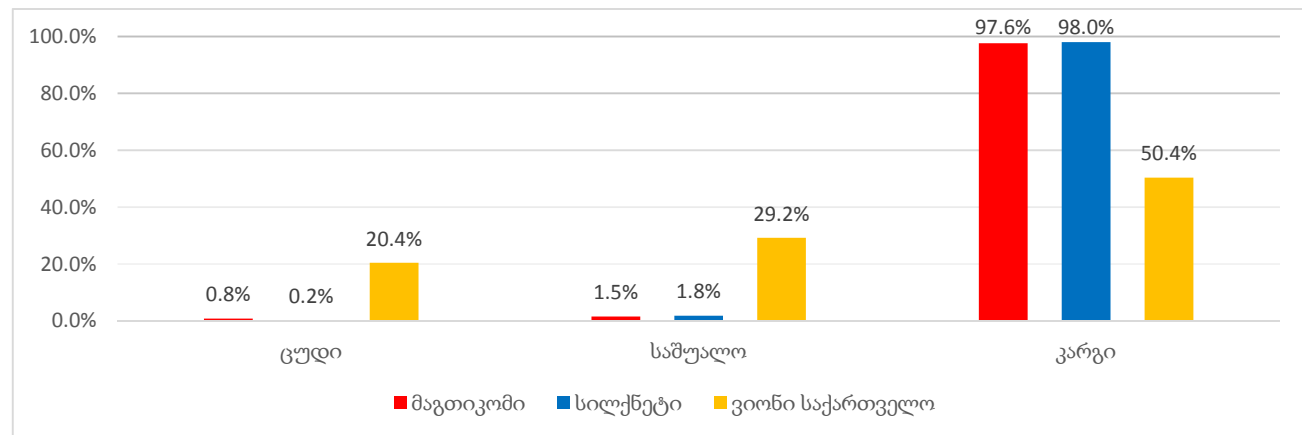
C/I, სილქნეტი



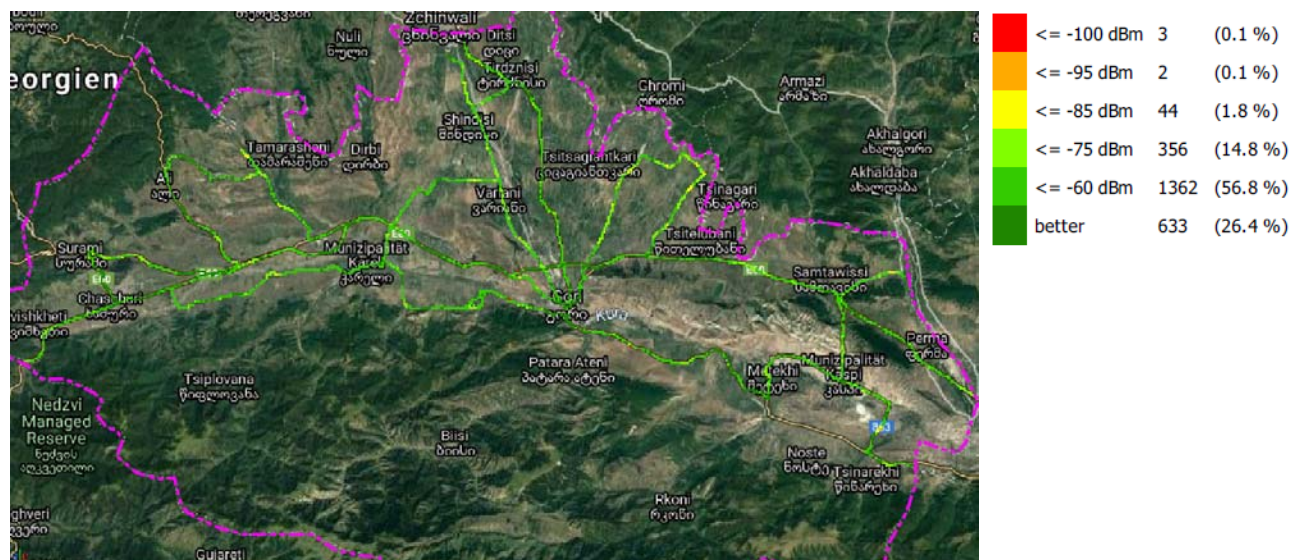
C/I, ვიონი საქართველო

## 2.5. UMTS ტექნოლოგიაზე მომუშავე ქსელები

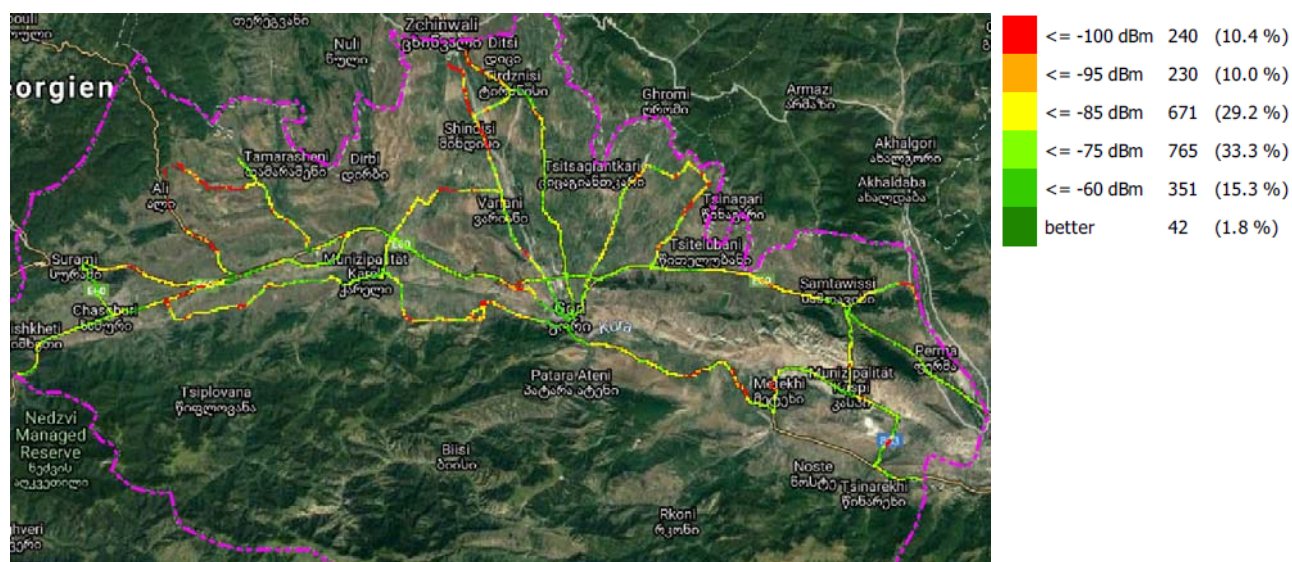
| RSCP (dbm) | კარგი: -85dbm |          | ცუდი: -95dbm     |
|------------|---------------|----------|------------------|
|            | მაგთიკომი     | სილქნეტი | ვიონი საქართველო |
| <= -100dbm | 0.3%          | 0.1%     | 10.4%            |
| <= -95dbm  | 0.5%          | 0.1%     | 10.0%            |
| <= -85dbm  | 1.5%          | 1.8%     | 29.2%            |
| <= -75dbm  | 11.0%         | 14.8%    | 33.3%            |
| <= -60dbm  | 57.0%         | 56.8%    | 15.3%            |
| > -60dbm   | 29.6%         | 26.4%    | 1.8%             |







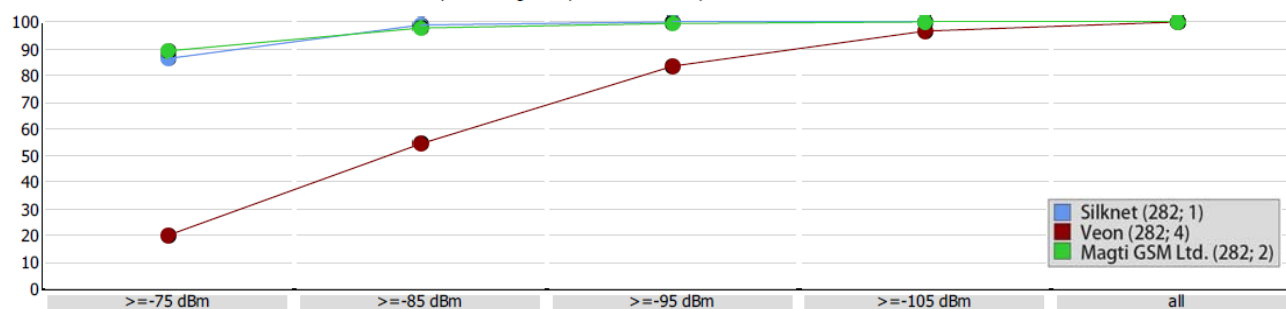
RSCP, სილქნეტი



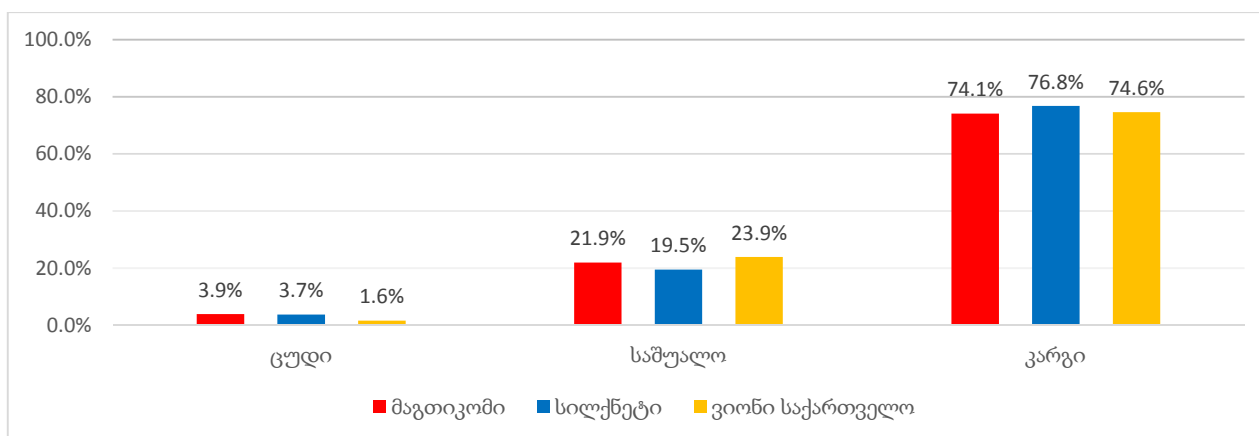
RSCP, ვიონი საქართველო

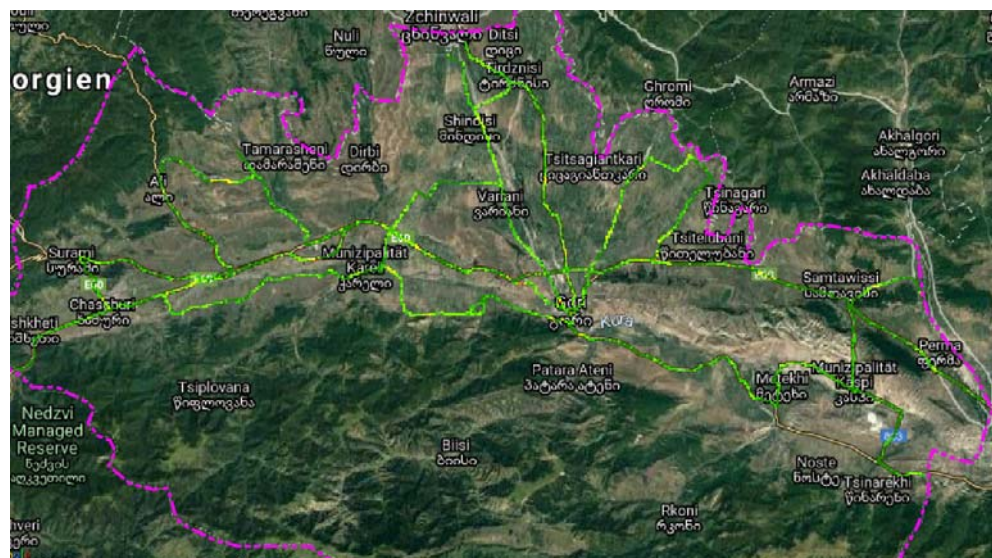


The chart below shows the cumulative distribution of the Top1 Coverage samples of different operators

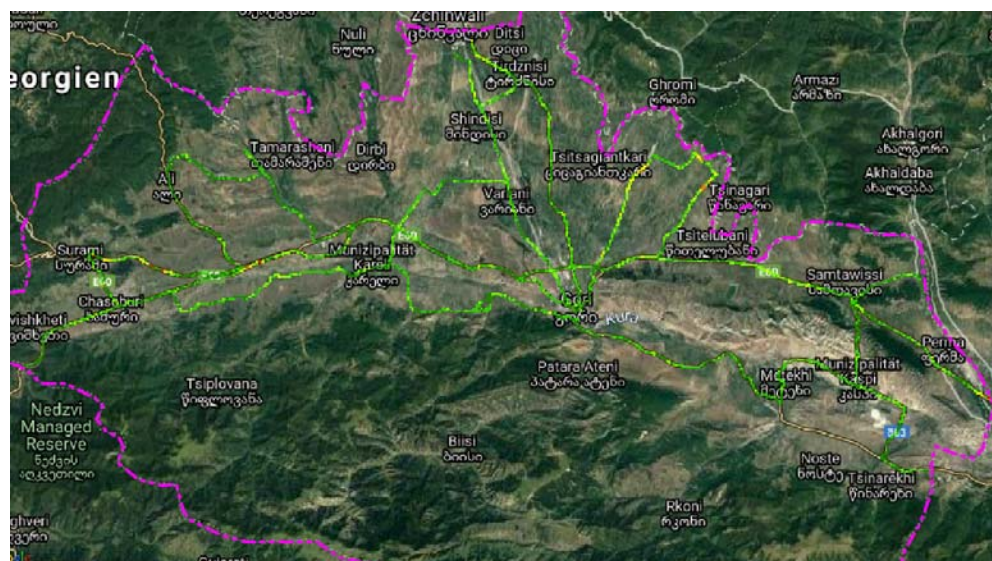


| Ec/Io (db) | კარგი: -10db |          | ცუდი: -15db      |
|------------|--------------|----------|------------------|
|            | მაგთიკომი    | სილქნეტი | ვიონი საქართველო |
| <= -25 db  | 0.1%         | 0.2%     | 0.0%             |
| <= -20 db  | 0.3%         | 0.7%     | 0.3%             |
| <= -15 db  | 3.5%         | 2.8%     | 1.3%             |
| <= -10 db  | 21.9%        | 19.5%    | 23.9%            |
| <= -6.3 db | 36.8%        | 39.3%    | 41.3%            |
| > -6.3 db  | 37.3%        | 37.5%    | 33.3%            |

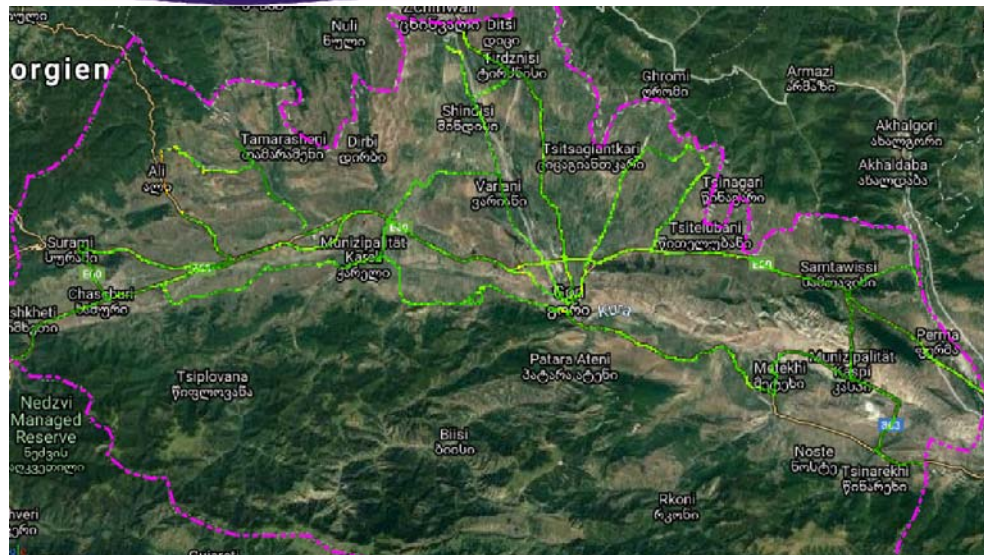




Ec/Io, მაგთიკომი



Ec/Io, სილქნეტი

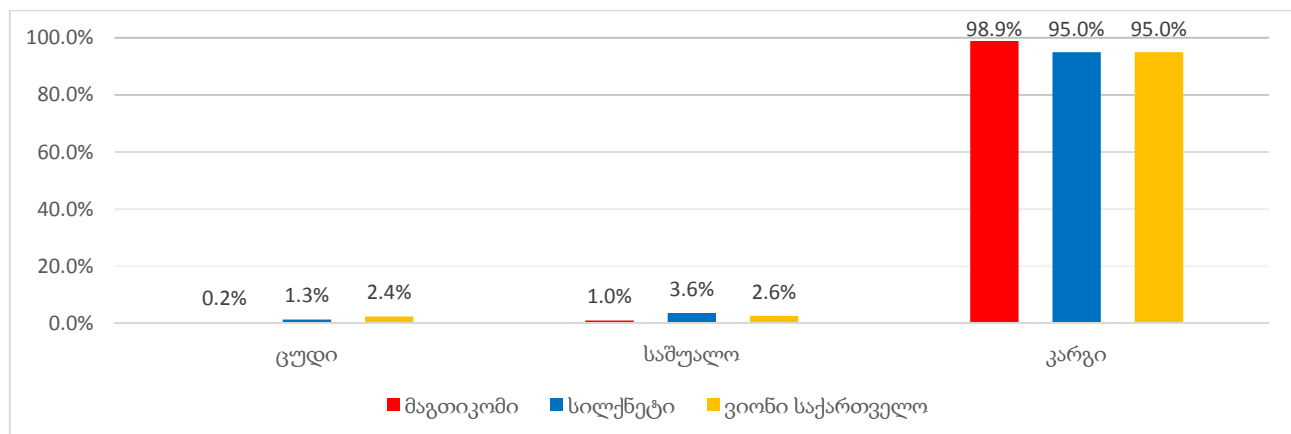


|            |     |          |
|------------|-----|----------|
| <= -25 dB  | 0   | (0.0 %)  |
| <= -20 dB  | 6   | (0.3 %)  |
| <= -15 dB  | 29  | (1.3 %)  |
| <= -10 dB  | 550 | (23.9 %) |
| <= -6.3 dB | 949 | (41.3 %) |
| better     | 765 | (33.3 %) |

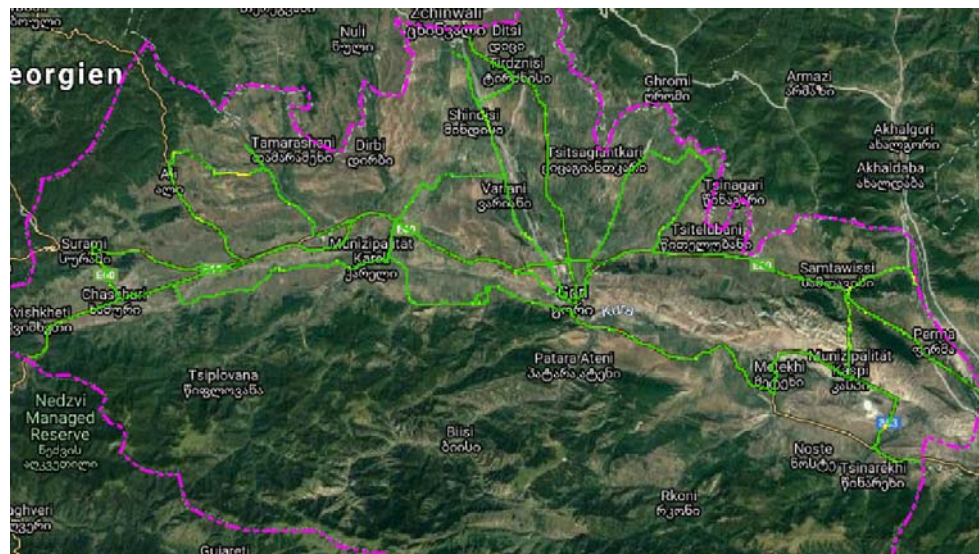
E<sub>c</sub>/I<sub>o</sub>, ვიონი საქართველო

## 2.6. LTE ტექნოლოგიაზე მომუშავე ქსელები

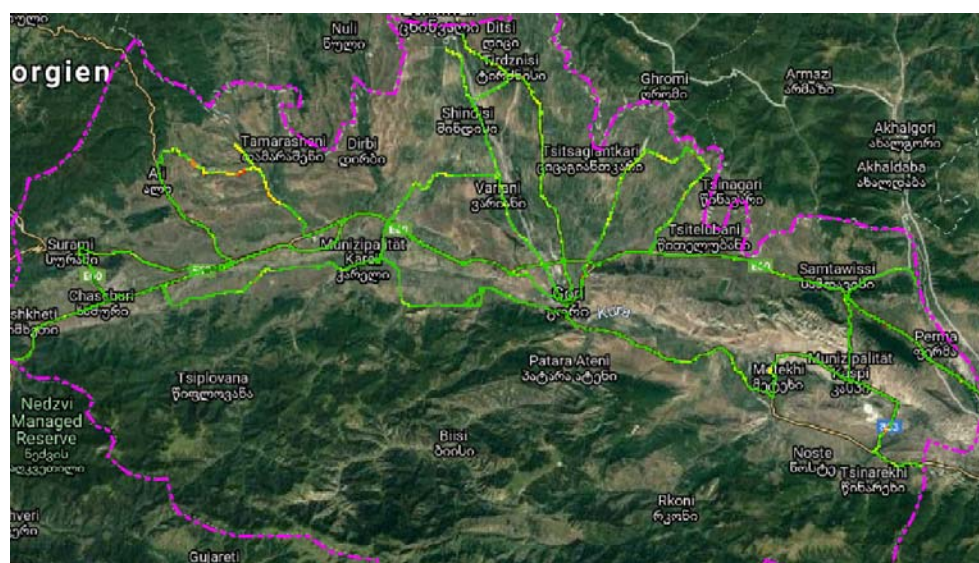
| RSRP (db)   | კარგი: -100dbm |          | ცუდი: -108dbm    |
|-------------|----------------|----------|------------------|
|             | მაგთიკომი      | სილქნეტი | ვიონი საქართველო |
| <= -115 dbm | 0.0%           | 0.4%     | 1.1%             |
| <= -108 dbm | 0.2%           | 0.9%     | 1.3%             |
| <= -100 dbm | 1.0%           | 3.6%     | 2.6%             |
| <= -90 dbm  | 5.3%           | 14.8%    | 11.5%            |
| <= -60 dbm  | 86.4%          | 76.0%    | 80.5%            |
| > 60 dbm    | 7.2%           | 4.2%     | 3.0%             |



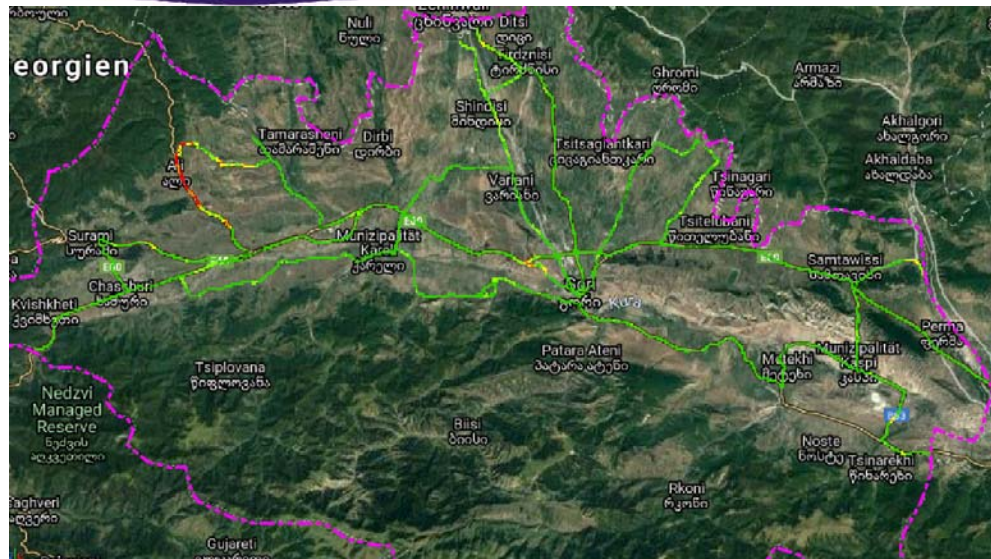




RSRP, მაგთიკომი

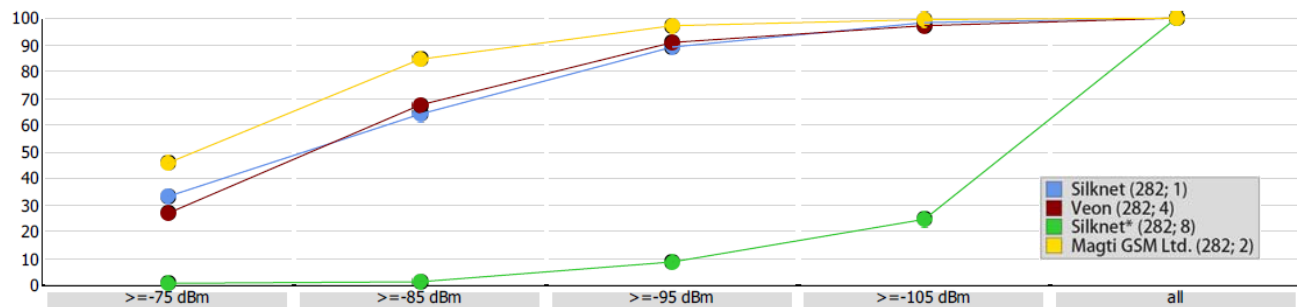


RSRP, სილქნეტი



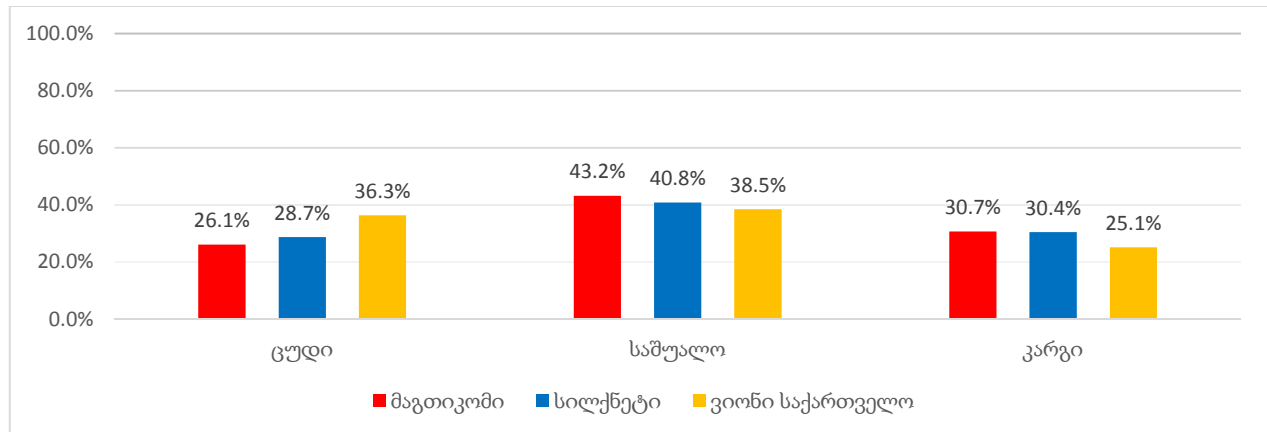
RSRP, ვიონი საქართველო

The chart below shows the cumulative distribution of the Top1 Coverage samples (RSRP) of different operators based on narrowband values

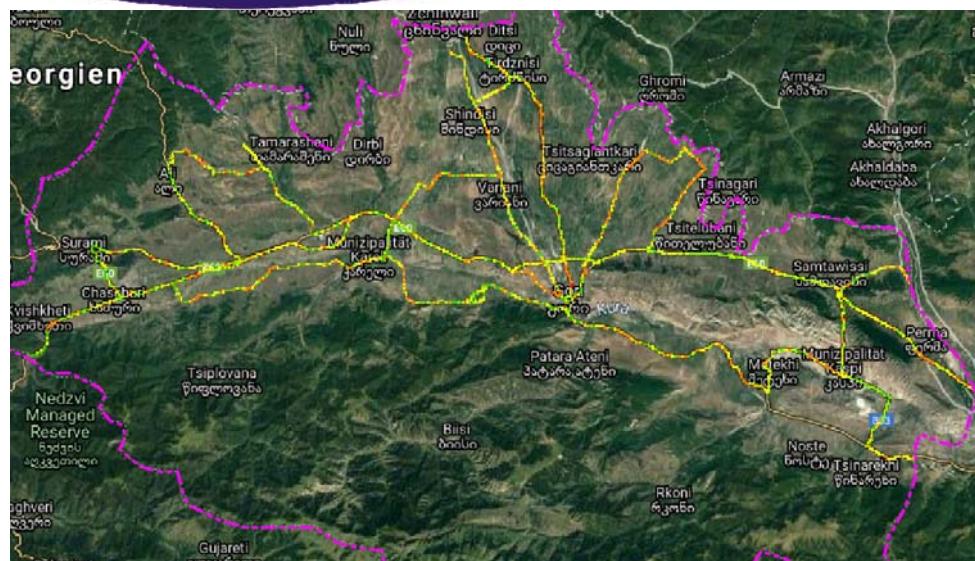


| RSRQ (db) | კარგი: -12db |          | ცუდი: -15db      |
|-----------|--------------|----------|------------------|
|           | მაგთიკომი    | სილქნეტი | ვიონი საქართველო |
| <= -20 db | 0.5%         | 0.7%     | 2.1%             |
| <= -15 db | 25.6%        | 28.0%    | 34.2%            |
| <= -12 db | 43.2%        | 40.8%    | 38.5%            |
| <= -9 db  | 16.7%        | 17.5%    | 19.1%            |
| <= -5 db  | 13.7%        | 12.7%    | 5.9%             |
| > -5 db   | 0.3%         | 0.2%     | 0.1%             |



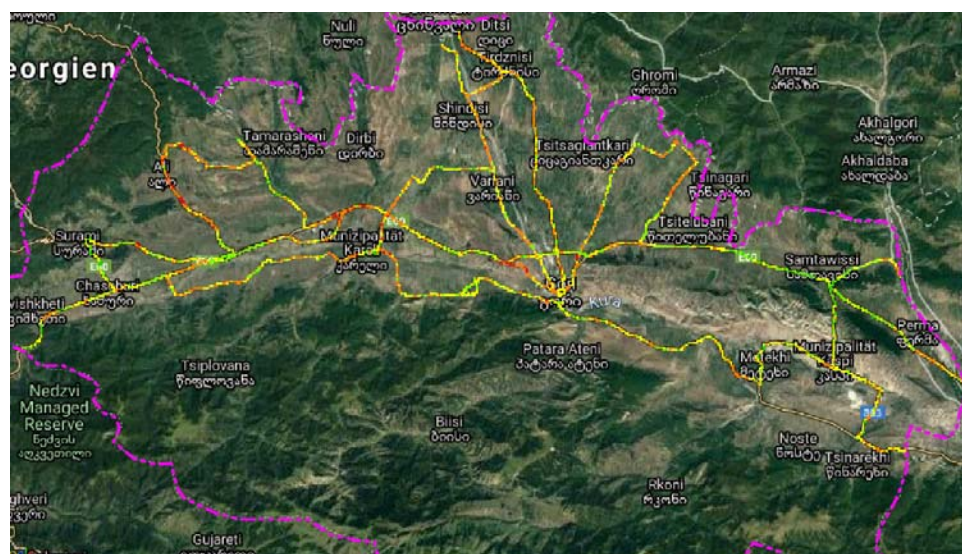






|           |     |          |
|-----------|-----|----------|
| <= -20 dB | 18  | (0.7 %)  |
| <= -15 dB | 683 | (28.0 %) |
| <= -12 dB | 997 | (40.8 %) |
| <= -9 dB  | 428 | (17.5 %) |
| <= -5 dB  | 310 | (12.7 %) |
| better    | 5   | (0.2 %)  |

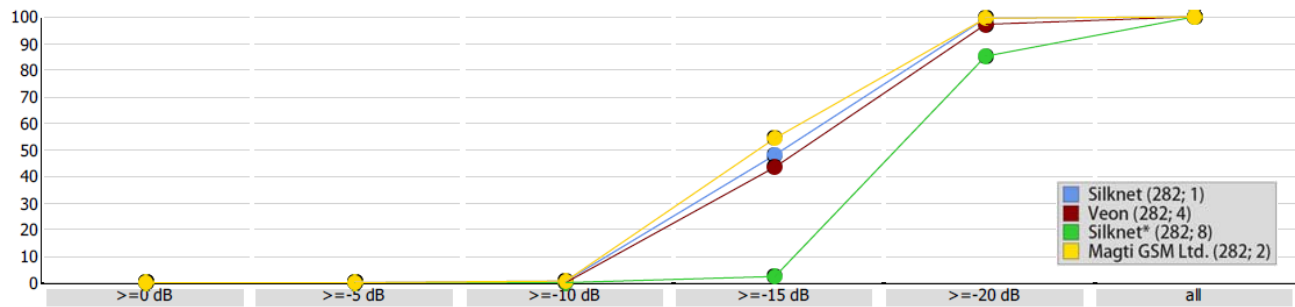
RSRQ, სილქნეტი



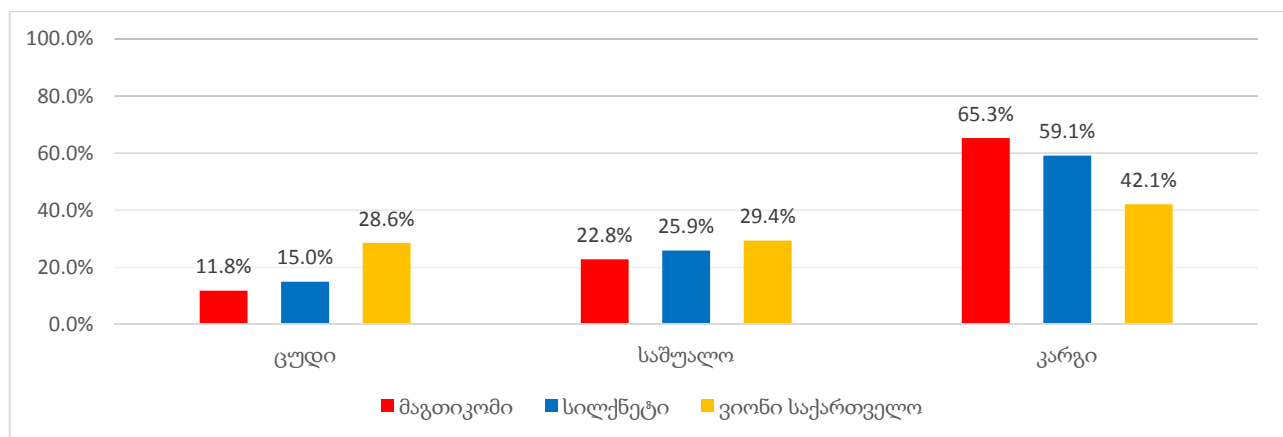
|           |     |          |
|-----------|-----|----------|
| <= -20 dB | 51  | (2.1 %)  |
| <= -15 dB | 815 | (34.2 %) |
| <= -12 dB | 919 | (38.5 %) |
| <= -9 dB  | 456 | (19.1 %) |
| <= -5 dB  | 140 | (5.9 %)  |
| better    | 3   | (0.1 %)  |

RSRQ, ვიონი საქართველო

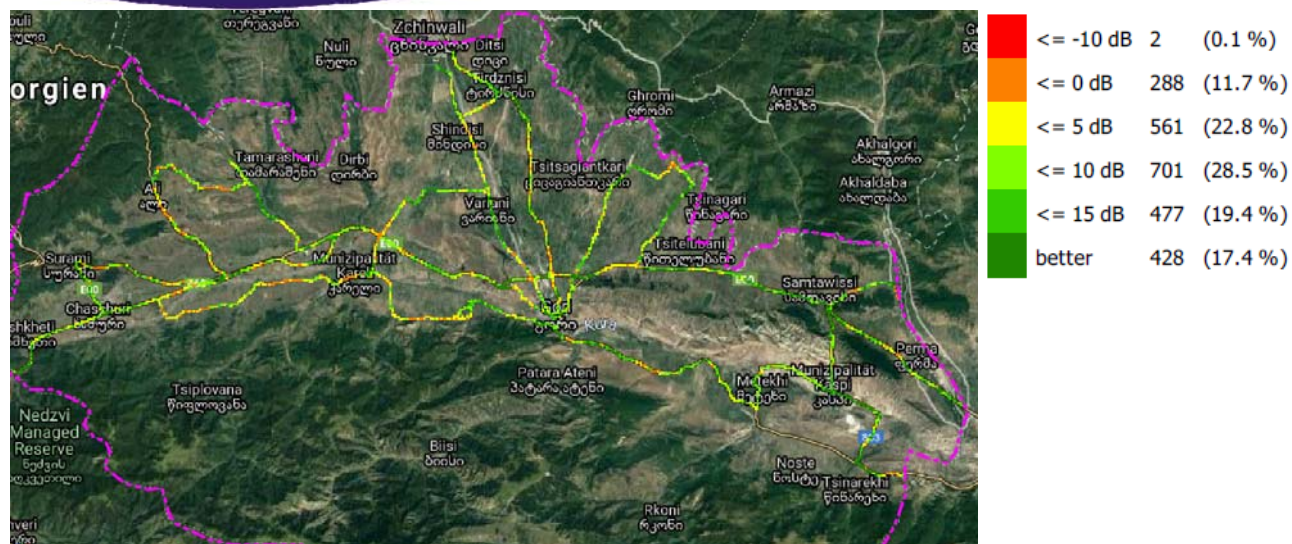
The chart below shows the cumulative distribution of the Top1 Interference samples (RSRQ) of different operators based on narrowband values



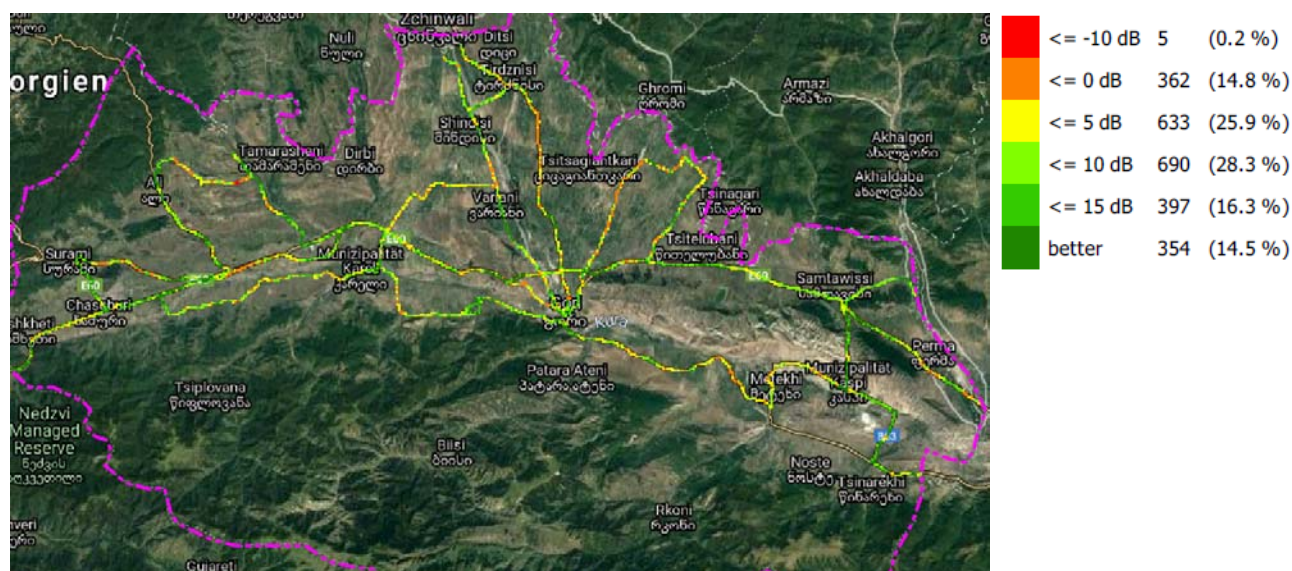
| SINR (db) | კარგი: 5db |          | ცუდი: 0db        |
|-----------|------------|----------|------------------|
|           | მაგთიკომი  | სილქნეტი | ვიონი საქართველო |
| <= -10 db | 0.1%       | 0.2%     | 0.4%             |
| <= 0 db   | 11.7%      | 14.8%    | 28.2%            |
| <= 5 db   | 22.8%      | 25.9%    | 29.4%            |
| <= 10 db  | 28.5%      | 28.3%    | 22.4%            |
| <= 15 db  | 19.4%      | 16.3%    | 10.8%            |
| > 15 db   | 17.4%      | 14.5%    | 8.9%             |





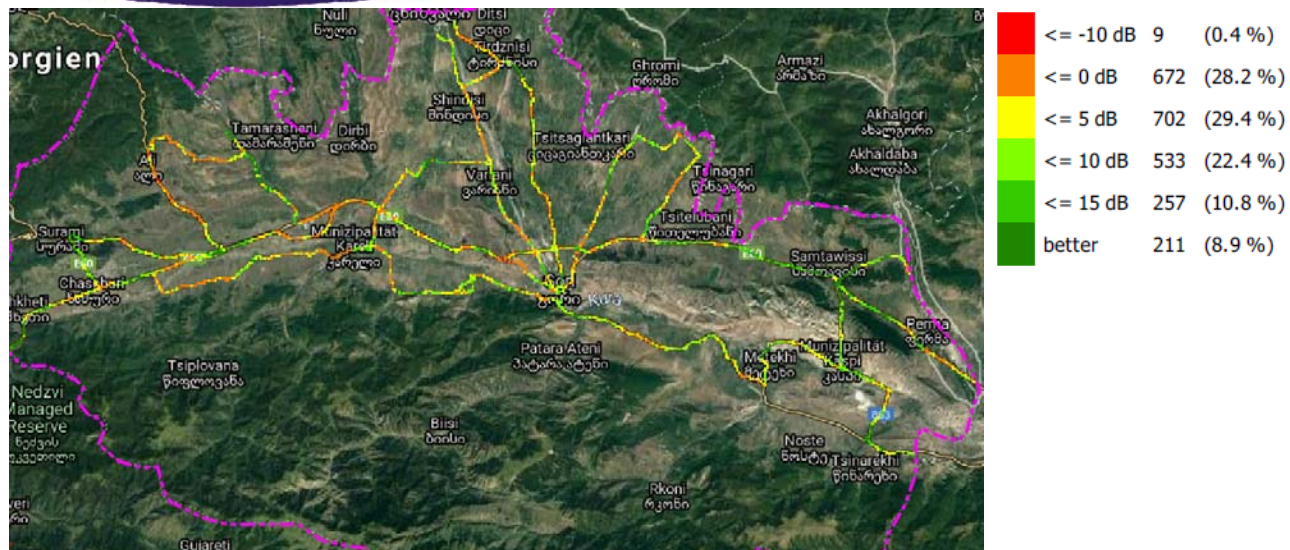


SINR, მაგთიკომი



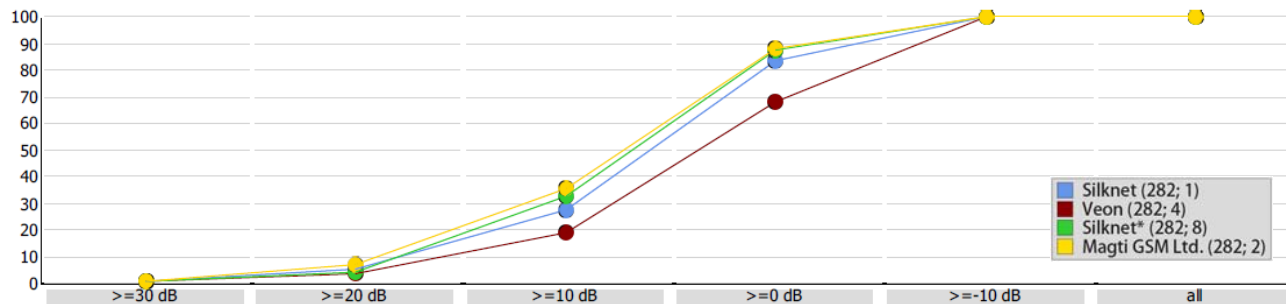
SINR, სილქნეტი





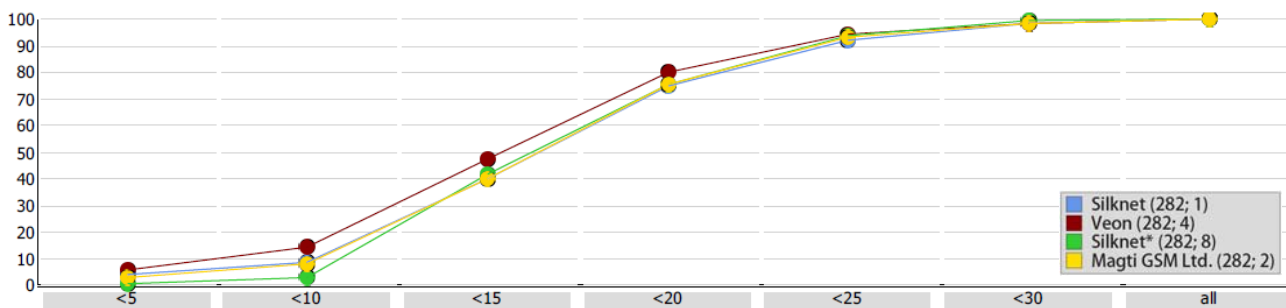
SINR, ვიონი საქართველო

The chart below shows the cumulative distribution of the Top1 Interference samples (SINR) of different operators based on narrowband values

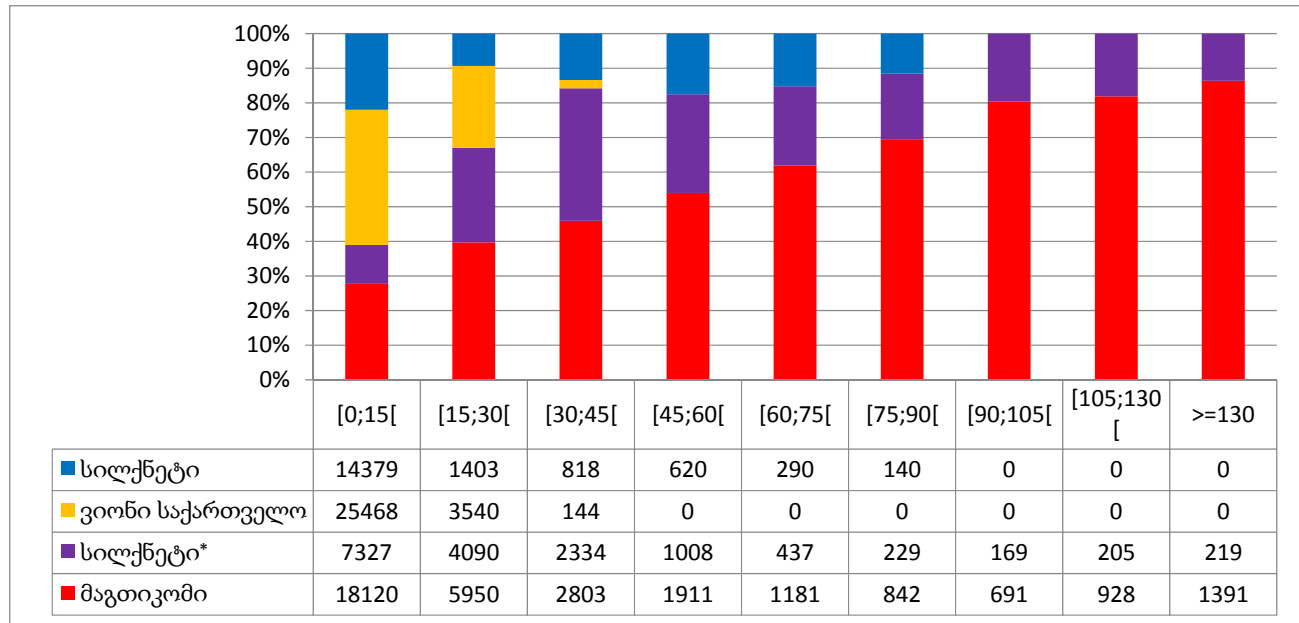


## Scanner Condition Number (CN)

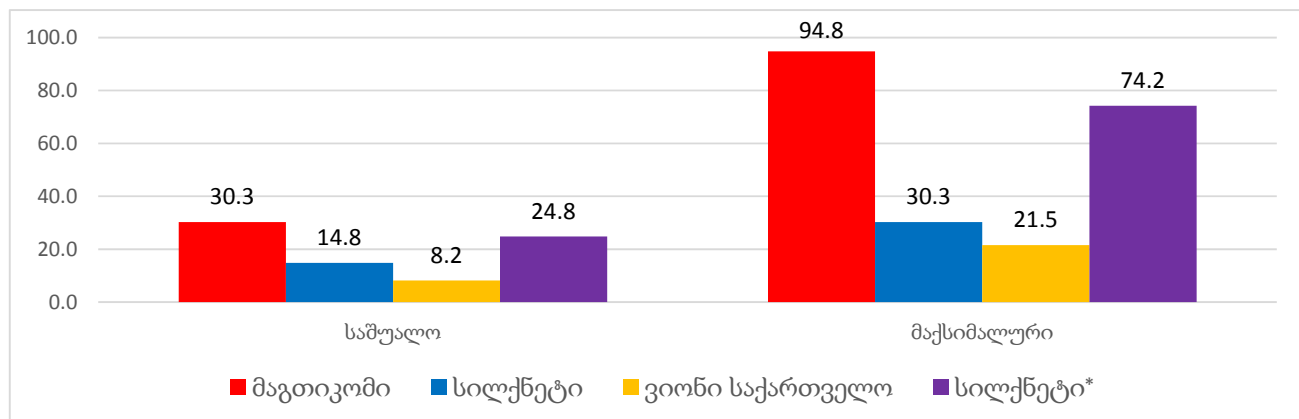
The chart below shows the cumulative distribution of Scanner Condition Number of different operators



Cell Throughput per TTI (MBit/s)



Maximum and Average Cell Throughput (Mbit/s)



### 3. „დრაივ-ტესტის“ მეთოდოლოგია

ანგარიში ეფუძნება მეთოდს, რომელიც აპრობირებულია ევროპის ქვეყნებში (დიდი ბრიტანეთი<sup>1</sup>, ირლანდია<sup>2</sup>, პოლონეთი<sup>3</sup> და სხვა) და ითვალისწინებს ტესტის ჩატარებას როგორც მსხვილ ქალაქებში და რაიონულ ცენტრებში, ასევე შედარებით მცირედ დასახლებულ პუნქტებში და სოფლებში, საავტომობილო მაგისტრალების გასწვრივ და სხვა.



#### 3.1. გამოყენებული აპარატურა

სურათი 2 ასახავს „დრაივ-ტესტის“ დროს გამოყენებული აპარატურის ჩართვის სქემას:

- ავტომობილი აღჭურვილია: კომპიუტერით, რომლითაც იმართება გაზომვები, მობილური ტერმინალები და სკანერი; 3 ერთეული მობილური ტერმინალით Samsung Galaxy S4, ახორციელებენ ზარის წამოწყებას თითოეული ოპერატორის მობილურ ქსელში; სკანერი Rohde&Schwarz TSMW-ით ხორციელდება GSM/UMTS/LTE ტექნოლოგიების სკანირება. სკანერს გააჩნია 2 დამოუკიდებელი ანტენა, რომლებიც განთავსებულია ავტომობილის სახურავზე.

<sup>1</sup> UK, Ofcom - მარეგულირებელი, რომელიც ატარებს ყოველწლიურ „დრაივ-ტესტის“ კამპანიას ოპერატორების ფუნქციონირების ხარისხობრივი მაჩვენებლების დადგენის მიზნით.

<sup>2</sup> Ireland, ComReg - მარეგულირებელი, ტესტის მიზანს წარმოადგენს ხარისხობრივი მაჩვენებლების დადგენა.

<sup>3</sup> Poland, UKE - მარეგულირებელი, პერმანენტული ტესტირება. ტესტის მიზანს წარმოადგენს ხარისხობრივი და ტექნიკური მაჩვენებლების დადგენა, ხოლო შედეგების გამოქვეყნება ხელს უწყობს მომსახურებების გაუმჯობესებას და ჯანსაღი კონკურენციის არსებობას კავშირგაბმულობის ბაზარზე.



სკანერი აღჭურვილია GPS<sup>4</sup> მიმღები მოწყობილობით, მისი ანტენა განთავსებულია ავტომობილის სახურავზე.

- კომუნიკაციების კომისიის შენობაში განთავსებულია 3 მობილური ტერმინალი Samsung Galaxy S4. აღნიშნული ტერმინალები ფუნქციონირებენ მხოლოდ ზარის ტერმინაციის რეჟიმში. განთავსების ადგილი შერჩეულია სიგნალის მაქსიმალურად სტაბილური მიღების დონის და მინიმალური BPL<sup>5</sup>-ის გათვალისწინებით.



ტესტის დროს უზრუნველყოფილია iCPL<sup>6</sup> გაზომვები და უნდა იყოს გათვალისწინებული დამატებითი მილევადობის დონე 5–15dB<sup>7</sup>, რათა კომპენსირდეს სიგნალის მილევა ავტომობილის სალონში.

### 3.2. მარშრუტი

კვლევის ფარგლებში შემუშავებულია ოპტიმალური „დრაივ-ტესტის“ მარშრუტი, რომელიც ფარავს თითოეული ოპერატორის ქსელის >70%. მარშრუტი მოიცავს საქართველოს მსხვილ ქალაქებს და მუნიციპალიტეტების უმეტეს ნაწილს, ასევე რიგ სოფლებსა და სხვა მცირედ დასახლებულ პუნქტებს.

კვლევა მზადდება მხარეების, ქალაქების და ქვეყნის ჭრილში.

### 3.3. მონაცემების ანალიზი

კვლევაში მოყვანილი გაზომვების დამუშავება უზრუნველყოფილია Rohde&Schwarz Network Problems Analyzer პროგრამული უზრუნველყოფით. გრაფიკების და დიაგრამების ნაწილი აგებულია MapInfo, Microsoft Excel და MathLab პროგრამული უზრუნველყოფით.

<sup>4</sup> GPS (Global Positioning System) - გლობალური პოზიციონირების სისტემა.

<sup>5</sup> BPL (Building Penetration Loss, dB) – მილევადობა, რომელსაც განიცდის რადიო სიგნალი შენობაში შეღწევისას.

<sup>6</sup> iCPL, CPL (in-Car Penetration Loss, dB) – მილევადობა, რომელსაც განიცდის რადიო სიგნალი ავტომობილის სალონში შეღწევისას.

<sup>7</sup> Radio Interference System Planning for GSM/GPRS/UMTS, Jukka Lempiainen, Matti Manninen

## 4. შეფასების კრიტერიუმები

### 4.1. ხმოვანი გამოძახების მომსახურება

გაზომვები წარმოებს ეგრეთ წოდებული „ფანჯრის“ პრინციპით, სადაც განსაზღვრულია ზარის დრო, პაუზის დრო და რეგენერაციის პერიოდი (ან მათი კომბინაცია). იხილეთ სცენარი:

- ზარი ხორციელდება იმავე ოპერატორის ქსელში ჩართულ მობილურ ტერმინალზე;
- ზარის ფანჯარა - 100 წამი, რომელიც შედგება:
  - ზარის წამოწყება - 15 წამი;
  - ხმოვანი ზარი - 100 წამს გამოკლებული ზარის წამოწყების ხანგრძლივობა;
  - პაუზა ზარებს შორის - 10 წამი.
  - ციკლის განმეორება.

გამოყენებულია თავისუფალი რეჟიმი GSM, WCDMA ან LTE ტექნოლოგიებს შორის.



ხმოვანი გამოძახების შეფასებისას იზომება და ფასდება შემდეგი ძირითადი პარამეტრი:

- Failed Calls – ზღვრული მნიშვნელობა: < 4%<sup>8</sup>;
- Good Call - ზღვრული მნიშვნელობა: >= 96%;
- Call Setup Time - ზღვრული მნიშვნელობა: <= 5წმ.

**Failed Calls:** წარმატებლად განხორციელებული ზარების (Failed Calls) პროცენტული მაჩვენებელი: შედგება შეწყვეტილი ზარებისა ან მომსახურების არ არსებობისაგან. (Call Canceled) - როდესაც ტერმინალის მიერ ინიცირებული ხმოვანი გამოძახება ვერ ხორციელდება. მომსახურების არ არსებობა (No Service) - როდესაც დამყარება ვერ ხერხდება სატელეფონო მომსახურების არ არსებობის გამო.

**Good Call:** წარმატებულად განხორციელებული ზარების (Good Call) პროცენტული მაჩვენებელი - როდესაც მობილური ტერმინალი აგზავნის შესაბამის მოთხოვნას ქსელში, რის შემდეგაც ხორციელდება ქსელის მიერ რესურსების გამოყოფა, საბოლოო აბონენტის ტერმინალთან კავშირის დამყარება და, განსაზღვრული დროის შემდეგ, კავშირის კორექტული შეწყვეტა.

**Call Setup Time:** კავშირის დამყარების დრო (Call Setup Time, წამებში), დრო რომელიც გადის აბონენტის ნომრის აკრეფიდან უშუალოდ ხმოვანი კავშირის დამყარებამდე.

<sup>8</sup> Nochiri.Ifeoma.U, C.C Osuagwu, K.C. Okafor, Empirical Analysis on the GSM Network KPIs Using Real- Time Methodology for a Novel Network Integration, Progress In Science and Engineering Research Journal, გვერდი 98

## 4.2. მონაცემთა გადაცემის მომსახურება

მონაცემთა გადაცემის მომსახურების შეფასების მიზნით, თითოეული სესია შედგება სხვადასხვა სახის დავალებებისგან. მონაცემთა ჩატვირთვის სიჩქარის შესაფასებლად საჭიროა, მოხდეს ფიქსირებული ზომის ფაილის სერვერზე ატვირთვა/ჩამოტვირთვა (ETSI TR 102 678-ს რეკომენდაცია):

- მიმაგრება ოპერატორის ქსელთან, სესიის გახსნა და კონტენტის აქტივაცია (Attach);
- ICMP Ping – 10 წამი სესიისათვის, თითოეული პინგის ტაიმ-აუტი 3 წმ, 1000 მწ. Ping-ს შორის
- YouTube (30 წამი, მაქსიმალური ხარისხით, დაკავშირების ტაიმ-აუტი 10წმ)
- HTTP ჩატვირთვა (Kepler reference WEB გვერდი ETSI TR 102 505 V1.2.1, მოცდის დრო 30 წამი)
- HTTP DL (HTTP ჩამოტვირთვა, 10 წამის განმავლობაში, მოცდის დრო 10 წამი)
- FTP UL (FTP პროტოკოლით 10 წამის განმავლობაში სერვერზე ატვირთვა, მოცდის დრო 10 წამი)
- სესიის დახურვა.

მონაცემთა გადაცემის შეფასებისას იზომება შემდეგი პარამეტრები:

- ICMP (Ping) - კარგია, როდესაც  $\leq 90$  მწ.
- HTTP (Downlink Speed) - მინიმალური:  $\geq 0.2$  მბიტ/წმ; კარგი:  $\geq 5.5$  მბიტ/წმ.
- FTP (Uplink Speed) - მინიმალური:  $\geq 0.2$  მბიტ/წმ; კარგი:  $\geq 5.5$  მბიტ/წმ.



## 4.3. GSM ქსელის დაფარვის მახასიათებლები

როგორც ცნობილია, GSM მობილური ტერმინალის სტაბილური მუშაობისათვის საკმარისია  $-92$  dBm<sup>9</sup> მიღების დონე (RxLev), მაგრამ მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული ადამიანის სხეულით და შენობაში/ავტომობილში შეღწევისას<sup>10</sup> გამოწვეული სიგნალის დანაკარგები, და ეს მაჩვენებლები აღწევს  $-80$  dBm<sup>11</sup> (RxLev).

GSM ქსელში იზომება და ფასდება ორი ძირითადი პარამეტრი, რომელიც განსაზღვრავს დაფარვის ზონასა და ხარისხს RxLev და C/I.

**RxLev:** სკანერის მიერ გაზომილი GSM სიგნალის ფიქური სადგურიდან მიღებული სიგნალის დონე RxLev, რომელიც ფიქსირდება გაზომვის კონკრეტულ წერტილში და წარმოადგენს საუკეთესო სიგნალს მოცემული ლოკაციისათვის. კარგი:  $> -80$ ; ცუდი  $\leq -92$  დბმ.

**C/I:** გადამტანისა და ინტერფერენციის ფარდობა C/I<sup>12</sup>. ზღვრული მნიშვნელობა:  $\geq 18$ <sup>13</sup> დბ.

<sup>9</sup> CEPT-ის რეკომენდაცია, ECC REPORT 118, p. 6: RxLev  $\geq -92$  dBm [RxLev  $\geq 18$  (ბიჯების მიხედვით)].

<sup>10</sup> ETSI GSM recommendation 03.30: BPL ტოლია 15-18 dB-ის მსხვილ დასახლებულ პუნქტში და 10 dB-ის რაიონებში. წინამდებარე კვლევაში, Rohde&Schwartz-ის რეკომენდაციაზე დაყრდნობით, გამოყენებულია BPL=12 dB.

<sup>11</sup>  $-92$  dBm+12dB =  $-80$  dBm.

<sup>12</sup> Carrier to Interference ratio

<sup>13</sup> Jörg Eberspächer, Hans-Jörg Vögel, Christian Bettstetter, Christian Hartmann, GSM – Architecture, Protocols and Services, 2009, გვერდი 26.



#### 4.4. UMTS ქსელის დაფარვის მახასიათებლები

როგორც ცნობილია, UMTS (CAT 3)<sup>14</sup> მობილური ტერმინალის სტაბილური მუშაობისათვის საკმარისია -95 dBm<sup>15</sup> მიღების დონე (RSCP), მაგრამ მხედველობაში უნდა იქნას აღებული ადამიანის სხეულით და შენობაში/ავტომობილში გამოწვეული სიგნალის მიღევადობა (დაახლოებით 8-12dBm), ეს მაჩვენებლები აღწევს -85 dBm. ზოგადად, განსაზღვრულია შემდეგი დონეები ველის დამაბულობისათვის: კარგი (RSCP > -80 dBm), საშუალო (-80 dBm >= RSCP > -95 dBm) და სუსტი (RSCP <=-95 dBm)<sup>16</sup>.

UMTS ქსელში იზომება და ფასდება ორი ძირითადი პარამეტრი, რომელიც განსაზღვრავს დაფარვის ზონასა და ხარისხს RSCP და Ec/Io.

**RSCP:** მიღებული სიგნალის დონე RSCP (Received Signal Code Power), ანუ მიღებული სიგნალის კოდის სიმძლავრე. განსაზღვრულია UMTS ტექნოლოგიის ქსელში. კარგი: > -85; ცუდი < -95 დბმ.

**Ec/Io:** სიგნალ/ინტერფერენციის ფარდობა Ec/Io. კარგი: > -6.3<sup>17</sup> დბ; ცუდი < -15 დბ.

#### 4.5. LTE ქსელის დაფარვის მახასიათებლები

LTE ქსელში იზომება და ფასდება როგორც ძირითადი, ასევე სხვა დამატებითი:

- RSRP - კარგი: > -100დბმ<sup>18</sup>; ცუდი < -108დბმ.
- RSRQ - კარგი: > -9დბ; ცუდი < -12დბ.
- SINR - კარგი: > = 10დბ; ცუდი < 5დბ.
- MIMO usage - კარგი: > = 95%; ცუდი < 90%.
- CQI - კარგი: > = 10 (64 QAM<sup>19</sup>); ცუდი < 7 (QPSK<sup>20</sup>) (ინფორმაციული, შედარებითი)
- CN - კარგი: < = 10; ცუდი > 10 (ინფორმაციული, შედარებითი)
- Cell Throughput per TTI (ინფორმაციული, შედარებითი)
- Maximum and Average Cell Throughput (ინფორმაციული, შედარებითი)
- Downlink Modulation (ინფორმაციული, შედარებითი)
- Uplink Modulation (ინფორმაციული, შედარებითი)
- RI (ინფორმაციული, შედარებითი)
- DL Efficiency (ინფორმაციული, შედარებითი)
- UL Efficiency (ინფორმაციული, შედარებითი)

<sup>14</sup> Category 3 - მე-3 კატეგორიის ტერმინალი. თითოეული კატეგორია განსაზღვრავს მობილური ტერმინალის მგრძნობიარობის დონეს, გადაცემის მაქსიმალურ სიმძლავრეს, ამა თუ იმ მომსახურებისათვის აუცილებელ პირობებს და სხვა.

<sup>15</sup> ADVANCEDCELLULAR NETWORK PLANNING AND OPTIMISATION, Ajay R Mishra

<sup>16</sup> HSPA Performance and Evolution, A Practical Perspective. Pablo Tapia, Jun Liu, Yasmin Karimli, Martin J. Feuerstein

<sup>17</sup> D. Fox, Testing UMTS, 2008, გვერდი 117

<sup>18</sup> Ralf Kreher, Karsten Gaenger, LTE SIGNALING, TROUBLESHOOTING, AND OPTIMIZATION, გვერდი 230, 517

<sup>19</sup> 64 QAM - Quadrature Amplitude Modulation, კვადრატორული ამპლიტუდური მოდულაცია

<sup>20</sup> QPSK - Quadrature Phase Shift Keying, კვადრატორული მოდულაცია ფაზური წანაცვლებით

**RSRP:** რეფერენტული სიგნალის მიღებული სიმძლავრე. (RSRP - Reference Signal Received Power). პარამეტრი, რომელიც გამოიყენება სიგნალის დონის გასაზომად

**RSRQ:** რეფერენტული სიგნალის მიღების ხარისხი (RSRQ - Reference Signal Received Quality). პარამეტრი, რომელიც წარმოადგენს სიგნალ/ინტერფერენციის ფარდობის საზომ ერთეულს და განსაზღვრავს სიგნალის ხარისხს

**SINR:** სიგნალის ფარდობა ინტერფერენციასა და ხმაურთან (SINR - Signal to Interference and Noise Ratio). პარამეტრი, რომელიც წარმოადგენს მოცემული სიგნალის სიმძლავრის ფარდობას ინტერფერენციის სიმძლავრის (წარმოიქმნება სხვა სიგნალებისაგან) და არხში არსებული ხმაურის სიმძლავრის ჯამთან.

**MIMO usage:** MIMO-ს ტექნოლოგიის გამოყენება მობილური ოპერატორის ქსელში (პროცენტულად).

**CQI:** არხის ხარისხის ინდიკატორი CQI (Channel Quality Indicator), არხის ხარისხობრივი მაჩვენებელი, რომლითაც განისაზღვრება კავშირის ხარისხი.

**CN:** პირობითი რიცხვი CN (Condition Number), რომელიც იძლევა მოკლევადიან ინდიკაციას სიგნალ/ხელშეშლის ფარდობის შესახებ რაც აუცილებელია ინფორმაციის აღდგენისათვის MIMO გადაცემისას მოცემულ უსადენო არხში, ანუ განსაზღვრავს თუ რამდენად შეუძლია MIMO სისტემას განახორციელოს სივრცითი მულტიპლექსირება მოცემული სიგნალ/ხელშეშლის ფარდობისათვის.

**Cell Throughput per TTI:** ფიჭების გამტარუნარიანობა გადაცემის დროის ინტერვალში (Cell Throughput per Transmission Time Interval (TTI)). ატარებს საინფორმაციო ხასიათს.

**Maximum and Average Cell Throughput:** ფიჭების მაქსიმალური და საშუალო გამტარუნარიანობა (Maximum and Average Cell Throughput). ატარებს საინფორმაციო ხასიათს.

**Downlink Modulation:** გამოყენებული მოდულაციის განაწილება, downlink-ში. ატარებს საინფორმაციო ხასიათს.

**Uplink Modulation:** გამოყენებული მოდულაციის განაწილება uplink-ში. ატარებს საინფორმაციო ხასიათს.

**RI:** რანკირების მაჩვენებელი RI (Rank Indicator) განსაზღვრავს MIMO-სისტემებში განსხვავებული (დამოუკიდებელი) მონაცემთა ნაკადების რაოდენობას, რომლებიც გადაიცემა Downlink-ში. ატარებს საინფორმაციო ხასიათს.

**DL Efficiency:** რესურს ბლოკზე ეფექტურობის (მეგაბიტი/წმ/რესურს ბლოკი) დამოკიდებულება სპექტრალურ ეფექტურობაზე (ბიტი/წამი/ჰერცი) downlink-თვის (Mobile DL Efficiency), რომელიც განისაზღვრება მნიშვნელობებით (Class E1-E8). ატარებს საინფორმაციო ხასიათს.

**UL Efficiency:** რესურს ბლოკზე ეფექტურობის (მეგაბიტი/წმ/რესურს ბლოკი) დამოკიდებულება სპექტრალურ ეფექტურობაზე (ბიტი/წამი/ჰერცი) uplink-თვის (Mobile UL Efficiency), რომელიც განისაზღვრება მნიშვნელობებით (Class E1-E8). ატარებს საინფორმაციო ხასიათს.