

Metodi, metriche e standard per la misura della QoS: il sistema italiano

Fiber Telecom Wholesale Winery Tour 2024

11 Aprile 2024

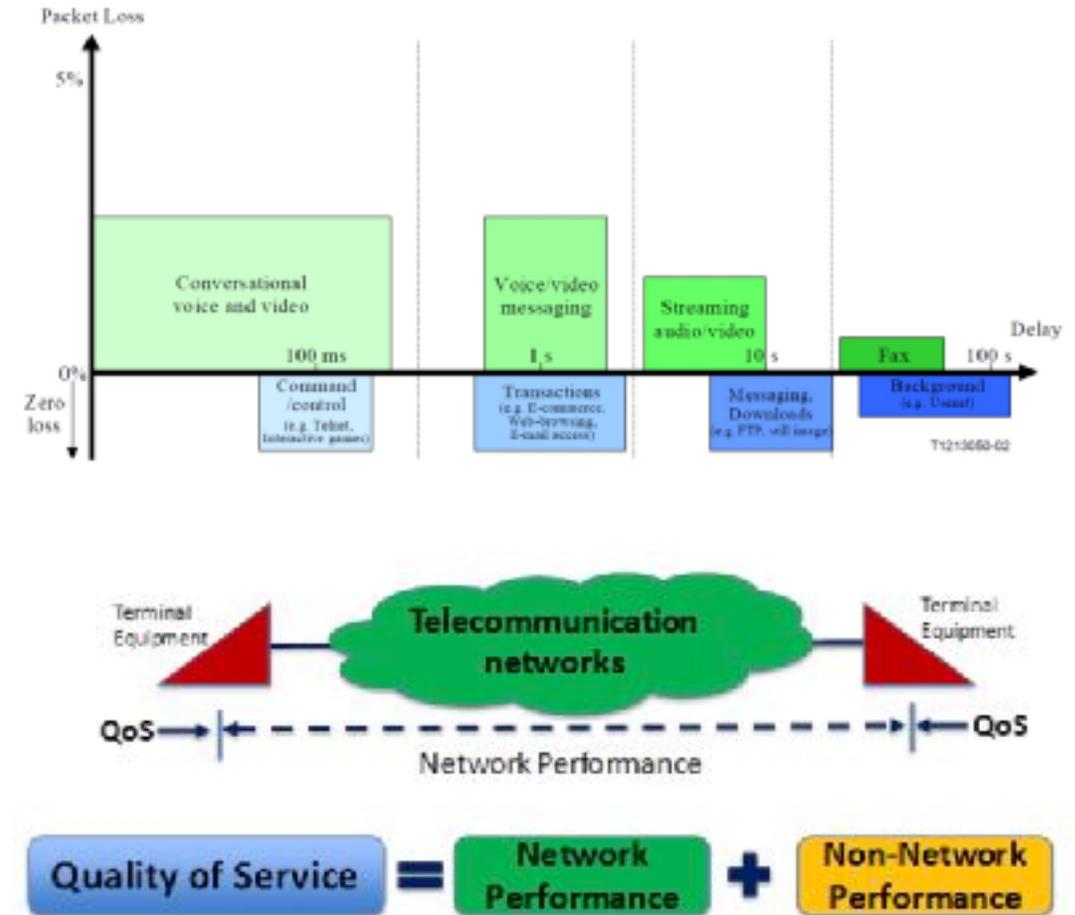
Luca Rea

Fondazione Ugo Bordoni
Responsabile AREA TLC

- **Il tema della QoS**
 - Gli standard
 - I KPI
- **Dalla teoria alla progettazione**
 - L'architettura
 - La profilazione

- **MisuraInternet è:** il progetto italiano di monitoraggio della **qualità** degli accessi ad Internet da postazione fissa
- **Che vuol dire qualità?** *“the totality of characteristics of an entity that bear on its ability to satisfy stated and implied needs”*
- **Cosa si intende con Qualità del Servizio?** L'effetto complessivo delle prestazioni del servizio che determinano il grado di soddisfazione di un utente del servizio (*“the collective effect of service performance which determine the degree of satisfaction of a user of the service”*).

- La Quality of Service comprende sia le prestazioni di rete, che le prestazioni non relative alla rete.
- Le prestazioni di rete (*Network Performance*) vengono definite come “misurate in termini di parametri che sono significativi per l’operatore di rete e che sono utilizzati per la progettazione, la configurazione, la gestione operativa e la manutenzione del sistema. Sono indipendenti dalle



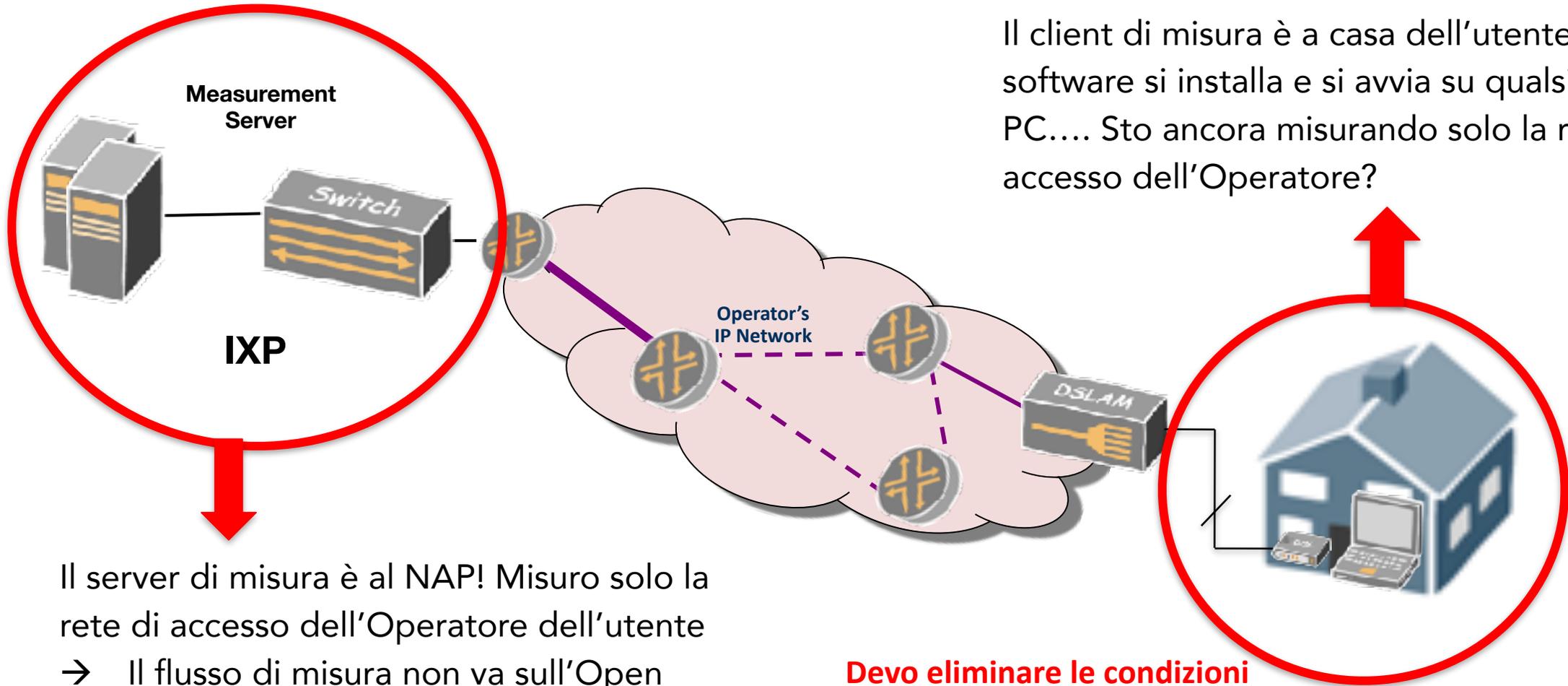
- Per valutare le Network Performance vengono definiti 4 Key Performance Indicator:
 - **Il ritardo (Latenza)**
 - **La variazione del ritardo (Jitter)**
 - **La perdita di informazioni (Packet loss)**
 - **Il Throughput**
- Il jitter assume molta importanza a causa della variabilità intrinseca dei tempi di arrivo dei pacchetti, ma vengono sempre utilizzati dei meccanismi come il buffering atti a rimuovere la variazione del ritardo.
- La perdita di informazioni, un ritardo elevato e un livello di throughput insufficiente influiscono “direttamente” sulla qualità percepita da un utente.

ETSI ES 202 765-4 (1/2) (ovvero come si misurano le Network Performance)

- Lo standard ETSI ES 202 765 contiene le definizioni e i metodi di misura per una vasta gamma di parametri legati alla qualità del servizio percepibile dall'utente finale.
- Sono indicati i requisiti per la verifica del servizio dal punto di vista degli utenti finali o delle autorità di regolamentazione
- Nella lista dei vari indicatori attinenti al servizio Internet lo standard riporta come “obbligatori” ai fini della misurazione della qualità:
 - **la disponibilità dell'accesso** ad Internet, ovvero la probabilità per un utente che i servizi Internet siano raggiungibili dal suo accesso ad Internet;
 - **l'Internet download/upload bit rate**, ovvero la velocità di trasmissione dati disponibile per i servizi Internet, misurata durante la trasmissione di file di prova trasmessi tra un sito remoto, in cui è posizionato un client, e un server, separatamente per il download e per l'upload;

- la **percentuale di insuccessi delle sessioni FTP** download/upload, utilizzato per valutare l'accuratezza del servizio Internet;
 - la **percentuale di insuccessi delle sessioni HTTP**, ovvero la percentuale di tentativi di navigazione web falliti, utilizzato anch'esso come parametro per valutare l'accuratezza del servizio Internet;
 - **il ritardo sul Ping, ovvero la media del RTT, utilizzato per misurare le prestazioni di rete in termini di ritardo e variazione del ritardo;**
 - il tempo di accesso ad Internet, ovvero la misurazione end-to-end della disponibilità del servizio in termini di capacità di un utente finale di accedere a Internet.
- Sono invece ritenuti “opzionali”:
 - la **velocità di download di una pagina web**, ovvero le prestazioni medie di download quando un utente navigare su Internet;
 - la **velocità di download/upload con protocollo FTP**, ovvero le prestazioni medie di download quando un utente scarica un file tramite protocollo FTP.

Che tratta di rete misurare?



Il client di misura è a casa dell'utente... Il software si installa e si avvia su qualsiasi PC.... Sto ancora misurando solo la rete di accesso dell'Operatore?

Il server di misura è al NAP! Misuro solo la rete di accesso dell'Operatore dell'utente
→ Il flusso di misura non va sull'Open Internet!

Devo eliminare le condizioni al contorno lato client!!

Misure probatorie (effettuate tramite Ne.Me.Sys.)

- Il set di misure d'utente probatorie è composto da un numero di 3 test.
- Ogni misura http down, e http up deve essere distanziata dalla precedente di almeno 10 minuti. Per ogni test http va effettuato un treno di almeno 10 Ping.
- I risultati ottenuti dal set di misure probatorie vengono confrontati con quanto promesso dall'operatore.

Misure istantanee (effettuate tramite MisuraInternet Speed Test)

- Si effettua una sola misura, composta da 1 HTTP down, 1 HTTP up e 10 Ping.
- Non si ottiene una completa caratterizzazione della linea, quindi NON costituisce prova di inadempienza contrattuale .
- Non effettua la profilazione del PC e della rete.



Caratterizzazione statistica della linea

- Numero necessario di campioni per caratterizzato una linea: **96 campioni per ciascun indicatore**
 - Il valore deriva dalla formula indicata in ETSI EG 202 057 all'annesso C e garantisce una stima con un intervallo di confidenza minore del 5%
 - Non vi sono prescrizioni in merito nello Standard ES 202 765
- Il 95 quantile dei 96 campioni
 - Se 5 test effettuati, nei 96 raccolti, risultano inferiori alla BMG, il sistema Ne.Me.Sys rilascerà il certificato di rilascio anticipato per l'utente finale

- Gli utenti finali scaricano dalla proprio area privata il pacchetto software creato per il proprio Sistema Operativo;
- I pacchetti sono “universali”; solo alla fine dell'installazione tramite l'inserimento da parte dell'utente di username e password si associa la licenza dell'utente al software che misura la rete di accesso del medesimo utente;
- Ne.Me.Sys. è un “demone” che non richiede all'utente di interagire con il software per effettuare le misurazione, che vengono effettuate tramite il dialogo tra il client ed il back-end (slot di tempo per effettuare le misurazioni, disponibilità del server);
- L'attuale interfaccia descrivere semplicemente all'utente cosa sta facendo il software
- Attualmente il software deve effettuare 4 test in download, 4 test in upload e 40 ping per completare una fascia oraria
- Devono essere misurate 24 ore su 24; se però il software dopo 5 misurazioni di un parametro riscontra una violazione dei valori minimi garantiti, allora il software segnala all'utente che è possibile scaricare il certificato dall'area privata sul sito del progetto. In alternativa il software continua a misurare fino ad esaurimento delle 96 misurazioni.

- Ne.Me.Sys. controlla:
 - CPU
 - RAM
 - Presenza di altri host in rete
 - Che il wi-fi sia spento e il PC collegato al modem tramite cavo di rete
 - La quantità di traffico non di misura che viene effettuata dal PC. Se la soglia di traffico spurio è maggiore del 10% allora la misura non può essere considerata valida.
- Nel caso di MisuraInternet Speed Test questi controlli non sono bloccanti, in quanto il valore misurato fornisce un'indicazione all'utente, ma non certificata i valori misurati.
- Nel caso di Ne.Me.Sys. i controlli sono bloccanti, in quanto:
 - se ci sono altri host in rete che “consumano” banda o se il collegamento avviene tramite wi-fi, allora la banda misurata sarà minore della banda fornita dall'Operatore.
 - Se invece il traffico spurio risulta una percentuale paragonabile al traffico di misura, allora non si sta più misurando la sola rete di accesso dell'Operatore, ma l'Open Internet.
 - CPU e RAM servono per assicurarsi che il PC non sia limitante nell'esecuzione delle misurazioni.

TCP esegue:

- Controllo di flusso attraverso la finestra di ricezione (gestita dal client) → **download**
- Controllo di congestione attraverso la finestra di congestione (gestita dal server) → **upload**

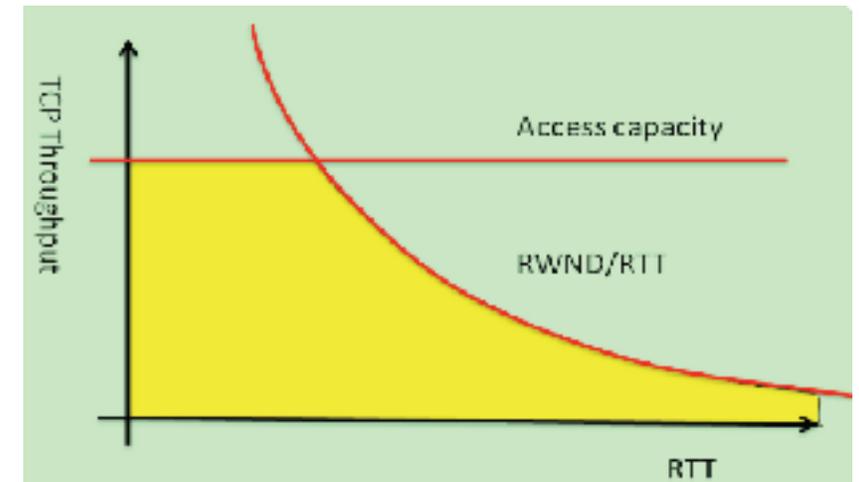
Il Throughput TCP è limitato superiormente dalla:

- Finestra in gioco
- Capacità di accesso disponibile

$$TCP\ Throughput < \frac{\min(rwnd, cwnd)}{RTT} < \min(Capacità, \frac{rwnd}{RTT})$$

Condizione ottima: RWND pari al BDP

Next Generation Access Network → Elevate capacità (alti BDP)



- **Velocità massime della connessione** – Le velocità massime di trasmissione dati, sia in download sia in upload, che l'utente può aspettarsi realisticamente di sperimentare. Tali valori costituiscono vincolo contrattuale per l'operatore.
- **Velocità normalmente disponibili della connessione** – Le velocità di trasmissione dati, sia in download sia in upload, che l'utente può aspettarsi di sperimentare per la maggior parte del tempo nell'utilizzo del servizio. Tali valori costituiscono vincolo contrattuale per l'operatore.

$result_l = test_result_k$ ordinato con valori decrescenti,
dove $k = 1, \dots, N$ e $l = 1, \dots, N$

- $i = 1$

$$max = result_i$$

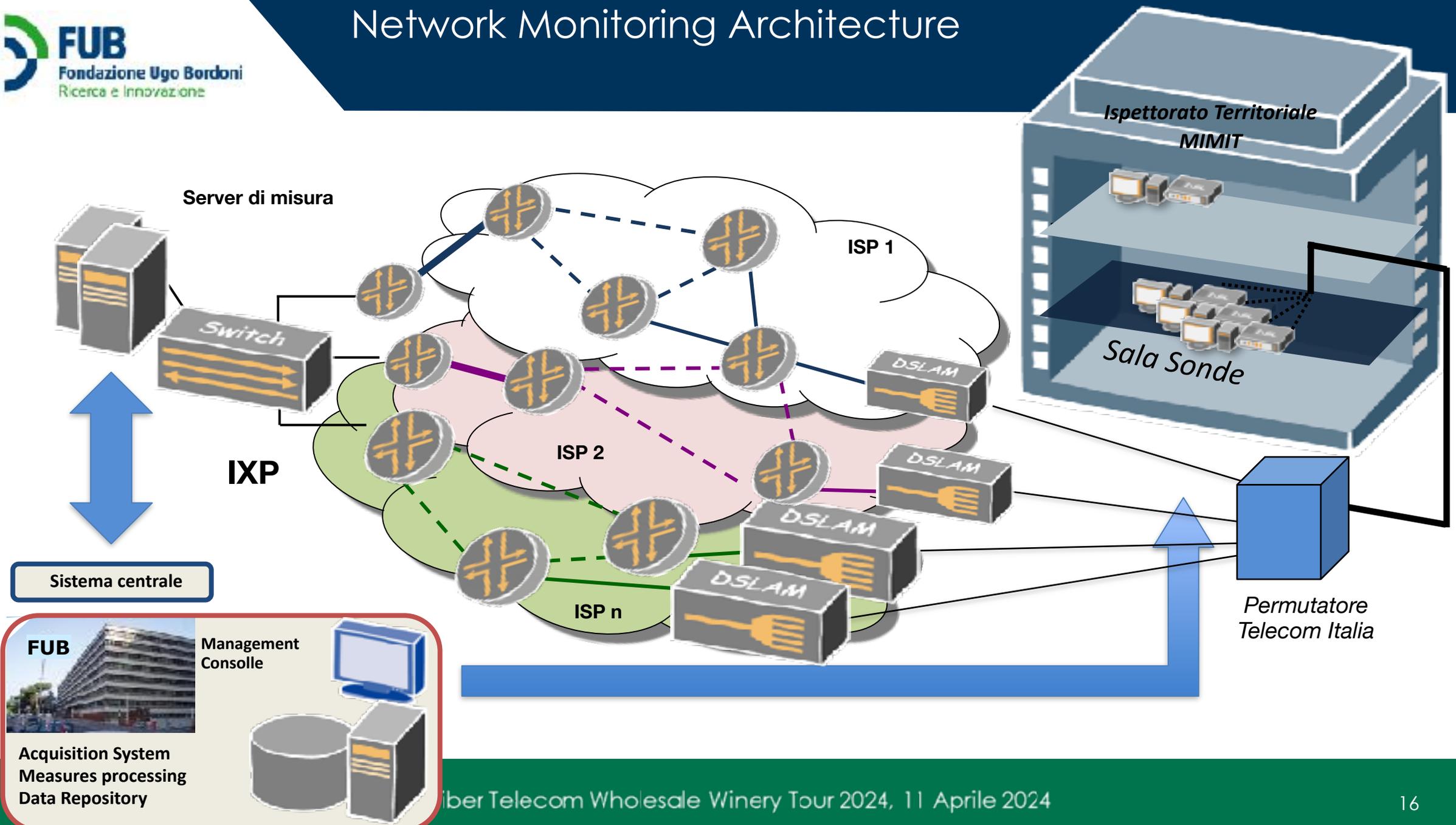
$result_l = test_result_k$ ordinato con valori decrescenti,
dove $k = 1, \dots, N$ e $l = 1, \dots, N$

- $i = \text{ceil}\left(\frac{N}{100} \cdot 75\right)$

$$75quant = result_i$$

Con la Delibera 156/23/CONS gli operatori FWA sono equiparati agli operatori di rete fissa

- Effettuare misure su linee campione opportunamente selezionate tra quelle più commercializzate
- Pubblicazione dei parametri di qualità misurati sul sito: www.misurainternet.it
- Valutare in maniera attendibile la qualità del servizio offerto a parità di condizioni fisiche di misura

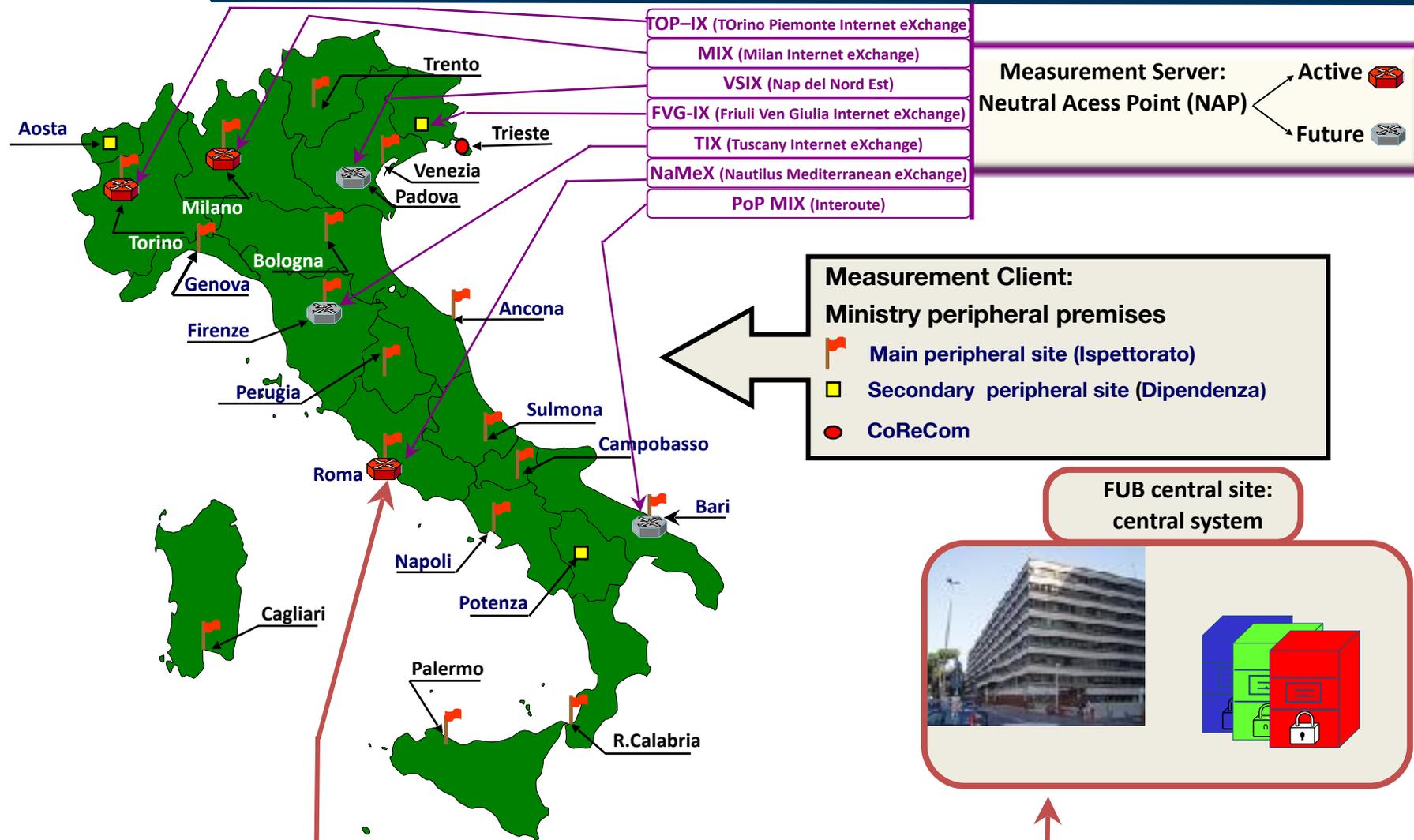


FUB Management Console

Acquisition System
 Measures processing
 Data Repository

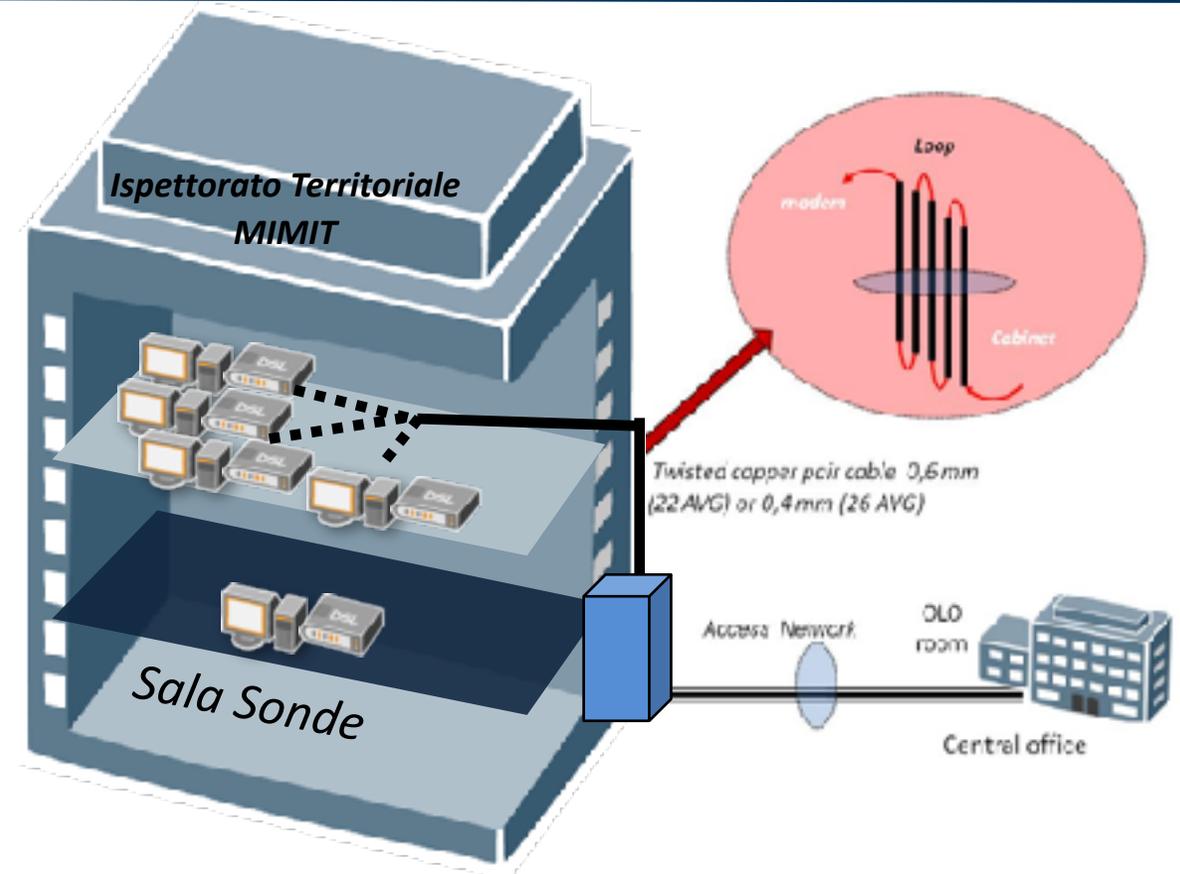
Network Monitoring Architecture

Postazioni territoriali e NAP di riferimento



- Si considera l'attenuazione della linea in upload perché meno colpita dalle basse frequenze
- In Italia la distanza media tra clienti e la centrale di scambio è di circa 1,2 km con una corrispondente attenuazione media in upload di 11 dB
- Per i profili FTTx, si considera una distanza media di 150 metri. Il parametro fisico di riferimento è il rumore elettrico e non l'attenuazione
- Per i collegamenti FWA verrà considerato il valore della potenza al ricevitore

Per confrontare le prestazioni degli ISP anche l'attenuazione di linea deve essere uguale



- In collegamenti in fibra le prestazioni del servizio risentono in maniera trascurabile della distanza, per questo non vi sono prescrizioni sul valore di attenuazione per il rilegamento del punto di misura.
- In collegamenti di tipo FWA va considerata la varietà delle tipologie di connessioni in termini di bande frequenziali, tecnologia, ecc.
- È stata definita una prima fase di misurazione delle connessioni di tipo FWA nella quale l'operatore si impegna ad individuare un punto di misura medio rispetto alla propria customer base per ciascun profilo oggetto di misura.
- Le misurazioni saranno effettuate secondo le modalità previste dal tavolo, comuni tra tutti gli operatori, e si dovrà comunicare ad Agcom ed alla FUB la distanza tra sonda ed antenna (al momento dell'installazione), le frequenze utilizzate per l'erogazione del servizio e i seguenti valori su base mensile:
 - **potenza media al ricevitore [dBm],**
 - **potenza minima al ricevitore [dBm],**
 - **rapporto segnale/rumore interferente (SINR) medio al ricevitore [dB],**
 - **rapporto segnale/rumore interferente (SINR) minimo al ricevitore [dB].**



Riferimento normativo:

Delibera AGCOM n.154/12/CONS[2012->2015]

Delibera AGCOM n.580/15/CONS[2015->2017]

...

Delibera AGCOM n.251/22/CONS[2022]

Obiettivo principale:

Monitorare le prestazioni della rete di accesso degli operatori mobili strutturati (i.e., TIM, Vodafone, WindTre)

Metodologia:

La QoS è valutata mediante campagne di misurazione basate su drive-tests nomadici effettuati sul territorio nazionale:

Misure statiche per valutare le prestazioni della rete mobile

Misure dinamiche effettuate durante il passaggio tra due punti di misurazione statici

Principale riferimento tecnico:

ETSI Standard: ETSI TS 102-250 & TS 202-057

Riferimento normativo:

Delibera AGCOM n.154/12/CONS[2012->2015]

Delibera AGCOM n.580/15/CONS[2015->2017]

...

Delibera AGCOM n.251/22/CONS[2022]

Obiettivo principale:

Monitorare le prestazioni della rete di accesso degli operatori mobili strutturati (i.e., TIM, Vodafone, WindTre)

Metodologia:

La QoS è valutata mediante campagne di misurazione basate su drive-tests nomadici effettuati sul territorio nazionale:

Misure statiche per valutare le prestazioni della rete mobile

Misure dinamiche effettuate durante il passaggio tra due punti di misurazione statici

Principale riferimento tecnico:

ETSI Standard: ETSI TS 102-250 & TS 202-057

Il progetto MisuraInternetMobile offre agli utenti la possibilità di verificare e confrontare la qualità dell'accesso a Internet da terminali mobili

<http://www.misurainternetmobile.it>

Il progetto è regolamentato dall'Agcom

La progettazione, lo sviluppo e l'implementazione sono affidato alla Fondazione Ugo Bordon

Attività finanziata e condotta con il supporto degli operatori di rete mobile italiani, coordinata e monitorata da un Tavolo Tecnico:

AGCOM, FUB, MNOs

Originariamente erano due campagne ogni anni a cadenza semestrale, ora è solo una campagna

≈ 6000km percorsi per campagna

20/40/45 grandi città, coprendo tutte le regioni

Lo scopo principale della campagna di misure sul campo in esame è quello di verificare le prestazioni conseguibili dai sistemi e dalle reti disponibili, predisposti secondo la **migliore tecnologia possibile** che ciascun operatore è in grado di mettere in campo, senza condizioni operative o elementi limitanti, per quanto concerne in particolare

dispositivi terminali

radio and access network

core network

tecniche di gestione di rete ed ottimizzazione del traffico, anche utilizzando meccanismi di priorità nell'accesso a risorse condivise.

Le delibere Agcom affidano alla Fondazione Ugo Bordoni la progettazione e la gestione delle campagne di misura:

Ideare l'architettura del sistema di misurazione

Pianificare le attività da fare come indicato dall'Agcom

Fornire risorse e la strumentazione tecnica necessaria

Effettuare le misurazioni

Acquisire i risultati e renderli disponibili agli operatori e all'Agcom

Gestire il processo di validazione dei risultati

Effettuare elaborazioni statistiche ed aggregazione dei dati

Rendere fruibili i risultati finali al Tavolo Tecnico e, successivamente, renderli pubblici

Intrinseca variabilità

Per definizione di “sistema mobile”, le condizioni cambiano nel tempo

Il segnale radio subisce distorsioni e affievolimenti (aspetti locali)

L'utente cambia il proprio scenario (aspetto globale)

Outdoor / Indoor

Urbano / Area aperta

Vicino / Lontano (dalla propria BTS)

Accesso condiviso

La risorsa radio viene usata contemporaneamente da più utenti

Variabilità nella propria qualità associata al comportamento di altri

Dinamicità nella fruizione

Fruizione da chiavetta solitamente statico o nomadico

Fruizione propriamente dinamica con smartphone

Uso da mezzi mobili (auto, treno,...)

Considerazioni generali per la valutazione della QoS delle reti mobili:

Copertura di rete

Disponibilità della rete

Accessibilità al servizio (Blocking/Availability)

ha significato solo quando vi è accesso alla rete

Mantenimento del servizio (Dropping/Retainability)

Qualità/prestazioni (voce/dati)

Servizi offerti dalla rete mobile:

Voce

SMS

Dati

Secondo ETSI TS-102-250 e TS-202-057 sono stati scelti alcuni KPI per la valutazione delle prestazioni della rete e della qualità, in termini di:

Data transmission (DL/UL) throughput

Data transmission (DL/UL) unsuccessful rate

Web page download time (HTTP/HTTPS)

Web page download unsuccessful rate (HTTP/HTTPS)

Packet delay

Packet loss

Jitter

In aggiunta anche il Video Streaming da YouTube (ETSI TR 101 578 V1.2.1 (2015-07)):

TimeToFirstPicturePlayer

TimeToFirstPicturePlayer unsuccessful rate

Video freezing time proportion

Freezing

Distribuzione spaziale e temporale dei campioni

La distribuzione spaziale dei campioni deve tener conto dell'infrastruttura di rete

La distribuzione temporale dei campioni deve riflettere le variazioni di traffico

Numero di test

L'ETSI definisce la formulazione per calcolare il numero di campioni necessari per ottenere valutazioni di tipo quantitativo o qualitativo:

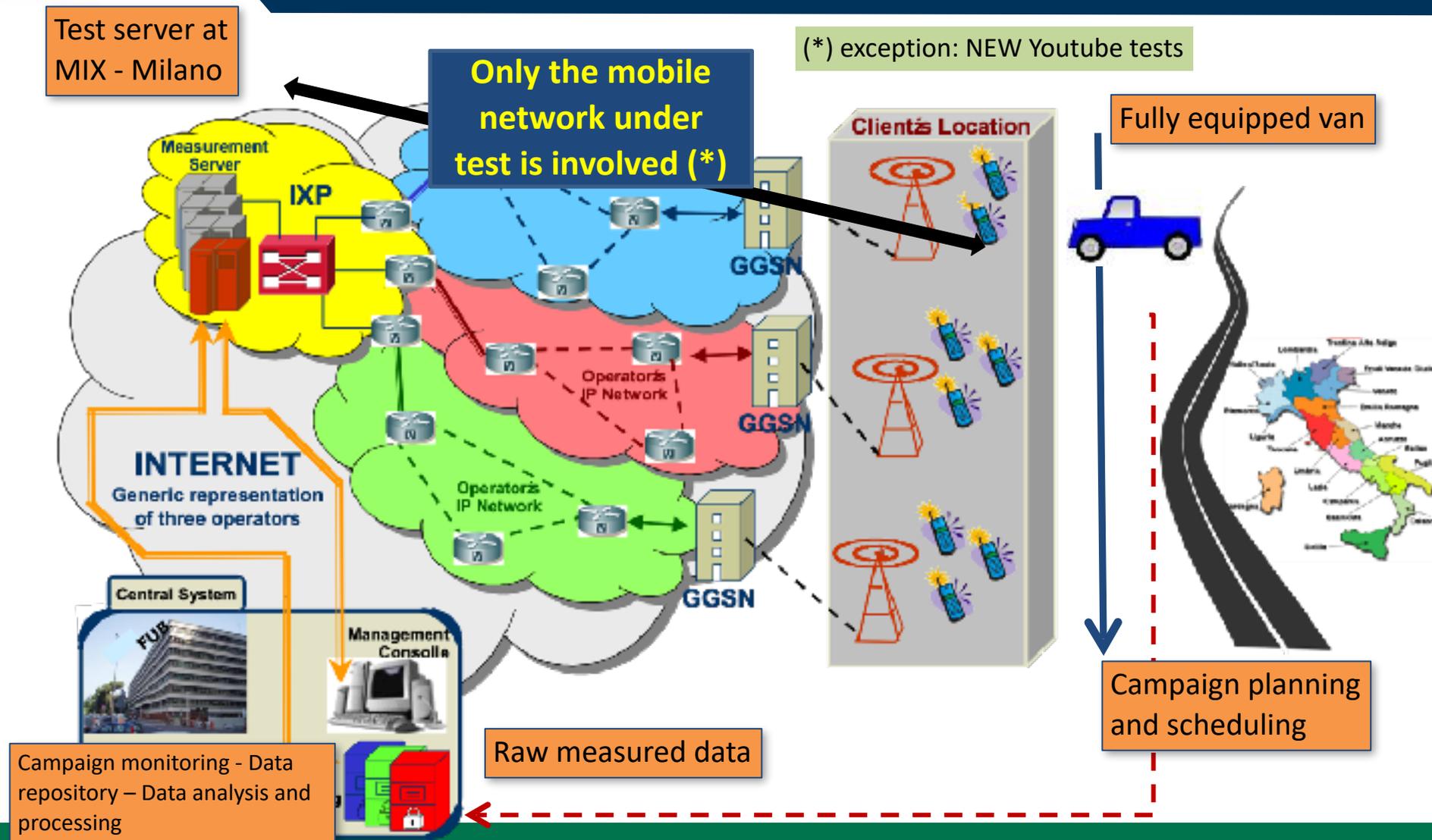
Per valutazioni quantitative è necessario individuare il numero di campioni per ottenere una certa accuratezza

Per valutazioni qualitative è indicato come valutare l'accuratezza a partire da un certo numero di campioni disponibili

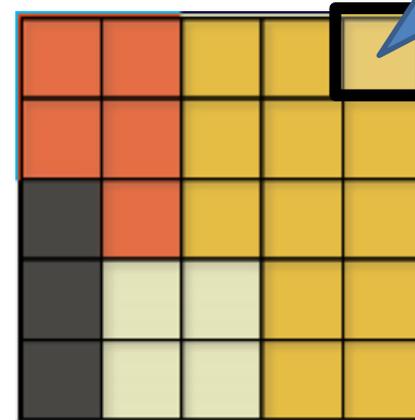
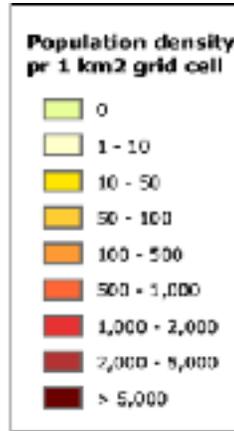
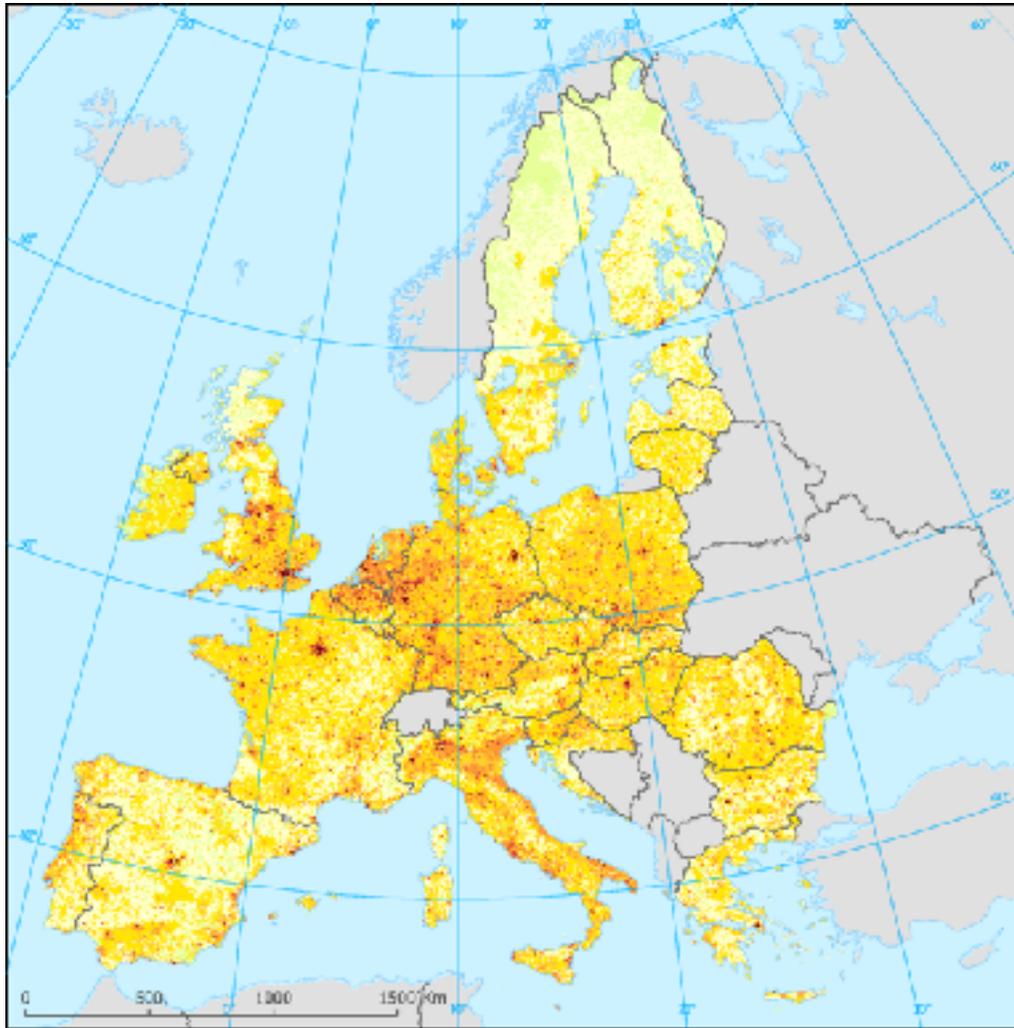
Distribuzione geografica dei test

Sull'area che si intende misurare il numero di campioni dipende dal numero dei clienti attivi e dovrebbe tener conto delle dimensioni del mercato e della popolazione nell'area

Architettura del sistema

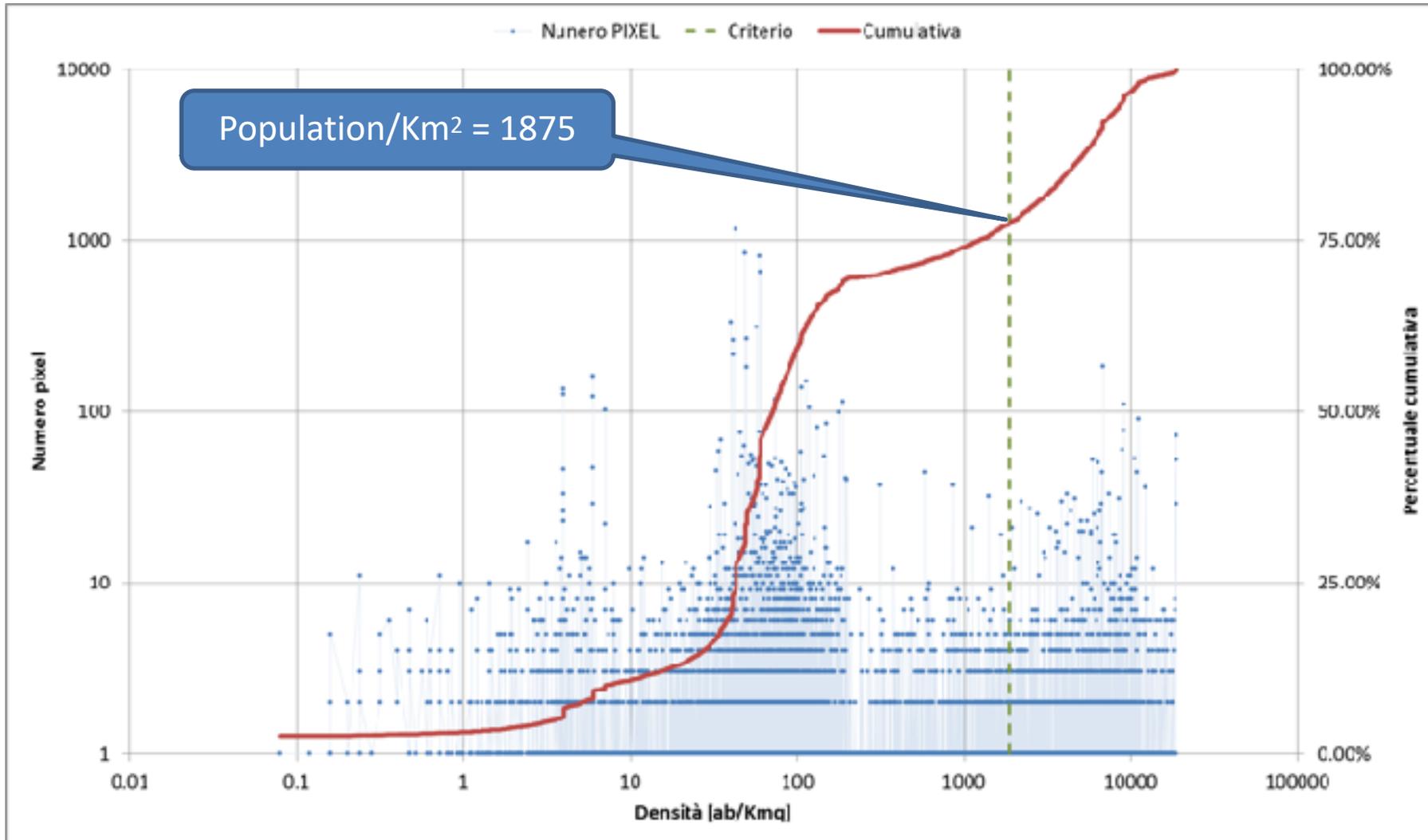


Database di Corine

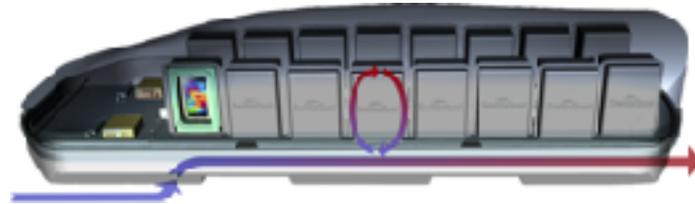


CORINE elementary cell (100x100m)

DRIVE TEST pixel (500x500m)

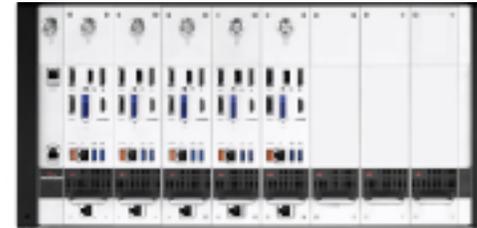


1x SmartBenchmarker II system configured as follows ([Rel.21](#))



Control laptop
Dell E6430ATG
Win 10 OS

VRB (roof box) with
4x TCM Samsung Galaxy S21+ (G996BDS) Exynos
4x TCM Samsung Galaxy S9 (SM-G960FDS),
Technologies: LTE / WCDMA / GSM



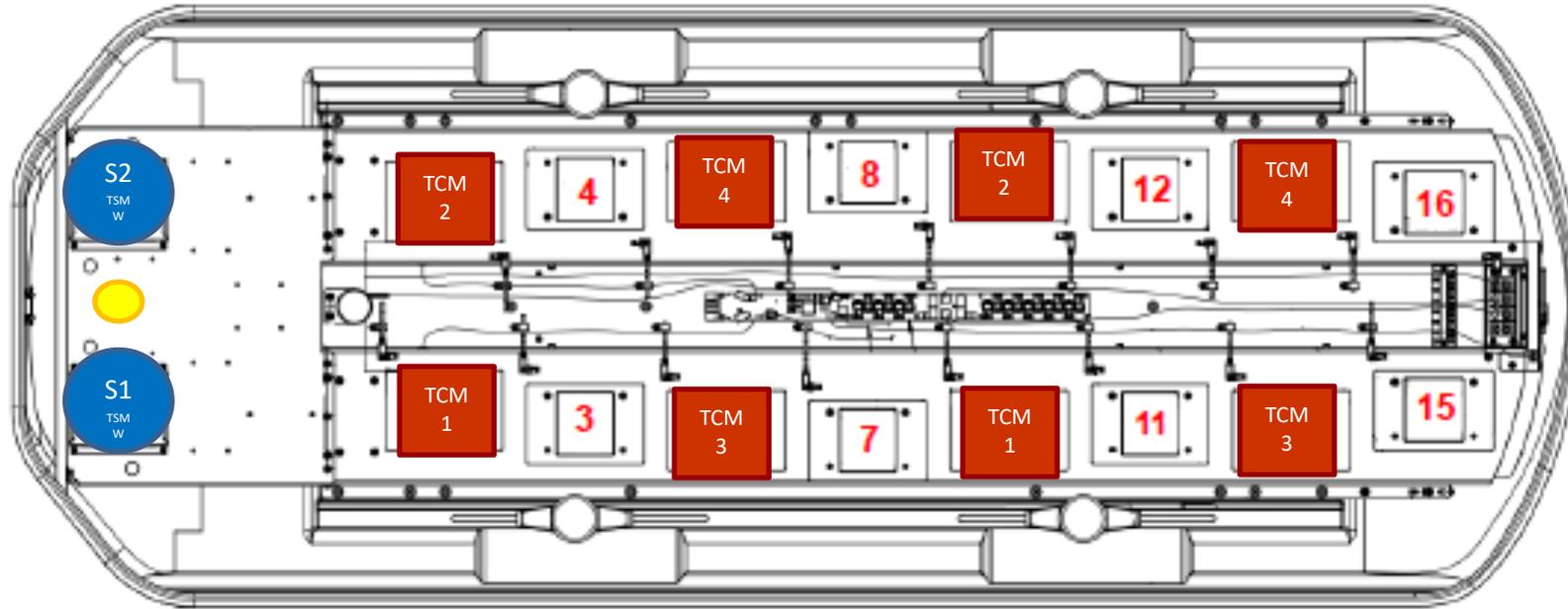
1x CMR
4x CSM v3



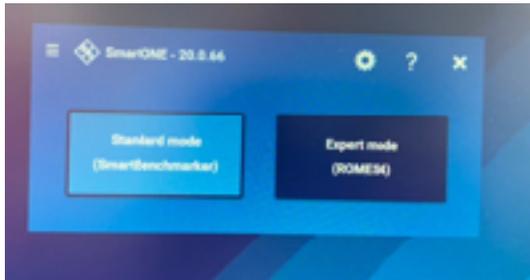
External RF scanner
R&S TSMW: GSM, WCDMA, LTE FDD
with L3 decoding, MIMO 2x2 and RF Power
Scan

- 4x Data Android OS (FTP UL/DL, Ping, HTTP Browser)
- 4x HTTP Get/Put for Android OS
- 4x HTTP Capacity UL/DL Test
- 4x YouTube Video Streaming for Android OS with ITU J.343.1 MOS assesment
- 4x RF scanning for GSM-WCDMA-LTE (FDD-TDD)

Configurazione VRB



- → Scanner antennas (mag mount) TSMW
- → Thermal Containment Modules (TCMs) for VoLTE devices
- → GPS antenna (attached to USB hub on RPC board in VRB)



Le delibere Agcom affidano alla Fondazione Ugo Bordoni la progettazione e la gestione delle campagne di misura:

Ideare l'architettura del sistema di misurazione

Pianificare le attività da fare come indicato dall'Agcom

Fornire risorse e la strumentazione tecnica necessaria

Effettuare le misurazioni

Acquisire i risultati e renderli disponibili agli operatori e all'Agcom

Gestire il processo di validazione dei risultati

Effettuare elaborazioni statistiche ed aggregazione dei dati

Rendere fruibili i risultati finali al Tavolo Tecnico e, successivamente, renderli pubblici

Per il test si adotteranno rispettivamente:

HTTP DL multi-stream (Capacity): Fixed-duration (5 file di opportune dimensioni, durata 15 sec)

HTTP UL multi-stream (Capacity): Fixed-duration (5 file di opportune dimensioni, durata 15 sec)

HTTP e HTTPS Browsing: ETSI Kepler Web page (800 KB di dimensione)

PING: 25 Pacchetti da 32 byte per ogni test

VIDEOSTREAMING: file video scaricato dalla piattaforma YouTube

Indicatore	Misura
Velocità di trasmissione HTTP Upload	Tasso di mancata accessibilità
	Valore misurato nell'ambito dei test validi in modalità multi-stream
	Tasso di fallimento dei test
Velocità di trasmissione HTTP Download	Tasso di mancata accessibilità
	Valore misurato nell'ambito dei test validi modalità multi-stream
	Tasso di fallimento dei test
Tempo di navigazione HTTP	Tasso di mancata accessibilità
	Valore misurato nell'ambito dei test validi
	Tasso di fallimento dei test
Tempo di navigazione HTTPS	Tasso di mancata accessibilità
	Valore misurato nell'ambito dei test validi
	Tasso di fallimento dei test

Ritardo di trasmissione dati (Round Trip Time)	Valore misurato nell'ambito dei test validi
Tasso di perdita dei pacchetti	Valore misurato nell'ambito dei test validi
Variabilità del ritardo – <i>Jitter</i>	Valore misurato nell'ambito dei test validi
Tempo di inizio riproduzione	Tasso di mancata accessibilità
	Valore misurato nell'ambito dei test validi Tasso di fallimento dei test
Tasso di interruzione per <i>freezing</i>	Tasso di esecuzione in HD
	Valore misurato nell'ambito dei test validi
	Tasso di fallimento per eccesso di <i>freezing</i>

2G:

RxLev (Received Signal Level, livello del segnale ricevuto), [dBm]

RxQual (Received Quality Level, indicatore di qualità del segnale ricevuto), [dB]

3G:

RSCP (Received Signal Code Power, livello del segnale ricevuto), [dBm]

Eclo (Energy per chip to Interference power ratio, livello di qualità del segnale), [dB]

4G:

RSRP (Reference Signal Received Power, livello del segnale ricevuto), [dBm]

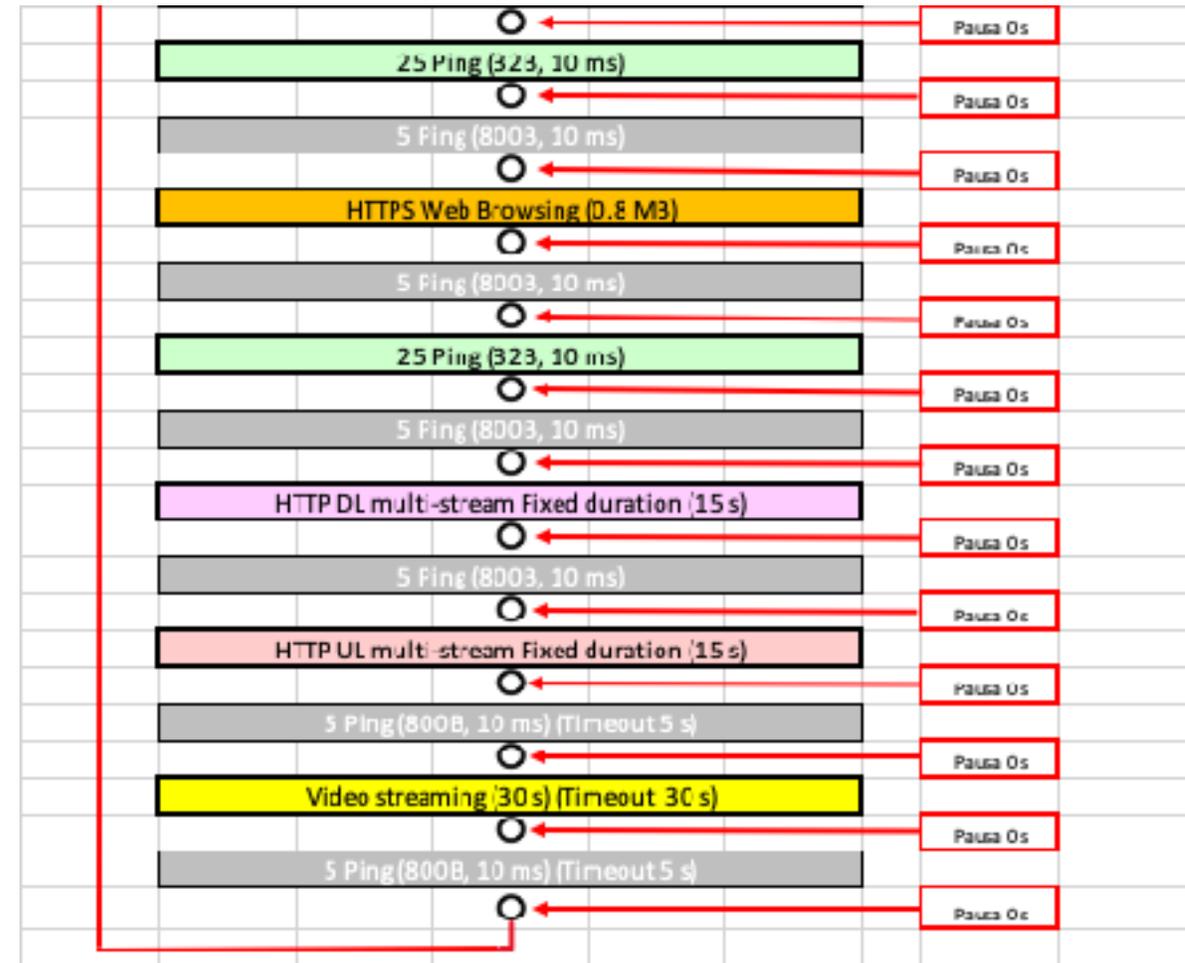
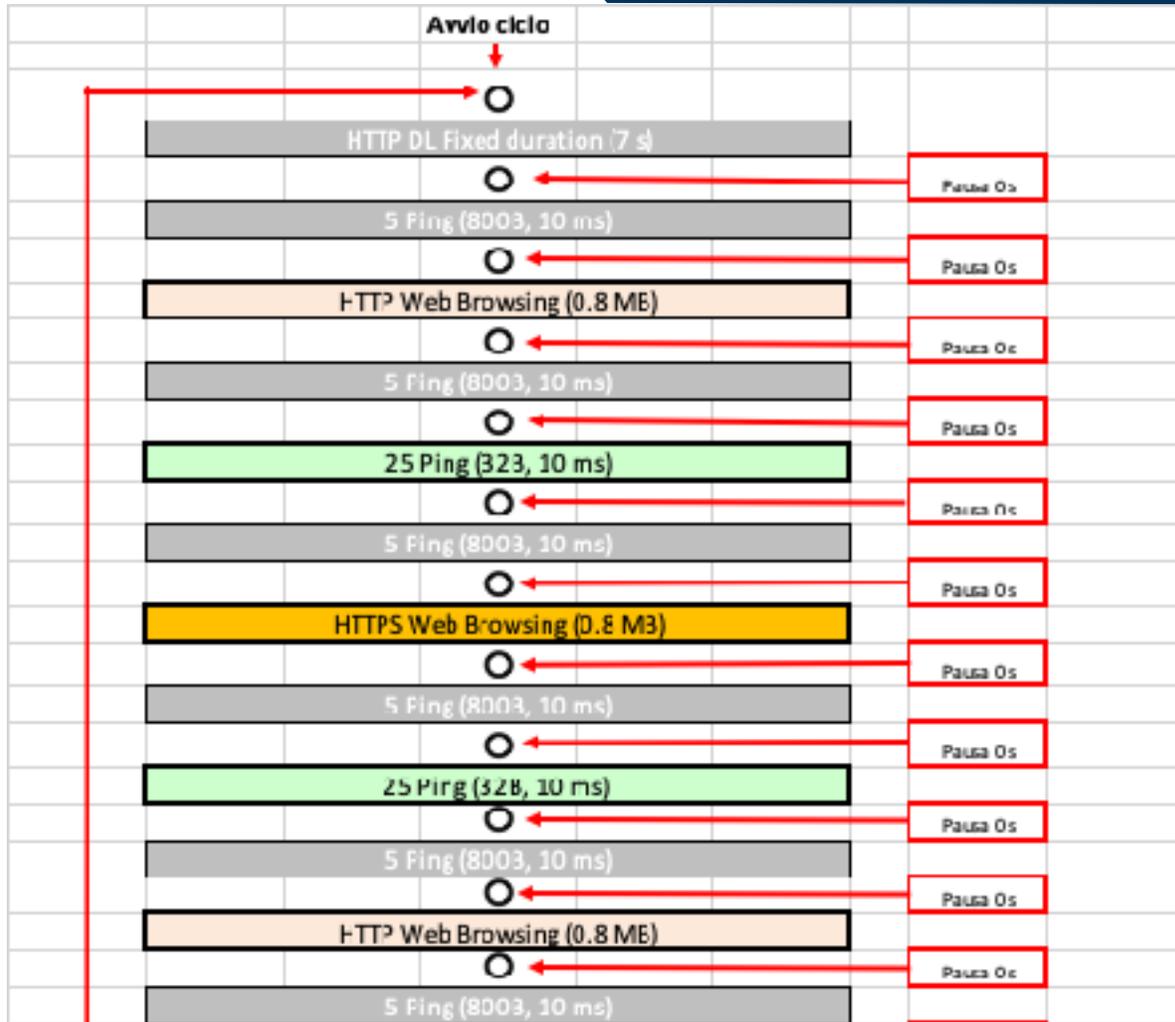
RSRQ (Reference Signal Receiver Quality, livello di qualità del segnale ricevuto), [dB]

5G:

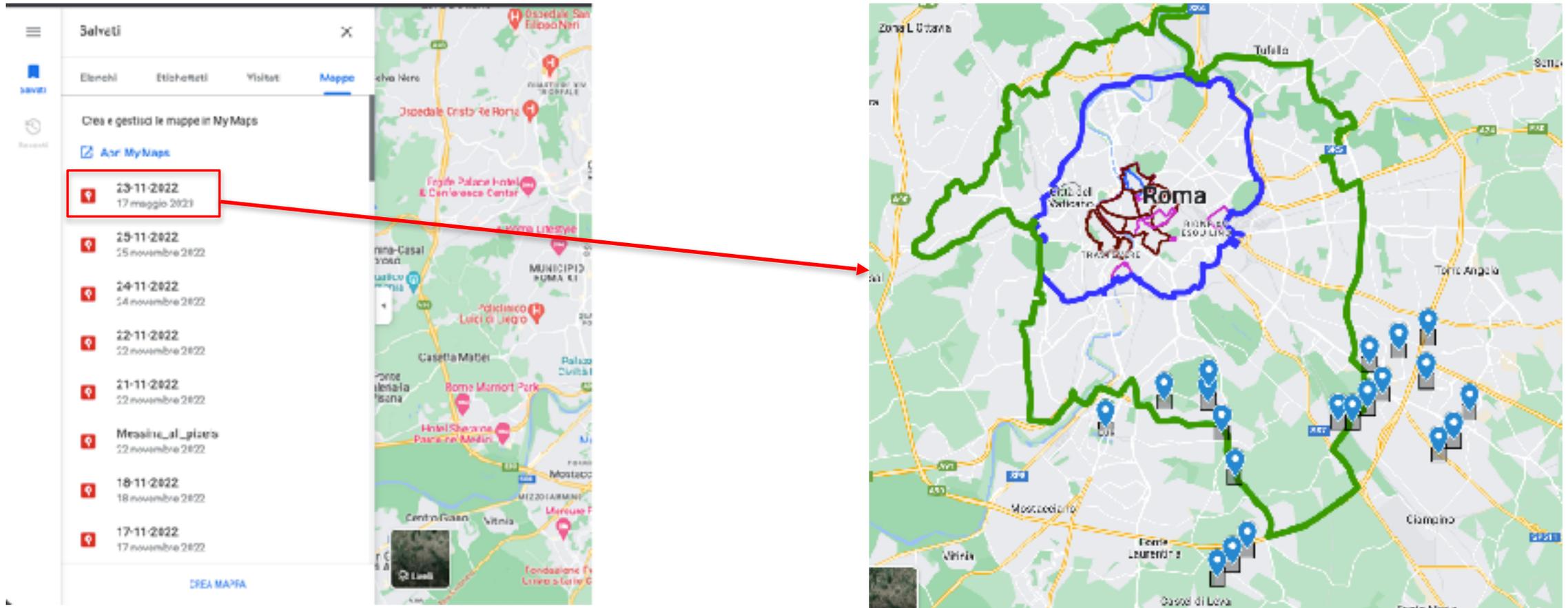
RSRP (Reference Signal Received Power, livello del segnale ricevuto), [dBm]

RSRQ (Reference Signal Receiver Quality, livello di qualità del segnale ricevuto), [dB]

Ciclo di misurazione

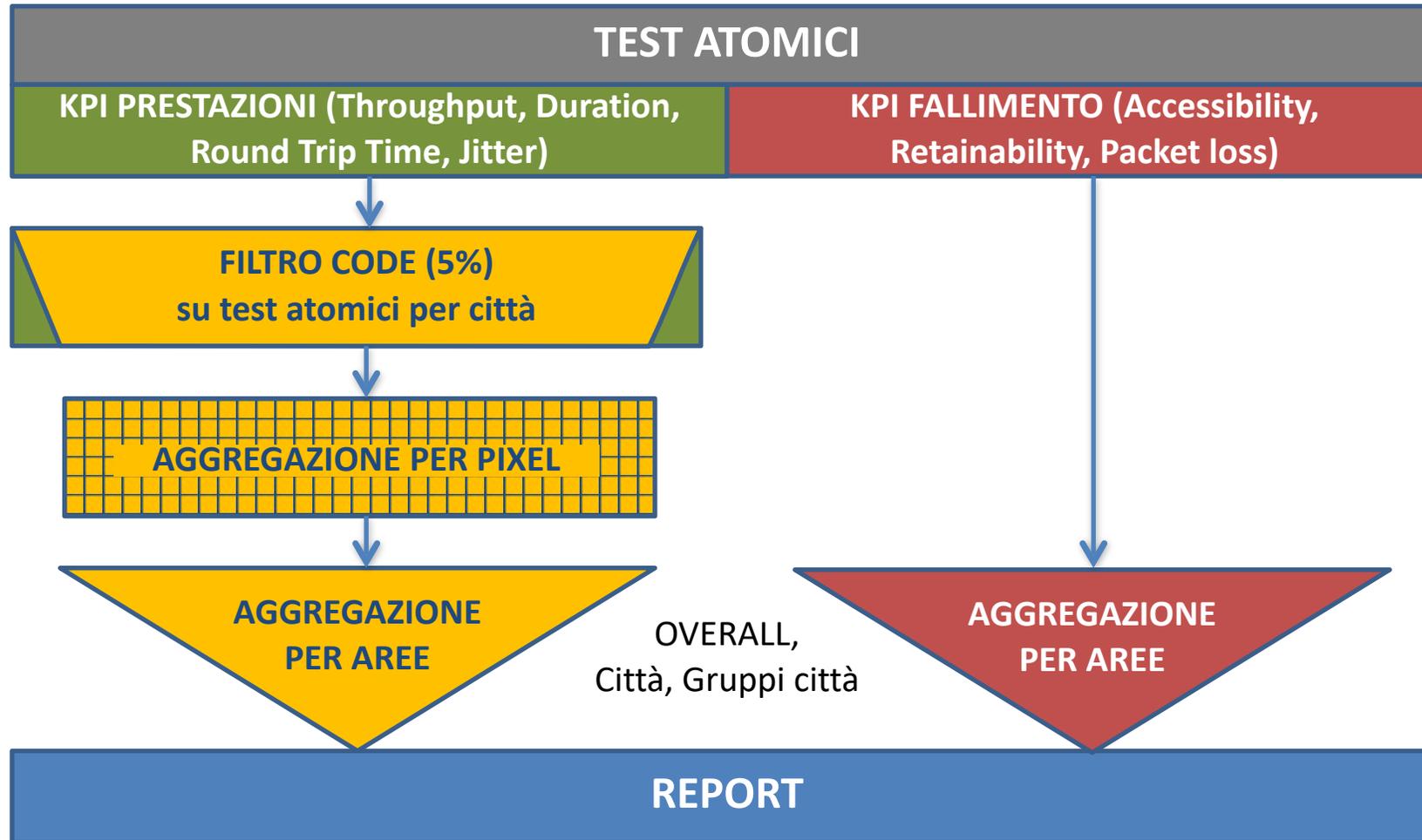


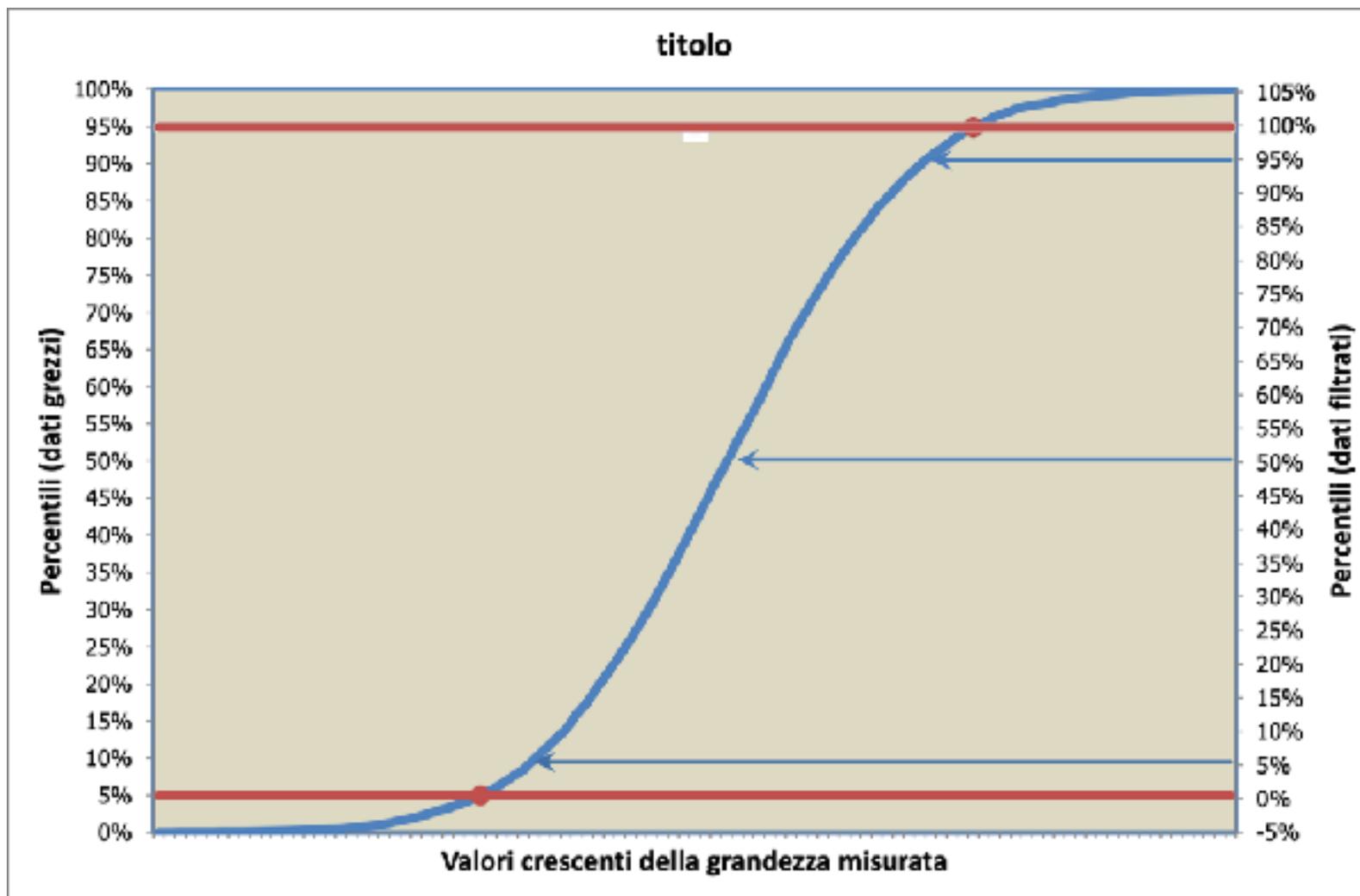
Esecuzione delle misurazioni



- Modalità di esecuzione diversa per le città statiche e per le città dinamiche.

Aggregazione dei dati



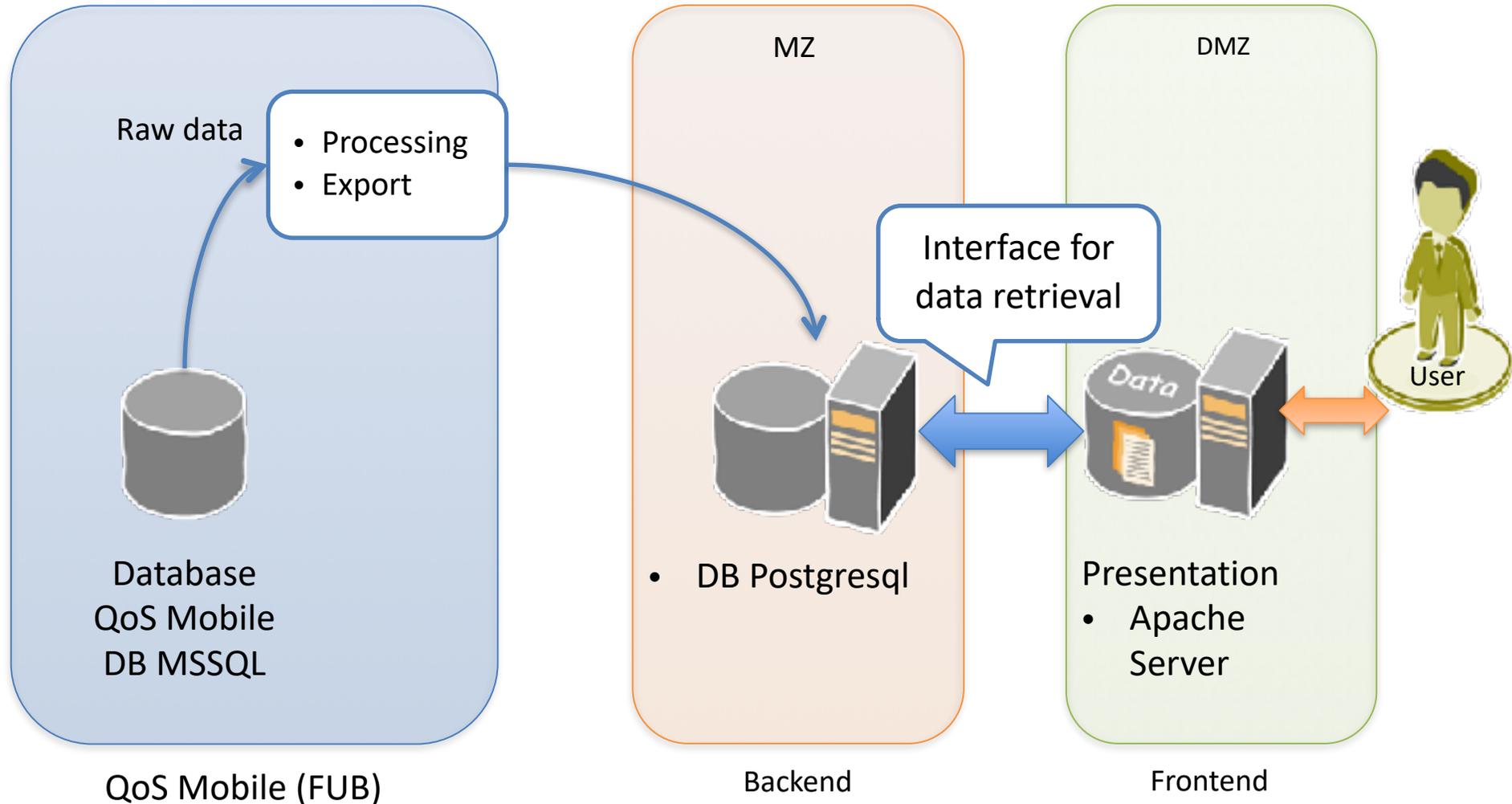


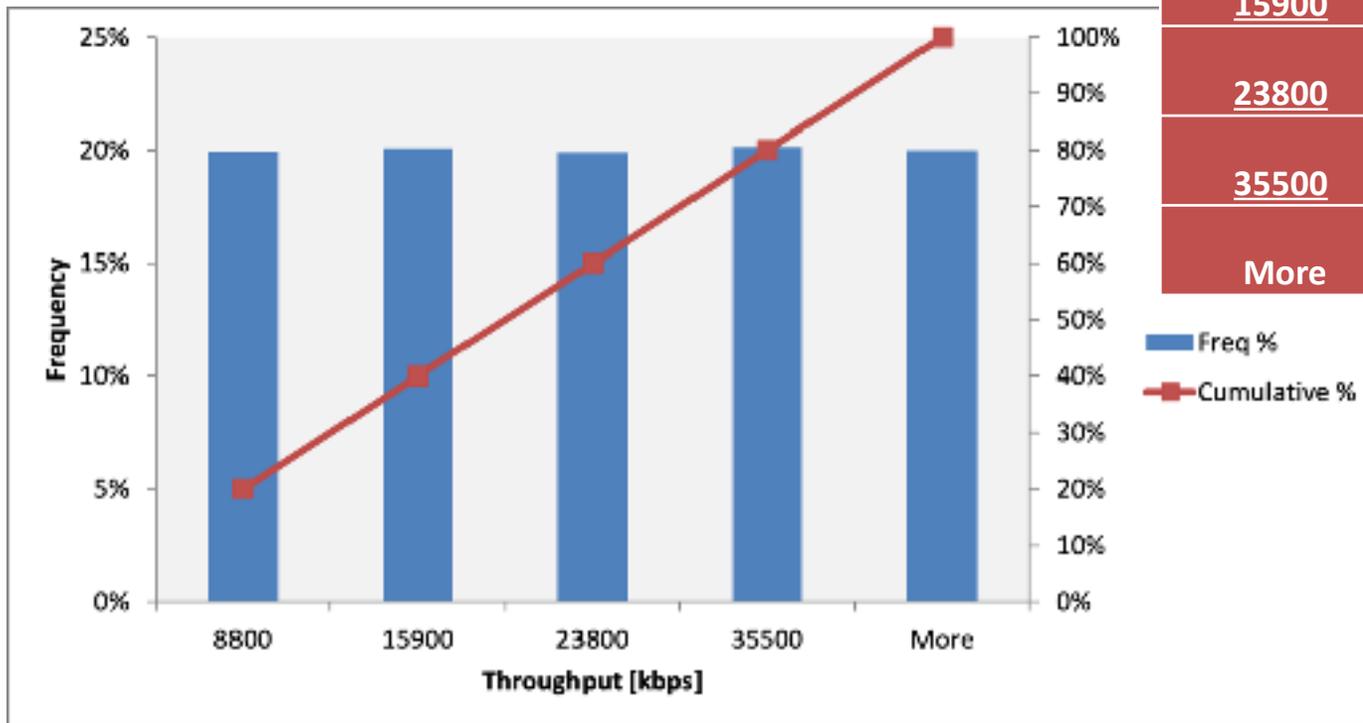
Tablelle dei risultati

Confronto con le campagne precedenti

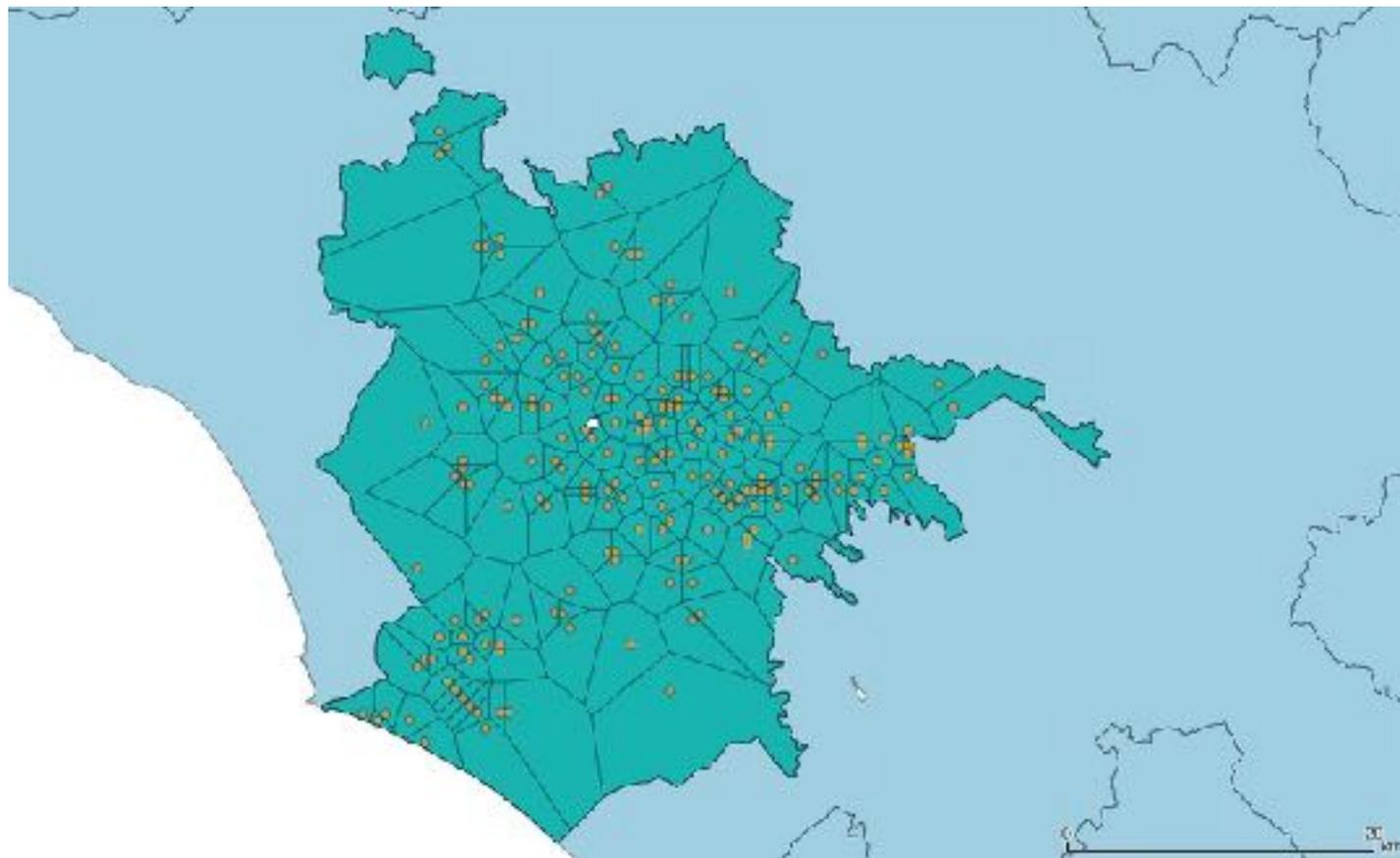
ID Analisi I/O	TipoTest Capacity DL	TipoReport Integrity
KPI 30461	Aggregatore PKCCL	
Campagna Campagna_2022_1S	DataAnalisi 2022-11-22	Data Reazione 00/01/1900
Insultato: on_Abronia SI	Insultazione: Pechanti PCI	Foto: Pech SI

Media di MEDIA	OPERATORE			
	TIM	Vodafone	WindTre	3RETI
Città				
_4G_10	387935,0385	384122,5980	180837,2107	284799,5394
_4G_Pop >200K	381821,5150	296832,5271	186205,6986	280533,9456
_4G_Pop 200-500K	370039,6980	356305,7253	126247,8151	277334,5377
_R1	387935,0385	384122,5980	180837,2107	284799,5394
OVERALL	380935,0385	384122,5980	180837,2107	284799,5394
_OVERALL_20A	380935,0385	384122,5980	180837,2107	284799,5394
_Pop >570K	381821,5150	296832,5271	186205,6986	280533,9456
Pop 230-530K	370039,6980	356305,7253	126247,8151	277334,5377
GE	466427,9319	270501,0531	150092,8910	277433,7130
MI	534938,5889	331263,0930	216993,6345	356619,5210
NA	280297,7520	392154,5234	151716,1399	251377,7326
FM	227000,0320	287585,0021	150835,8926	210172,5379
TO	456962,9246	246136,8030	237093,8901	319209,9578
VH	370039,6980	356305,7253	126247,8151	277334,5377





Throughput [kbps]	Freq	Freq %	Cumulative %
<u>8800</u>	574	19.92 %	19.92%
<u>15900</u>	579	20.09 %	40.01%
<u>23800</u>	573	19.88 %	59.89%
<u>35500</u>	580	20.12 %	80.01%
<u>More</u>	576	19.99 %	100.00%



Grazie per l'attenzione