GRUPPO TELECOM ITALIA
VI CONVEGNO NAZIONALE Il controllo degli agenti fisici: ambiente, territorio e nuove tecnologie
Alessandria, 6,7,8 Giugno 2016

Normativa CEM e sviluppo delle reti di telefonia mobile

Gli obiettivi dell'Agenda Digitale sullo sviluppo delle reti a Banda Larga e i vincoli regolatori

Paolo Gianola, Sergio Bastonero, Renato Scotti, Rosamaria Cimò, Marina Macrì
Telecom Italia S.p.A., Via G. Reiss Romoli 274, 10148 Torino, paolo.gianola@telecomitalia.it

enda

Evoluzione della rete mobile
Il 5G: dalla Comunicazione Personale all'Internet delle Cose

La Cloud RAN, la Virtualizzazione e i Sistemi di Antenne Multiple

La "Digital Agenda for Europe (DAE)"
La Strategia Italiana per la Banda Larga

Semplificazioni, Coordinamento e Razionalizzazione

IL DL179/2012 e Linee Guida su α24
Data Base on-line: alpha24 e potenze medie orarie

Validazioni Sperimentali delle Potenze Medie stimate dai contatori di rete

I Benefici Reali del DL Crescita sullo Sviluppo delle Reti Mobili
Effetti nello scenario teorico inerziale e in quello evolutivo reale

Implementazione dell' α24: effetto saturazione

enda

Evoluzione della rete mobile
Il 5G: dalla Comunicazione Personale all'Internet delle Cose

La Cloud RAN, la Virtualizzazione e i Sistemi di Antenne Multiple

La "Digital Agenda for Europe (DAE)"
La Strategia Italiana per la Banda Larga

Semplificazioni, Coordinamento e Razionalizzazione

IL DL179/2012 e Linee Guida su α24
Data Base on-line: alpha24 e potenze medie orarie

Validazioni Sperimentali delle Potenze Medie stimate dai contatori di rete

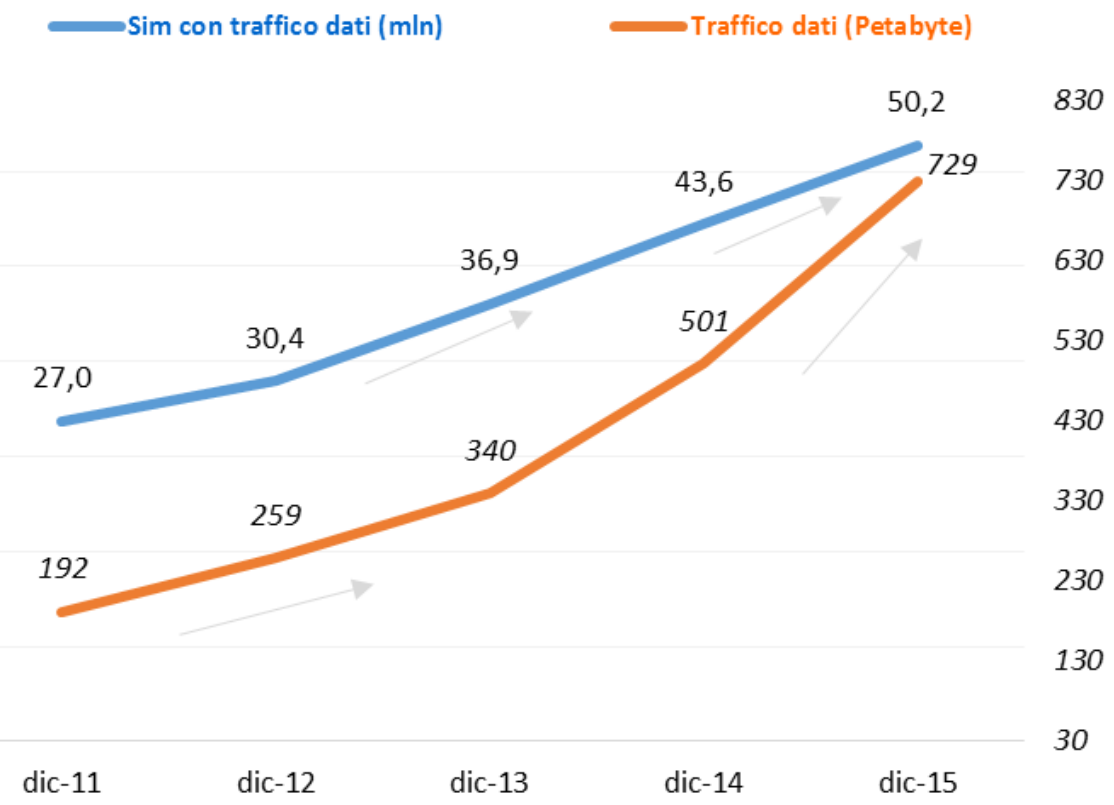
I Benefici Reali del DL Crescita sullo Sviluppo delle Reti Mobili
Effetti nello scenario teorico inerziale e in quello evolutivo reale

Implementazione dell' α24: effetto saturazione

TIM

raffico dati sulle reti mobili cresce del 45% all'anno!

COM: OSSERVATORIO SULLE COMUNICAZIONI N. 1/2016



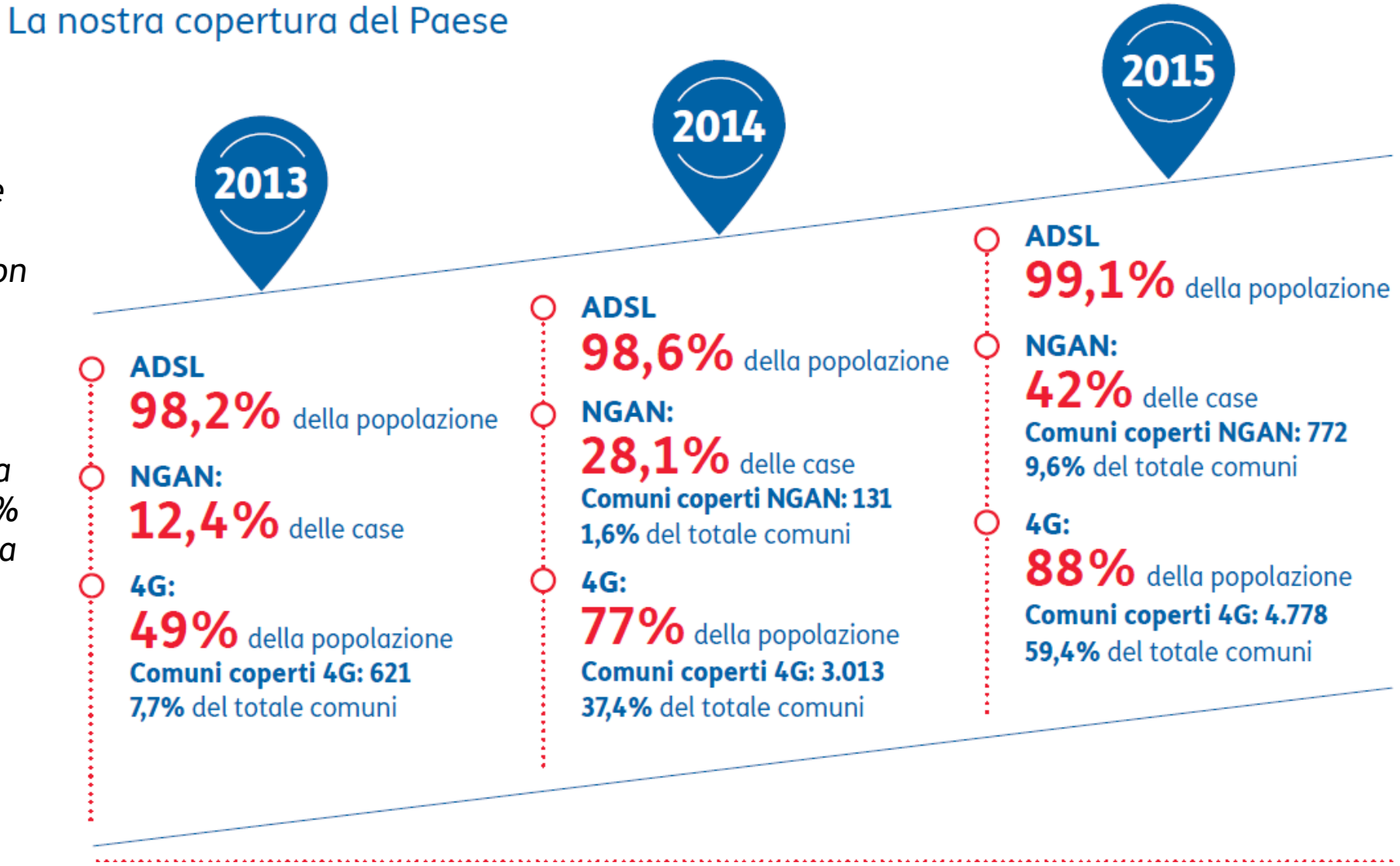
Rete mobile: traffico dati

- Nell'ultimo anno il numero delle sim con accesso a Internet è cresciuto del **15,3%** arrivando a superare le **50** milioni di unità.
- Da dicembre **2011** le sim che hanno svolto traffico dati sono passate dal **28,1%** ad oltre il **54%** del totale.
- Nell'anno concluso il traffico dati risulta aumentato, rispetto ai volumi osservati per il **2014**, di oltre il **45%.**
- Poco meno dell'**80%** delle sim che svolgono traffico dati adottano uno specifico piano dati.

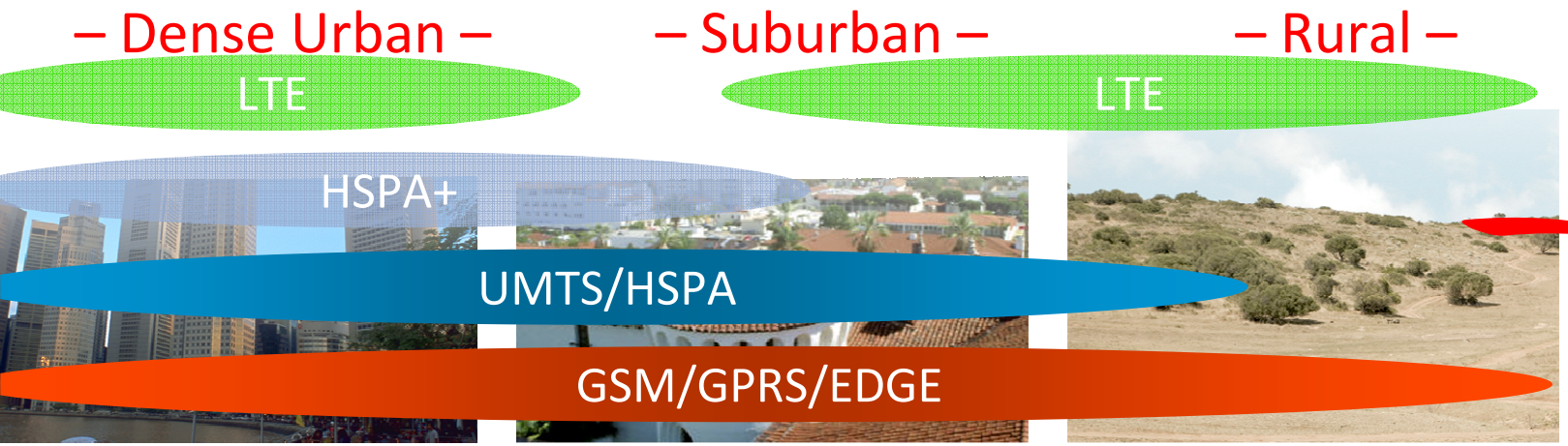
ati Telecom Italia

biettivo di raggiungere
ne 2018:
% della popolazione con
bra ottica;
% con la rete mobile

arzo 2016 la copertura
bra ha raggiunto il 45%
e case degli italiani e la
4G il 92% della
olazione



Sistema LTE: una soluzione integrata … verso l'Internet of Things (IoT)



La *nascita* della telefonia mobile
1G AMPS TACS NMT — **1980**

La *diffusione* della telefonia mobile
2G GSM D-AMPS PDC IS-95 — **1990**

La *nascita* della larga banda mobile
3G WCDMA/HSPA CDMA2000 — **2000**

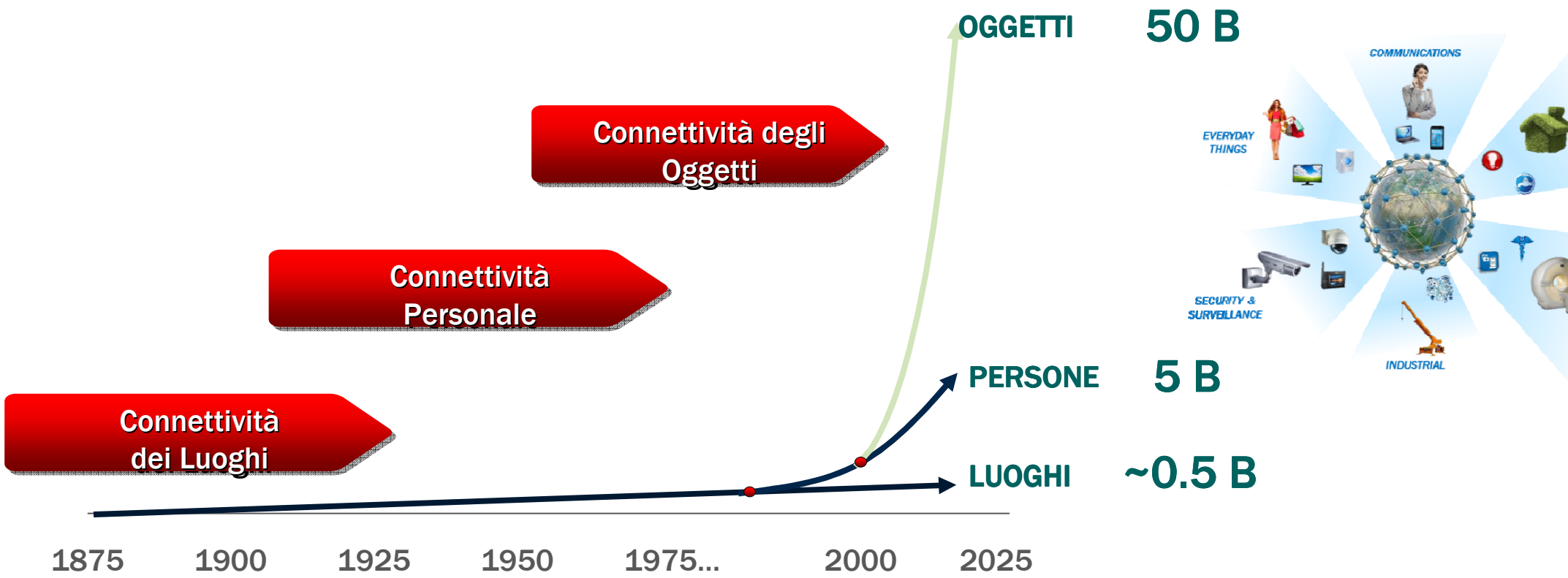
La *diffusione* della larga banda mobile
4G LTE — **2010**

?
5G ? — **2020**

lla Personal Communication all'Internet of Things

Grazie alla diffusione del **broadband in mobilità**:

- i dispositivi mobili stanno diventando, rapidamente, il **principale mezzo di accesso a internet**
- si stanno ponendo le basi di una **rivoluzione tecnologica** che sta cambiando definitivamente il nost modo di comunicare, lavorare, cooperare.



rso il 5G: il consorzio 5GPP

ITRODUCING THE 5G-INFRASTRUCTURE-PPP

he 5G-Infrastructure-PPP is a 1.4 Billion Euro joint itiative between the European ICT industry and the uropean Commission to rethink the infrastructure and create the Next generation of communication etworks and services that will provide ubiquitous per-fast connectivity and seamless service delivery in l circumstances.

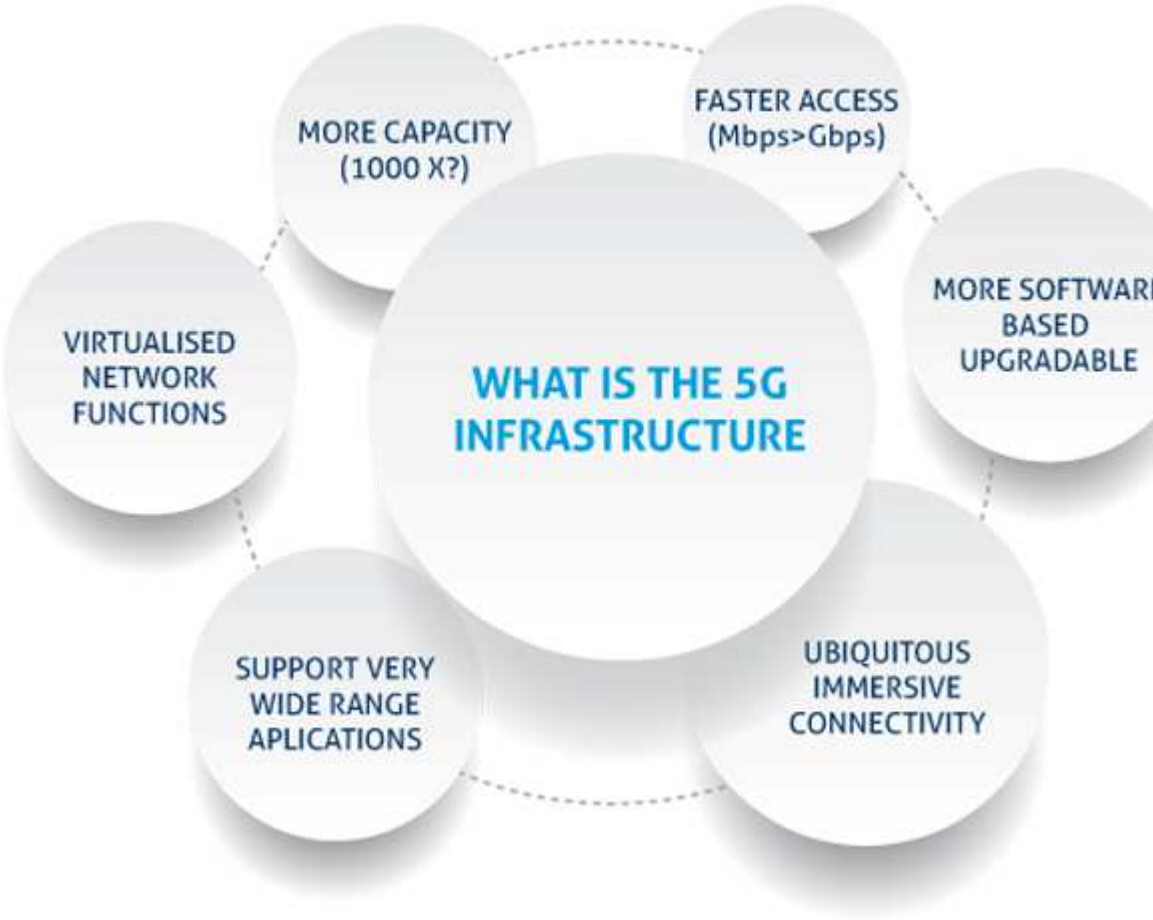
***Projects** have been retained from the 83 proposals received by e EC in response to the first call of the 5G PPP*

Telecom Italia è partner di 6 Progetti

SESAME · EURO 5G · TIM METIS II · 5G NORMA · TIM 5GEx · TIM 5G Flex5Gware · sonata · Coherent · mmMAGIC · VIRTUWIND · SpeedBS · TIM 5GXCrosshaul · TIM FANTASTIC 6 · TIM 5G-Ensure · Selfnet · CHARISMA · CogNet · 5G-XHaul

5G PPP

The 5G Infrastructure Public Private Parntership



TIM

ocazione dello spettro per le comunicazioni mobili

neralmente si distinguono le bande già allocate alle comunicazioni mobili nelle componenti **sub-6GHz,** che mprendono le bande già in uso dall'800MHz al 2600MHz, e in quelle **above-6GHz**, che possono arrivare fino alle onde llimetriche (80GHz e oltre) garantendo banda e quindi capacità trasmissive di ordini di grandezza superiori a quelle ualmente disponibili.

ub 6 GHz

- 94-790 MHz
- 91-861 MHz
- 80-960 MHz
- 427-1518 MHz
- 710-1880 MHz
- 920-2170 MHz
- 500-2690 MHz
- 400-3600 MHz
- 600-3800 MHz

Prossima Assegnazione

Parzialmente Assegnata

Assegnata

Entro il 2020 la banda assegnata ai servizi mobili aumenterà ulteriormente.

Above 6 GHz

WRC-19 Agenda Item 1.13 on Bands for study for possible 5G (IMT-2020) use

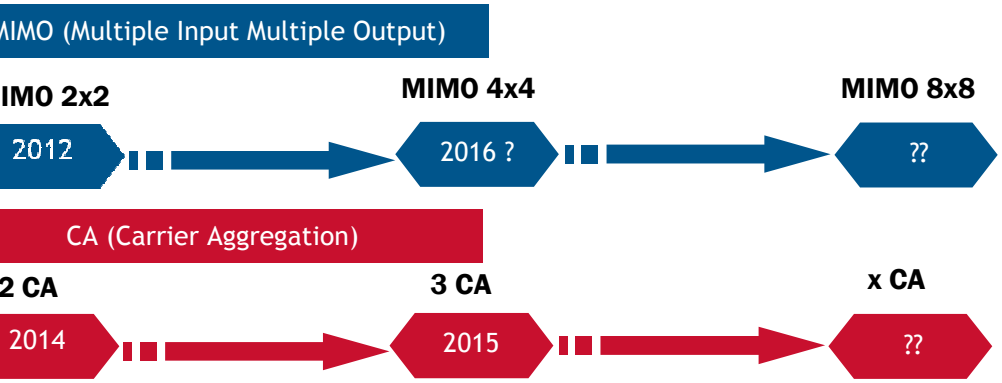
- 24.25-27.5 GHz
- 31.8-33.4 GHz
- 37-43.5 GHz
- 45.5-50.2 GHz
- 50.4-52.6 GHz
- 66-76 GHz
- 81-86 GHz

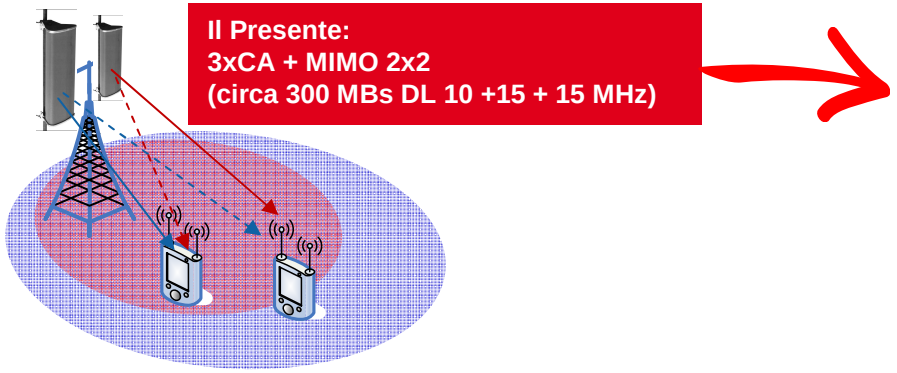
Dopo il 2020 nuove porzioni di spettro saranno allocate ai servizi mobili.

E Advanced toward 5G: la trasformazione dei sistemi radianti

***assive* MIMO** (Multiple Input Multiple Output) e

gregazione di Banda: **Carrier Aggregation**

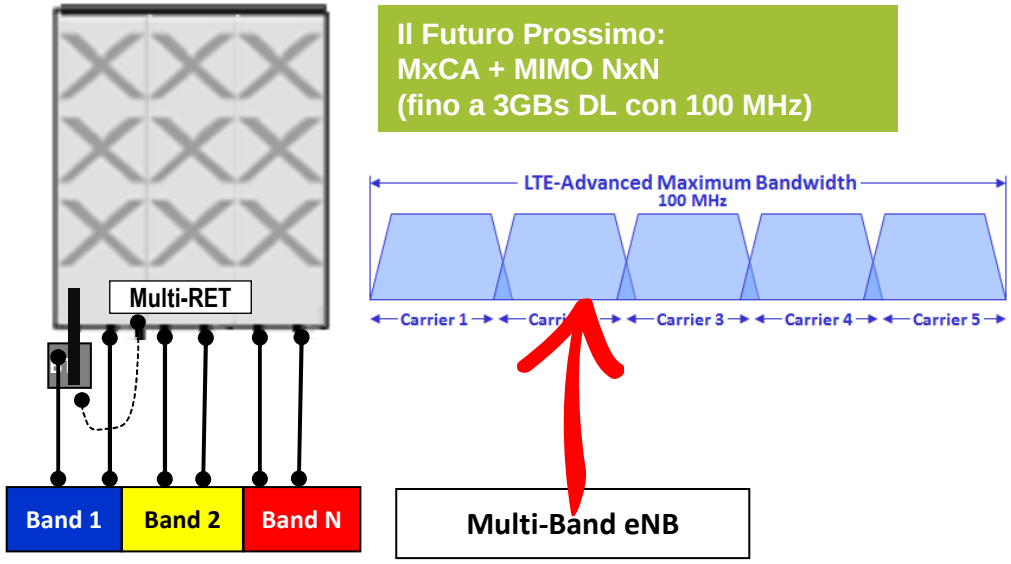




Evoluzione dei sistemi radianti

Il traffico dati sulla Rete Mobile cresce del 45% all'anno

- Si stanno affacciando sul mercato nuove tecnologie che promettono di **aumentare di ordini di grandezza** la **capacità** delle reti e l'efficienza spettrale dei canali.
- I **sistemi radianti** dovranno evolvere per reggerne l'impatto.



E Advanced versus 5G: la trasformazione della rete di accesso mobile

luzione della rete di accesso mobile: SDR&Cloud

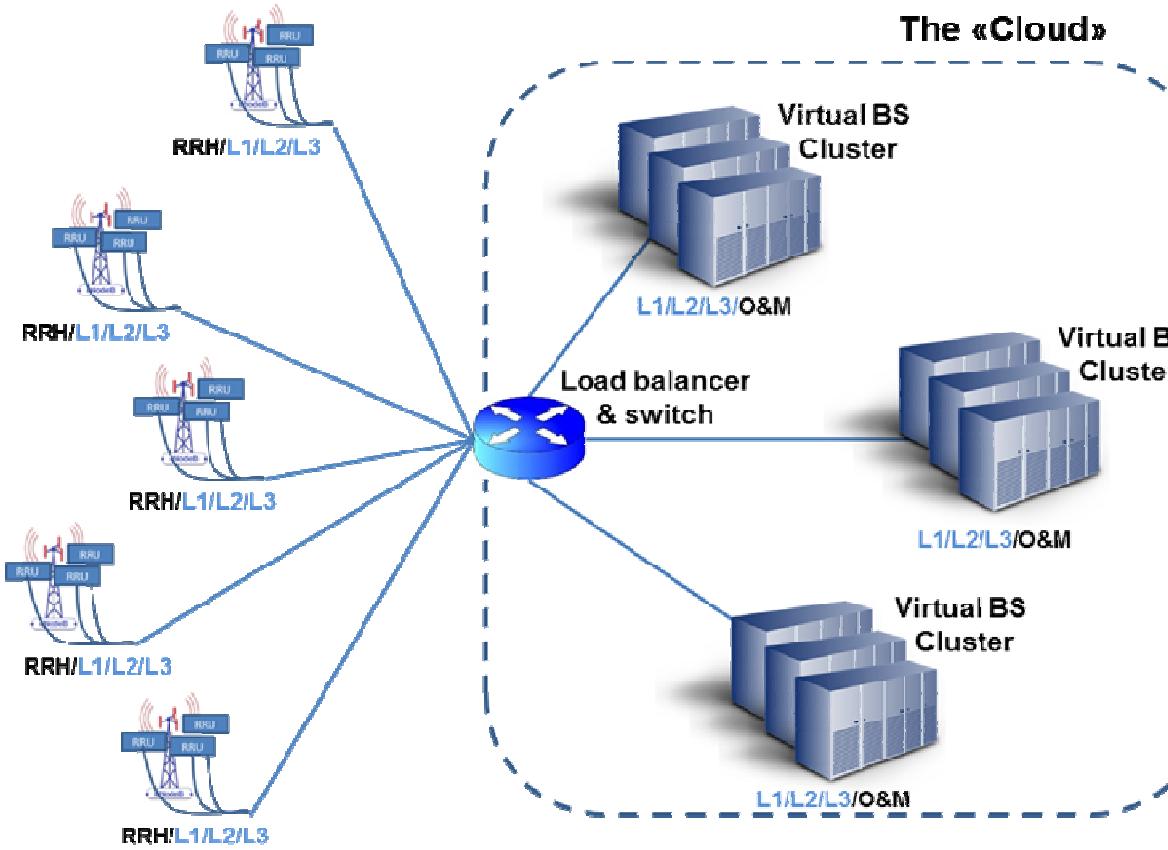
rasformazione della Rete di Accesso Mobile

ete subirà una **trasformazione delle principali nponenti tecnologiche**, dell'architettura di riferimento el supporto infrastrutturale.

egmento della rete di accesso, oggi organizzato in architettura distribuita, sarà **gradualmente novato** grazie all'introduzione delle tecnologie di **tware Defined Radio**

DR consentirà la trasformazione della rete in **nitetture di tipo Cloud** con sempre maggiore centrazione delle componenti intelligenti di cazione, controllo e coordinamento delle risorse radio piattaforme condivise (**Virtual Radio Access work**).

Architetture Cloud/Virtual RAN



enda

Evoluzione della rete mobile
Il 5G: dalla Comunicazione Personale all'Internet delle Cose

La Cloud RAN, la Virtualizzazione e i Sistemi di Antenne Multiple

La "Digital Agenda for Europe (DAE)"
La Strategia Italiana per la Banda Larga

Semplificazioni, Coordinamento e Razionalizzazione

IL DL179/2012 e Linee Guida su α24
Data Base on-line: alpha24 e potenze medie orarie

Validazioni Sperimentali delle Potenze Medie stimate dai contatori di rete

I Benefici Reali del DL Crescita sullo Sviluppo delle Reti Mobili
Effetti nello scenario teorico inerziale e in quello evolutivo reale

Implementazione dell' α24: effetto saturazione

“Digital Agenda for Europe (DAE)”

A partire dal 2010 la CE ha promulgato la “**Digital Agenda for Europe (DAE)**” che include la strategia che promuove il potenziale economico e sociale offerto dallo **sviluppo** e dalla penetrazione sul territorio delle **tecnologie digitali**.

La DAE è parte della strategia per la **crescita sostenibile ed inclusiva** “Europe2020”.

A sostegno degli impegni precedentemente assunti, il **Governo Italiano** ha pubblicato a **Marzo 2015** il documento di “**Strategia Italiana per la Banda Larga**”.

enda

Evoluzione della rete mobile
Il 5G: dalla Comunicazione Personale all'Internet delle Cose

La Cloud RAN, la Virtualizzazione e i Sistemi di Antenne Multiple

La "Digital Agenda for Europe (DAE)"
La Strategia Italiana per la Banda Larga

Semplificazioni, Coordinamento e Razionalizzazione

IL DL179/2012 e Linee Guida su α24
Data Base on-line: alpha24 e potenze medie orarie

Validazioni Sperimentali delle Potenze Medie stimate dai contatori di rete

I Benefici Reali del DL Crescita sullo Sviluppo delle Reti Mobili
Effetti nello scenario teorico inerziale e in quello evolutivo reale

Implementazione dell' α24: effetto saturazione

chiami legislativi: DL179/2012 e Linee Guida

4, potenze medie orarie e DB on-line

ni operatore realizzerà un **database consultabile "on line"** in cui saranno memorizzati i seguenti valori di potenza:

valore della **potenza massima** Pmax erogabile ai morsetti di antenna (come definita dalla norma CEI 211-10, per quanto applicabile anche agli impianti radio/TV);

valore medio Pi, su un intervallo di 60 minuti (calcolato su un numero di campioni statisticamente significativo), della potenza dell'impianto ai morsetti d'antenna (come definita dalla norma CEI 211-10, per quanto applicabile anche agli impianti radio/TV), che sarà prodotto **per tutti gli impianti** con cadenza non superiore a un mese

nea con quanto previsto dal DL 179/2012 e dalle **Linee Guida** applicative per ciascun settore di tutti i sistemi presenti l'intera rete mobile, è necessario calcolare:

coefficienti giornalieri di riduzione della potenza ($\alpha_{24,DAY}$) ricavati come media sulle 24 ore delle riduzioni orarie di potenza trasmessa:

$$\alpha_{24,DAY} = \frac{1}{24}\sum_{n=1}^{24}\frac{P_{TX,n}}{P_{MAX}}$$

l **valore peggiore dei fattori** $\alpha_{24,DAY}$ nel periodo di riferimento considerato (minimo 30 giorni, a tendere 1 anno)

$$\alpha_{24,MAX} = \max_{DAY \in Periodo}\{\alpha_{24,DAY}\}$$

ta Base on-line: alpha24 e potenze medie orarie

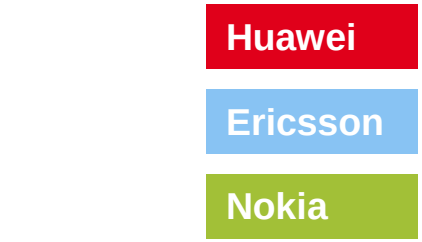
PIE interagisce con i DB aziendali per l'acquisizione o l'estrapolazione delle:

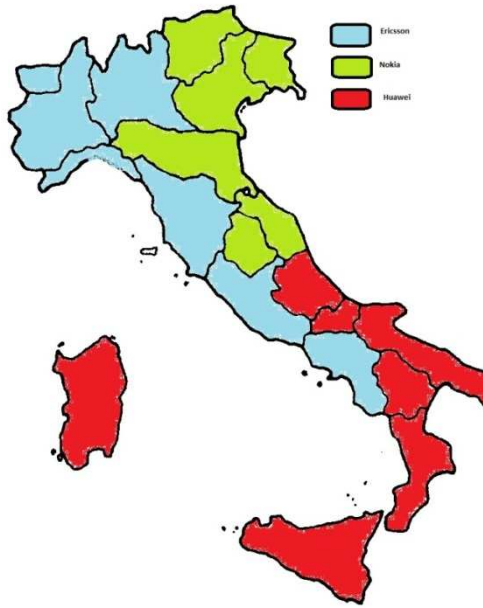
- **Potenze medie orarie** trasmesse nell'arco delle 24 ore (,);
- **Potenze massime** nominali degli impianti ( ).

stemi 3G dispongono di contatori che restituiscono direttamente i valori di potenza dia trasmessa, mentre dai **sistemi 2G** e **4G** è possibile estrarre una serie di contatori , opportunamente interpolati, restituiscono i fattori di riduzione da applicare alla enza massima.

metodologie di calcolo dei coefficienti α**24** a partire dai contatori di rete sono state date tramite **misure in campo della potenza trasmessa** effettuate **in collaborazione** alcune **ARPA** (Piemonte, Umbria e Sicilia), per ognuno dei costruttori presenti sul itorio nazionale (Ericsson, Nokia e Huawei).

schede tecniche riportanti le metodologie di calcolo dei fattori di riduzione della enza massima a partire dai contatori di rete e i rapporti tecnici condivisi con le Agenzie nvolte sulle validazioni sperimentali di tali metodologie **sono stati trasmessi ad ISPRA** rile 2015).





RPIE – Architettura del sistema

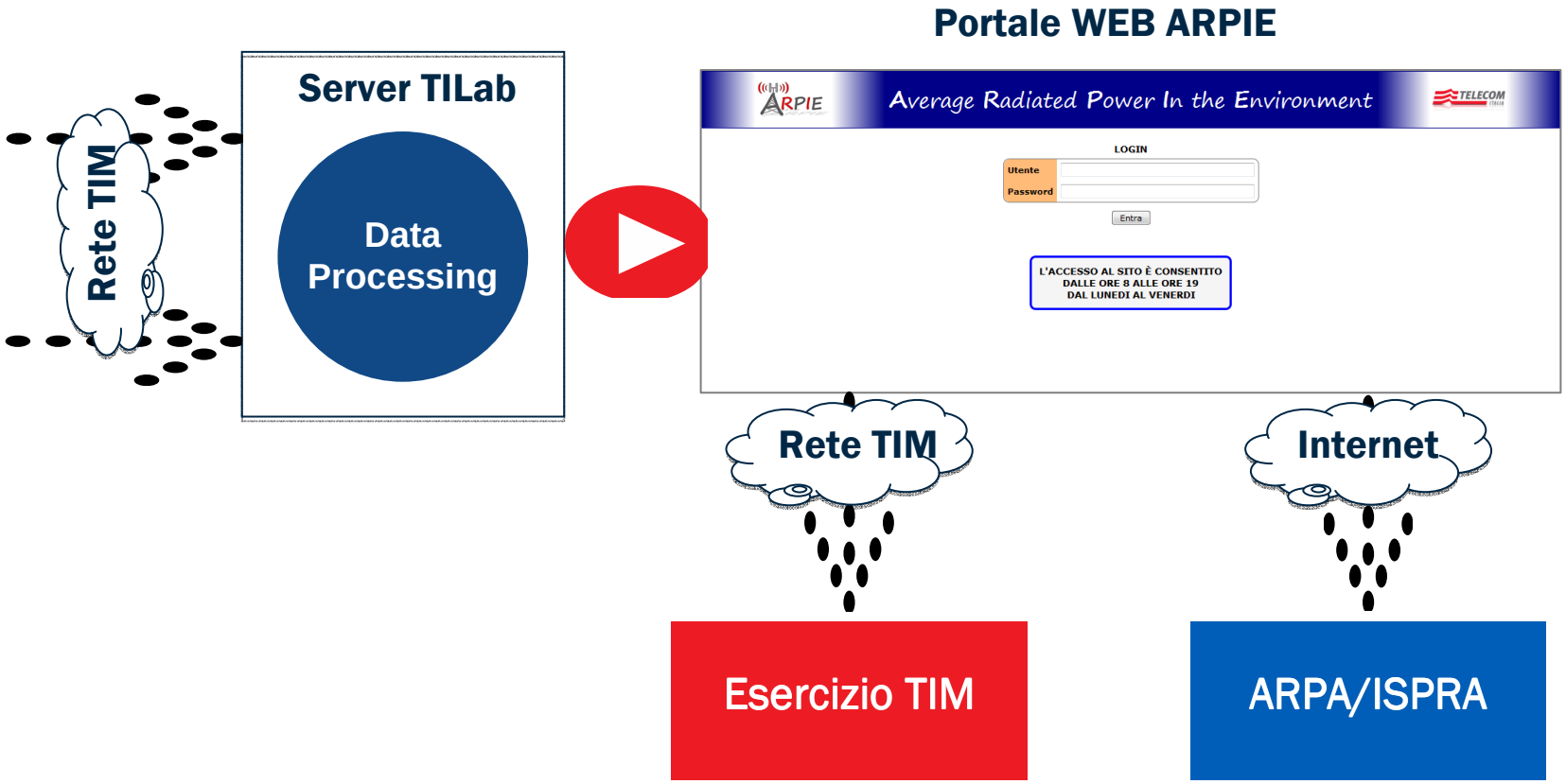
- **ARPIE** (*Average Radiated Power In the Environment*) è il tool sviluppato da Telecom Italia per il **calcolo dei fattori di riduzione α 24** per la determinazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici irradiati da Stazioni Radio Base mediati sulle 24 ore.

DB Contatori di Rete

- 2G (900/1800MHz)
- 3G (900/2100MHz)
- 4G (800/1800/2600MHz)

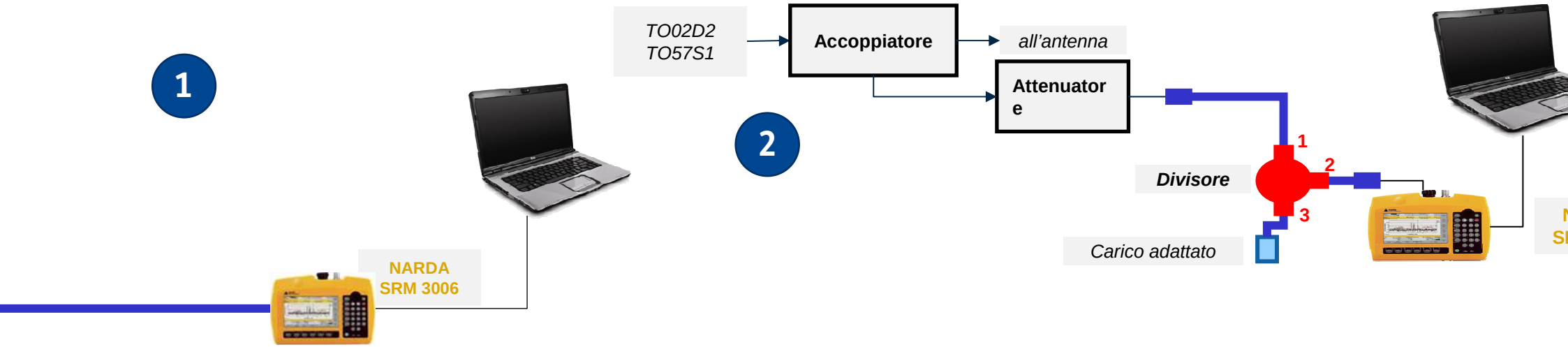
DB Parametri di configurazione e anagrafica

- Huawei
- Ericsson
- Nokia



lidazioni Sperimentali delle Potenze Medie stimate dai contatori di rete

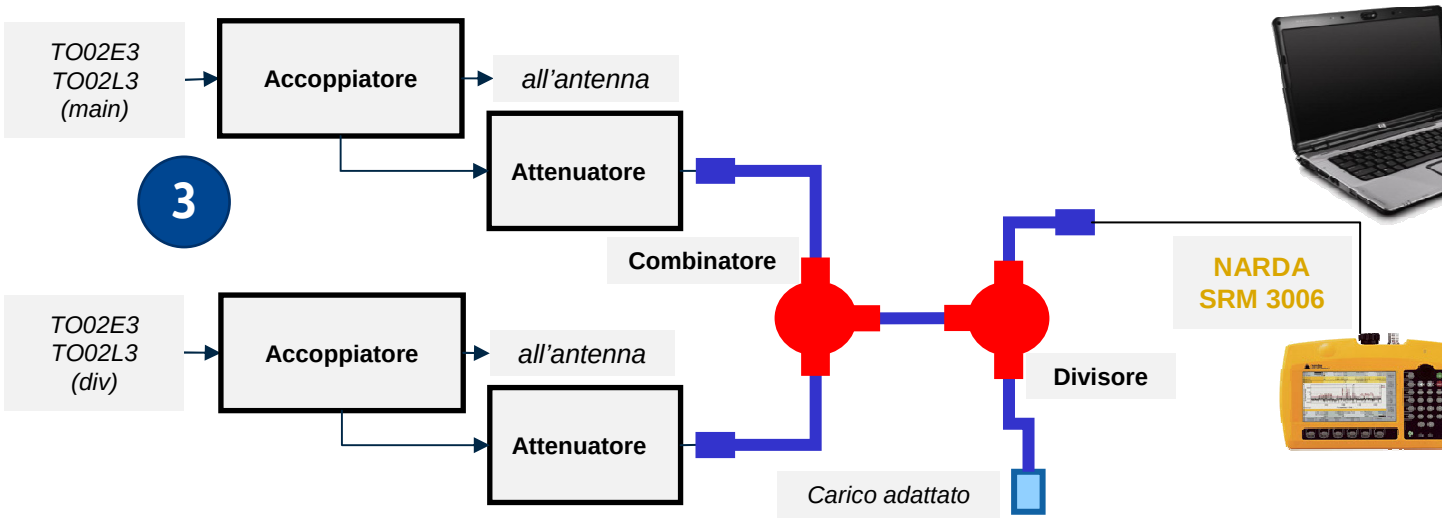
sure in condotta e in aria di livelli di segnale GSM, UMTS e LTE



Misure di livelli di segnale con sonda triassiale

Misure di livelli di segnale in condotta su singolo canale

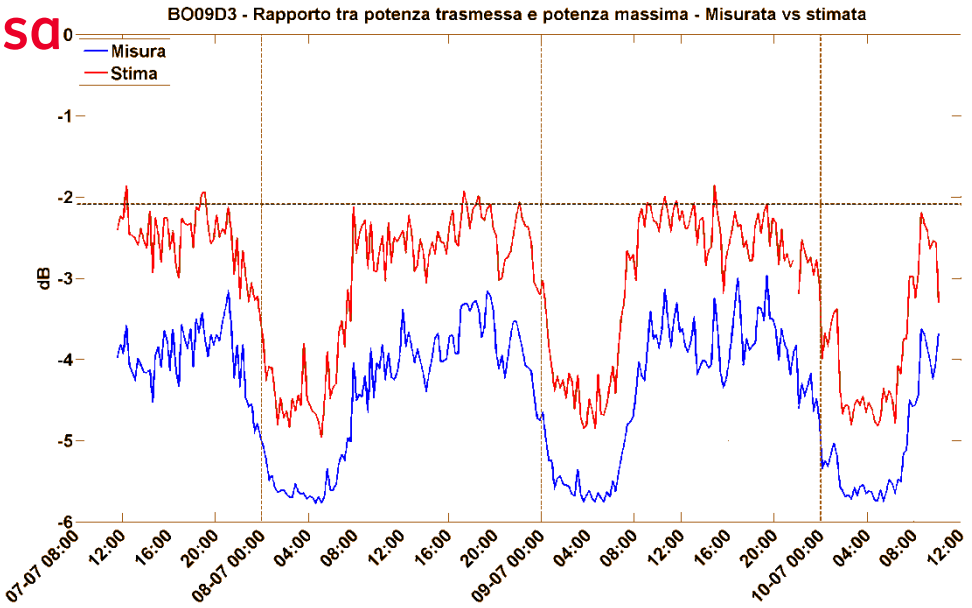
Misure di livelli di segnale su canale MIMO 2x2

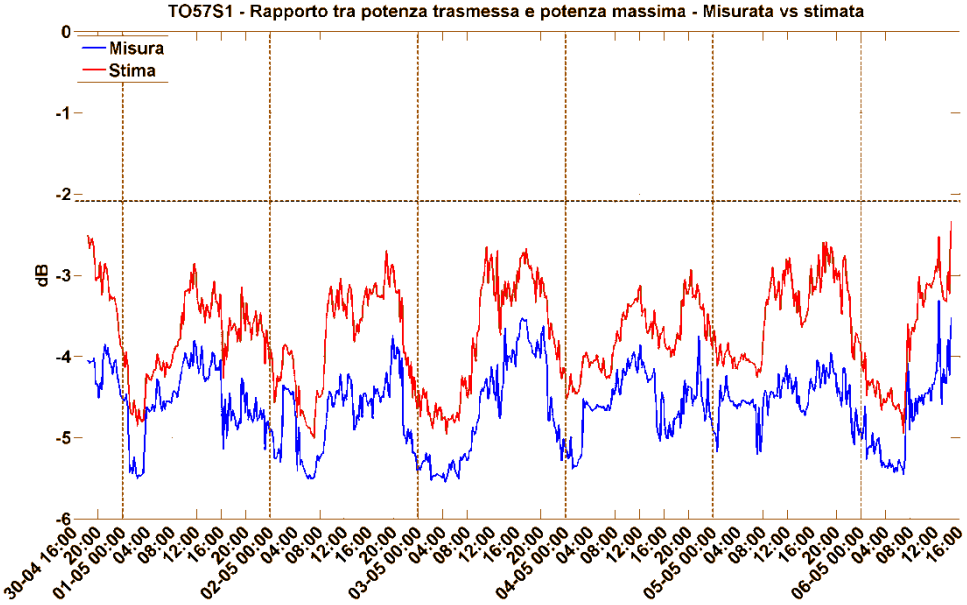


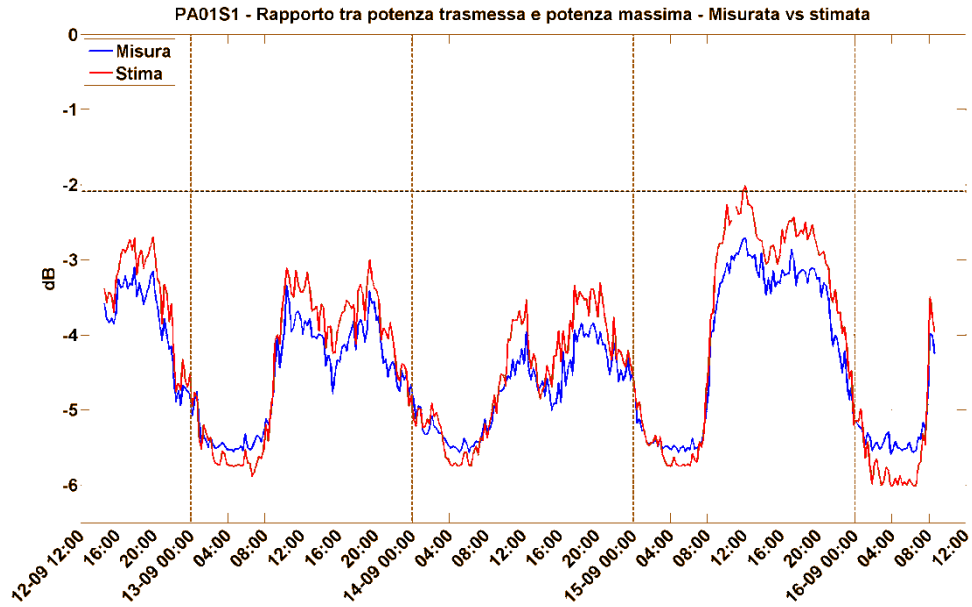
TIM

nfronto della Riduzione della Potenza Trasmessa r i sistemi 2G

Non essendo disponibili i contatori della potenza trasmessa da una cella, la stima della riduzione di potenza viene calcolata come rapporto fra il numero di timeslot occupati e il numero di timeslot disponibili

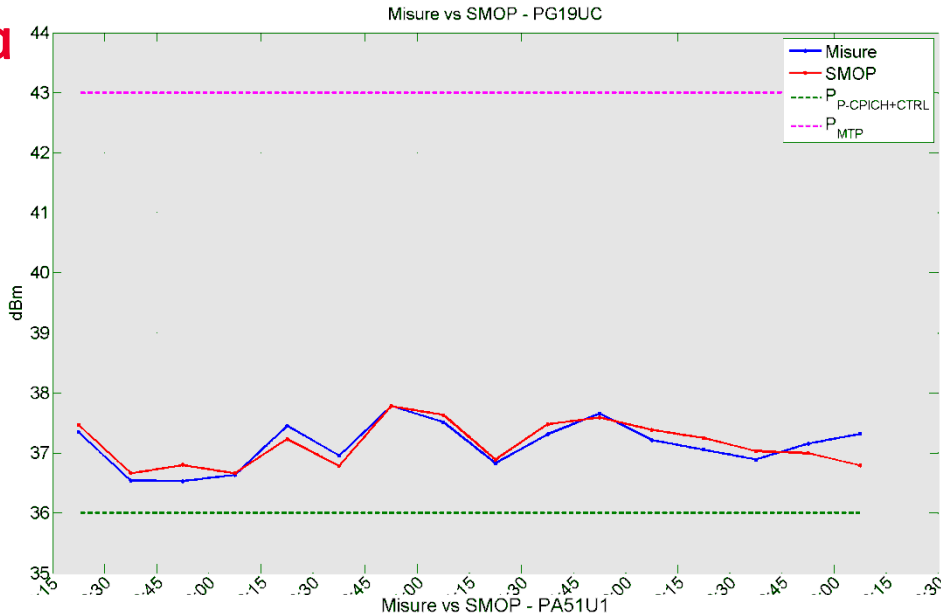


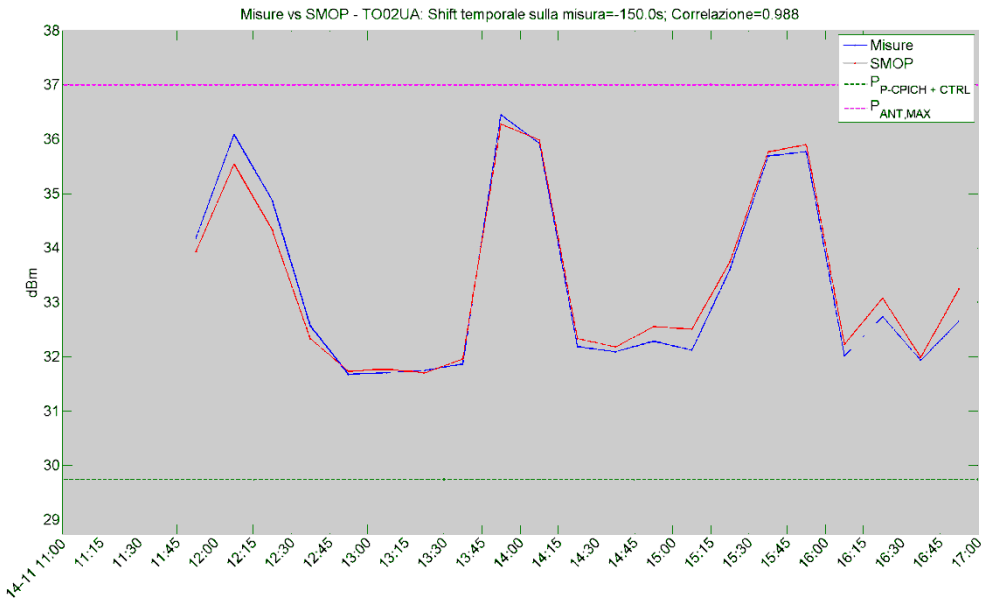


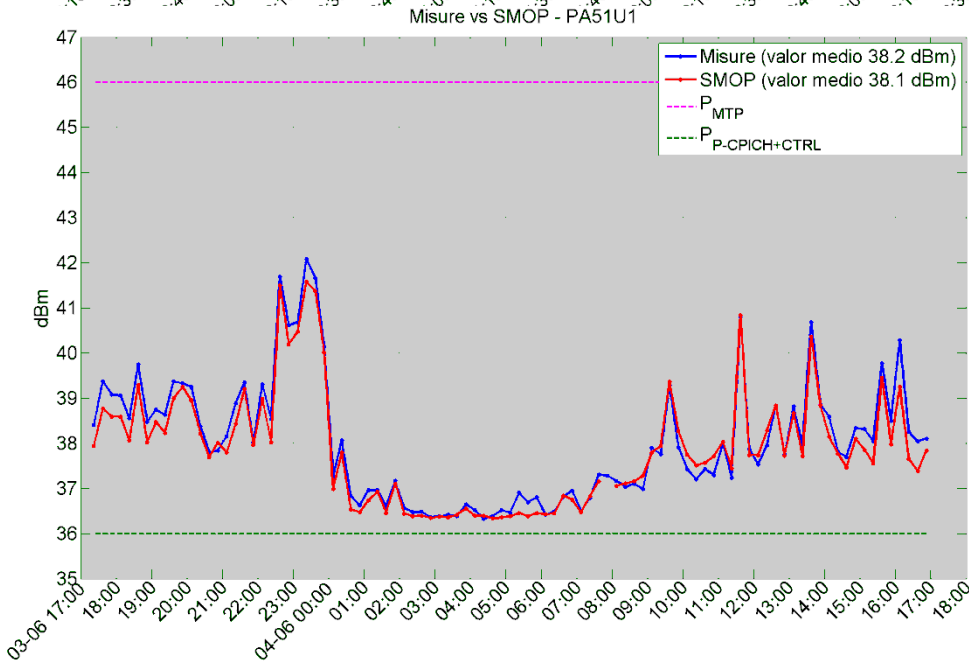


nfronto della Riduzione della Potenza Trasmessa r i sistemi 3G

Per ogni tecnologia (Ericsson, Huawei, Nokia) è possibile estrarre dal DB il contatore utile per il calcolo delle potenze medie e della riduzione di potenza rispetto alla potenza massima nominale

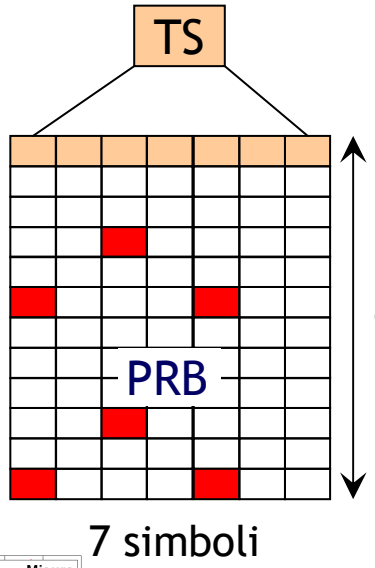


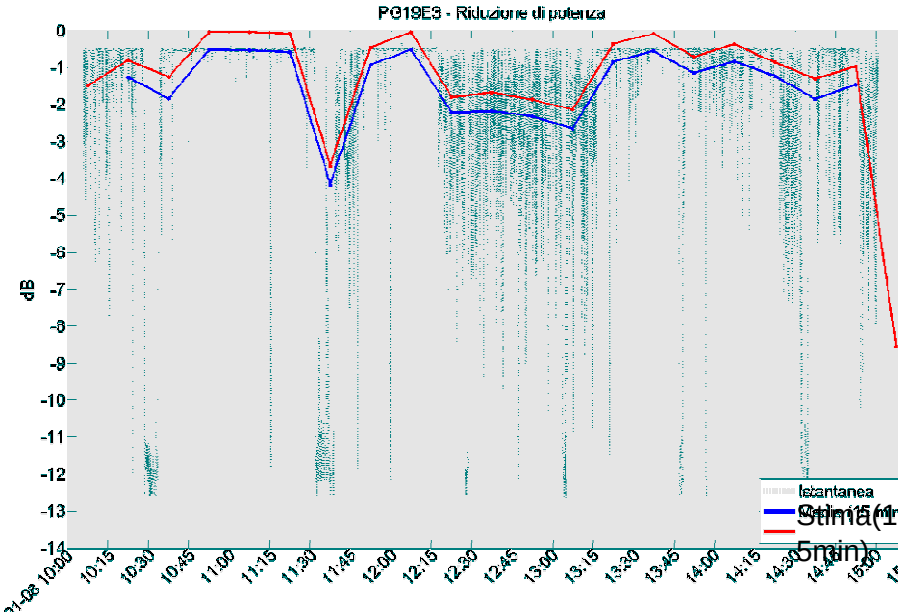


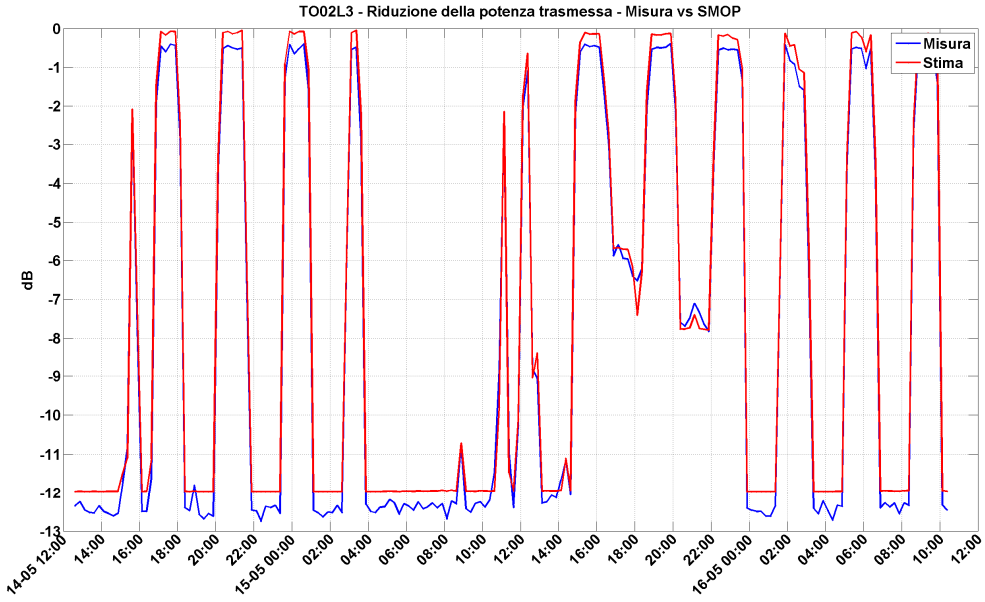


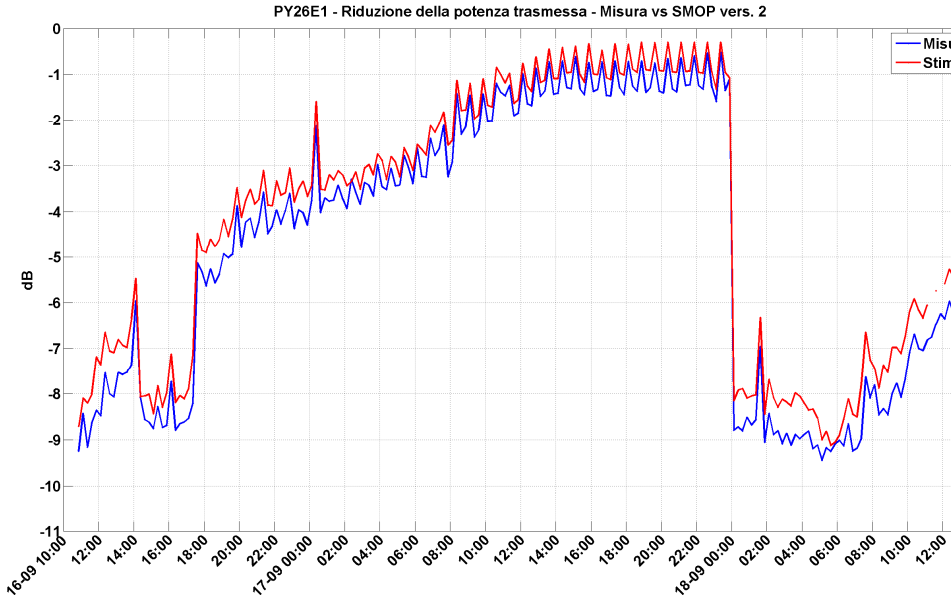
nfronto della Riduzione della Potenza Trasmessa r i sistemi 4G

Non essendo disponibili i contatori della potenza trasmessa da una cella, la stima della riduzione di potenza viene calcolata come rapporto fra il numero di Resource Element (RE) occupati e il numero RE disponibili









enda

Evoluzione della rete mobile
Il 5G: dalla Comunicazione Personale all'Internet delle Cose
La Cloud RAN, la Virtualizzazione e i Sistemi di Antenne Multiple

La "Digital Agenda for Europe (DAE)"
La Strategia Italiana per la Banda Larga
Semplificazioni, Coordinamento e Razionalizzazione

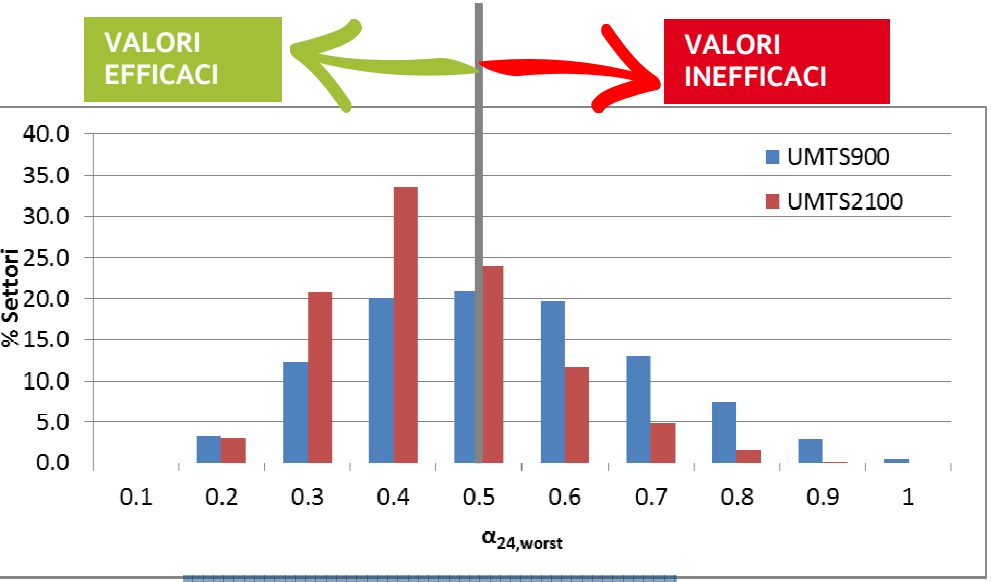
IL DL179/2012 e Linee Guida su α24
Data Base on-line: alpha24 e potenze medie orarie
Validazioni Sperimentali delle Potenze Medie stimate dai contatori di rete

I Benefici Reali del DL Crescita sullo Sviluppo delle Reti Mobili
Effetti nello scenario teorico inerziale e in quello evolutivo reale
Implementazione dell' α24: effetto saturazione

fetto *saturazione* dell' α 24 sui sistemi 3G

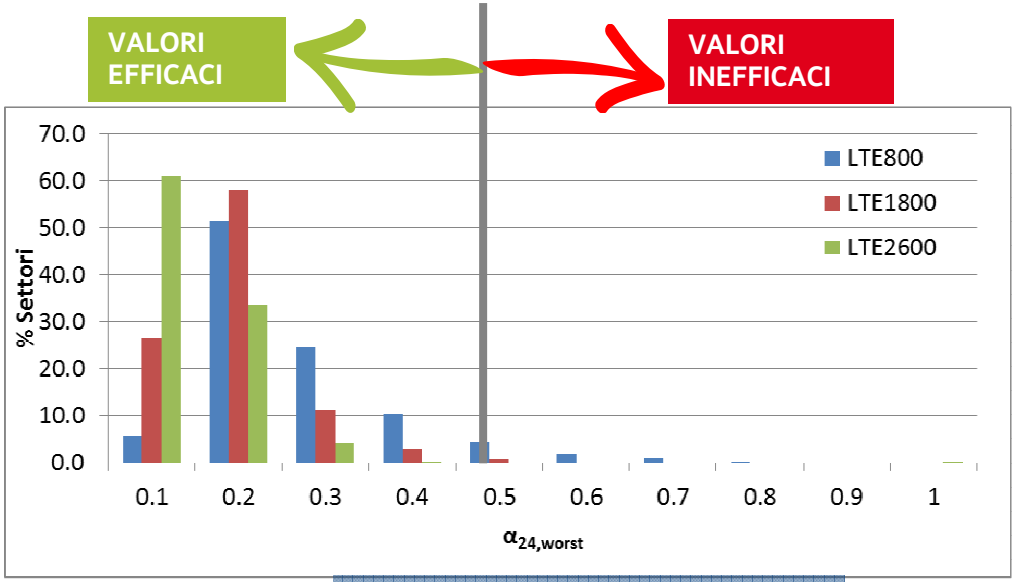
utilizzo efficace della **media sulle 24** ore, allo scopo di aumentare la potenza su sistemi attivati a potenza ridotta o p
vare nuove frequenze, comporta che il fattore di riduzione da applicare nelle valutazioni di esposizione ai CEM **sia
eriore al valore di 0,5 (-3dB).** Tale valore comporterebbe infatti la possibilità, ad esempio, di **attivare una nuova
quenza** a pari potenza rispetto a quella già presente sul sito di antenna.

I valori di α_{24} «*peggiori*» per i sistemi 4G risultano **attualmente** mediamente inferiori ai valori misurati sul 3G. ***E***



Distribuzione dei valori più alti di α_{24} sui sistemi 3G

Periodo di osservazione
febbraio 2015 – gennaio 2016



Distribuzione dei valori più alti di α_{24} sui sistemi 4G

ma della *saturazione* dell' α 24 sui sistemi 4G

L'analisi dei **fattori di riduzione più alti** estratti dal DB in un **periodo di 12 mesi** (Febbraio 2015 - Gennaio 2016) evidenzia che:

1. Il **18,5%** dei sistemi **3G** alla frequenza di **2100MHz** presenta un fattore di riduzione massimo **superiore a 0,5** mentre, per i sistemi **3G** a **900 MHz**, tale percentuale sale a **43,5%**;
2. I sistemi 4G presentano un carico di traffico in continua crescita e si prevede che in un periodo relativamente breve supereranno il carico dei sistemi 3G. Nel periodo osservato **già il 3.5% dei sistemi 4G** alla frequenza di **800 MHz** presenta un fattore di riduzione massimo **superiore a 0,5** e, considerati i trend attuali, si prevede che **tale percentuale sopravanzerà presto quella dei sistemi 3G a 900MHz**;
3. Il vincolo di non superare anche nel futuro della vita dell'impianto il valore di α 24 dichiarato comporta che, in via cautelativa, si dichiari sempre **un valore superiore rispetto a quello osservato** per non incorrere in futuro in sanzioni o ad essere costretti ad operare riduzioni a conformità.

E possibile stimare che già nel medio periodo percentuali elevate di sistemi 3G e 4G presenteranno fattori di riduzione massimi molto elevati e tali da rendere inefficaci i benefici attesi dalla normativa sulla media delle 24 ore.

plementazione operativa dell' α 24

L'applicazione del **coefficiente α 24** comporta un processo di valutazione/verifica e un **iter autorizzativo** per lo più analogo a quello previsto per l'attivazione di un nuovo impianto o per l'ampliamento di un mpianto esistente.

Tale condizione, unitamente all'obbligo di utilizzare come fattore di riduzione della potenza massima il **valore peggiore dell' α 24** rende in molti casi **non conveniente** utilizzare tale coefficiente rispetto ai guadagni di potenza che ne conseguono.

Implementazione in Rete del fattore di Riduzione α 24

- **Nel periodo di osservazione (fino a Marzo 2016) il numero di sistemi sui quali è stato applicato il coefficiente α 24 è ancora limitato al 2% dei sistemi 3G e al 3% dei sistemi 4G.**

- **Per converso, il numero di sistemi attivati a potenza ridotta rispetto a quella ottimale di progetto o successivamente depotenziati (ad esempio per consentire l'attivazione di nuove frequenze 4G) è ancora molto elevato.**

pportunità di ottimizzazione della Potenza in antenna con $\alpha 24$

l'applicazione della **media sulle 24** ore renderebbe possibile il **recupero** delle **Potenze Target** se viene rispettata la ondizione:

$$P_{Target}\alpha_{24,AUT} \leq P_{max,old}$$

Dove $P_{max,old}$ è il valore di potenza precedentemente attivato

Condizioni di validità per rispettare anche la soglia di 20V/m a Potenza Massima

- **Area soggetta ai 6V/m**. Qualora il punto accessibile sia soggetto anche al limite di attenzione, allora il valore medio sulle 24 ore del campo elettrico risulterà inferiore alla soglia di 6V/m e, contemporaneamente, il valore massimo di campo elettrico risulterà sempre inferiore alla soglia di 20V/m, se per qualsiasi sorgente:

$$\alpha_{24,AUT} \geq \left(\frac{6}{20}\right)^2 = 0.09$$

- **Area soggetta ai 20V/m**. Diversamente, se il valore di campo elettrico massimo risultava superiore ai 6V/m (E_{MAX}), allora affinché "l'aumento di potenza massima non determini un superamento del limite di 20V/m" è necessario che sia soddisfatta la seguente relazione per qualsiasi sorgente:

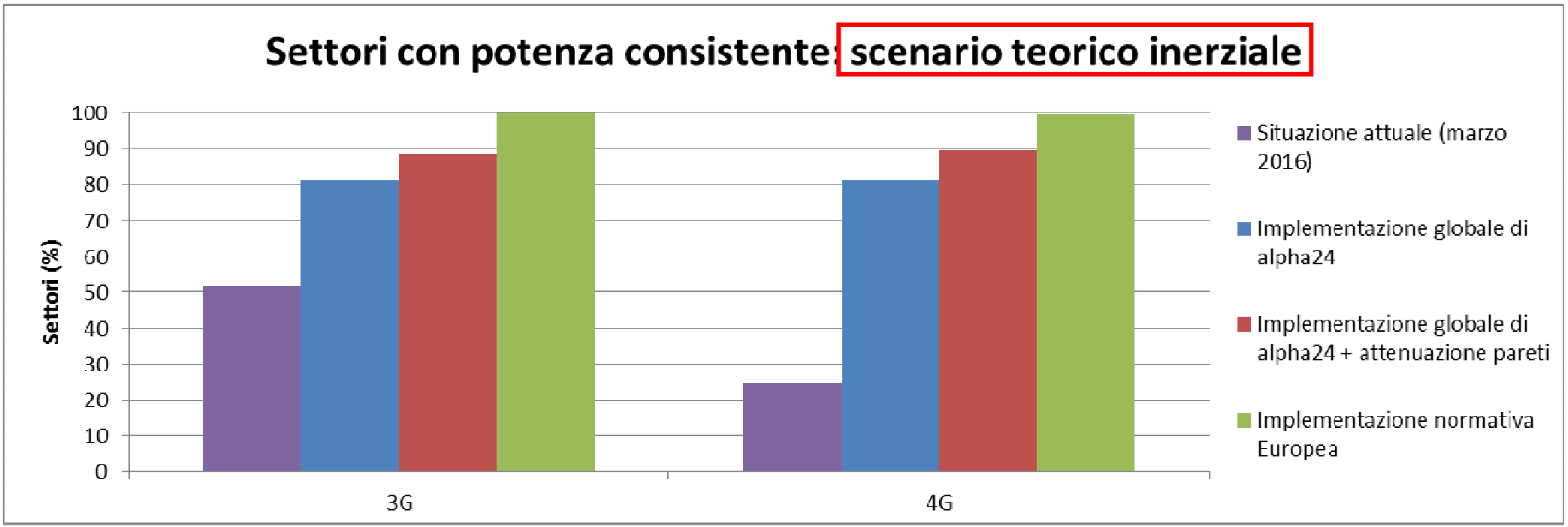
$$\alpha_{24,AUT} \geq \left(\frac{E_{MAX}}{20}\right)^2$$

fetti del DL CRESCITA nello *Scenario Teorico Inerziale*

Nell'**ipotesi** teorica di **applicare l'** α **24 su tutti i sistemi con potenza inferiore a quella target** (48% per i 3G e 75% per il 4G), le percentuali dei sistemi salirebbero a circa l'81% sia per il 3G che per il 4G.

Tale **stima** è del tutto **teorica e irrealizzabile** in quanto l'applicazione del coefficiente α 24 comporta un **processo oneroso** con tempi di implementazione che contrastano con le esigenze di sviluppo delle reti.

Sistemi 3G e 4G attivabili con Potenza consistente con quella Target



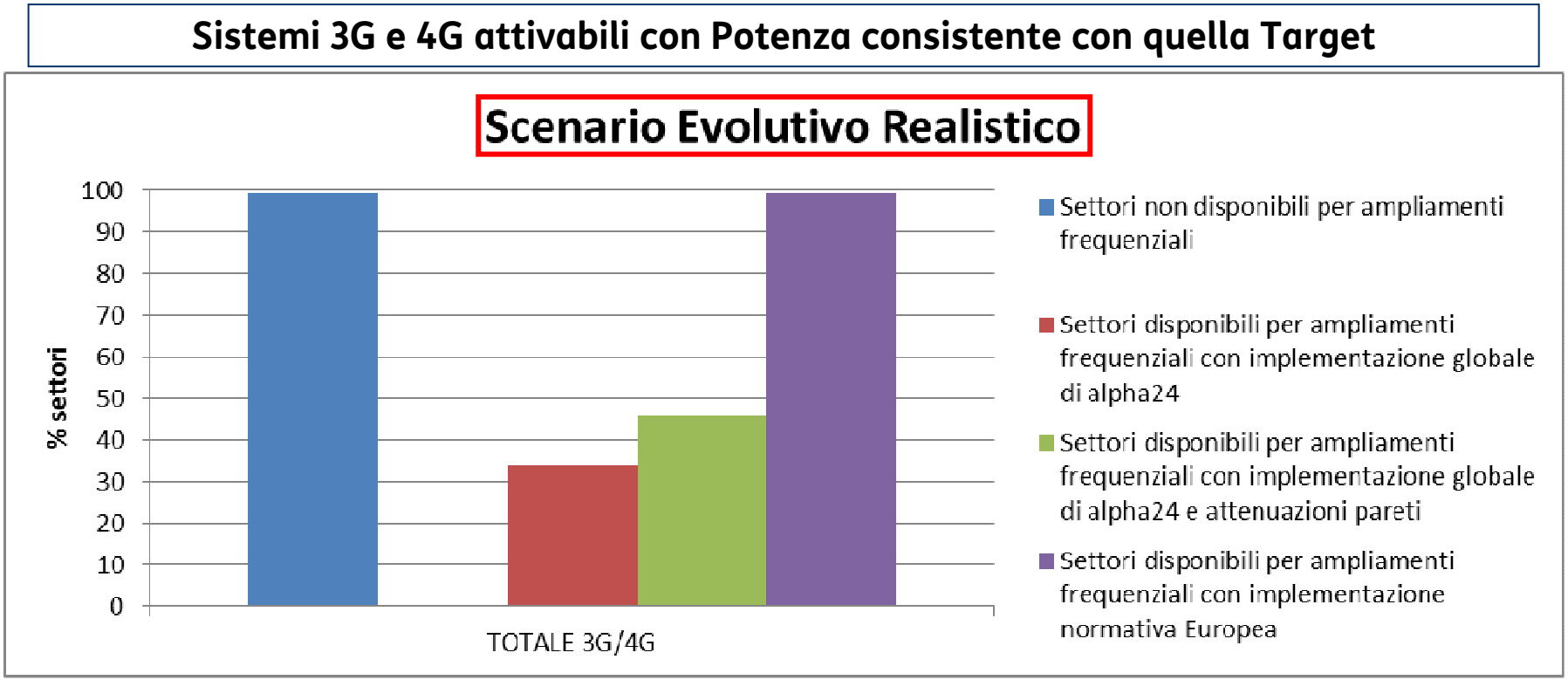
ementi di consolidamento della copertura 4G e prospettive offerte dal 5G

Nei prossimi anni è previsto un **consolidamento della copertura 4G** sfruttando la disponibilità degli attuali tre layer frequenziali (800MHz, 1800MHz e 2600MHz) e le **nuove frequenze già assegnate** alle comunicazioni mobili come la banda 1400MHz (già disponibile) e la banda 700MHz (non ancora rilasciata).

Successivamente, dopo il 2020, **nuove bande di frequenza** su una **porzione di spettro molto ampia** (fino a 80 GHz e oltre) saranno assegnate alle comunicazioni mobili per il 5G.

fetti del DL CRESCITA nello *Scenario Evolutivo Reale*

Lo **scenario realizzabile già entro i prossimi 3 o 4 anni** mostra che il **numero di siti disponibili** per un dispiegamento ottimale dei sistemi 4G sfruttando i layer frequenziali oggi disponibili è **sostanzialmente trascurabile**. L'aggiunta di **ulteriori frequenze** (1400MHz, 700MHz, ecc.) appare praticamente **infattibile** in questa situazione.



Grazie