



Titolo evento

**INTELLIGENZA ARTIFICIALE E IPERCONNETTIVITÀ DELLE RETI DI TELECOMUNICAZIONI.
ARCHITETTURE E SERVIZI.**

Titolo Intervento

SERVICE ASSURANCE E OTTIMIZZAZIONE OPERATIVA IN RETI 5G PRIVATE (MPN) CHE INTEGRANO AI/ML

Ing. LUIGI PRINZI

***Membro Commissione TLC E TRANSIZIONE DIGITALE
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma***

Roma, data 2 dicembre 2025

DEFINIZIONI

3GPP TS 122.261 VERSION 17.11.0 RELEASE 17 (2022-10):

1. **AVAILABILITY** (DISPONIBILITA'): VALORE PERCENTUALE DEL TEMPO RICHIESTO PER VEICOLARE UN SERVIZIO DI COMUNICAZIONE ELETTRONICA DA ESTREMO AD ESTREMO SECONDO SPECIFICHE PREFISSATE, IN UNA DATA AREA.
2. **RELIABILITY** (AFFIDABILITA'): NEL CONTESTO DELLA TRASMISSIONE DI PACCHETTO A LIVELLO DI RETE, L'AFFIDABILITA' E' LA PERCENTUALE DEI PACCHETTI CONSEGNATI CORRETTAMENTE A UNA DATA ENTITA' DEL SISTEMA ENTRO IL LIMITE TEMPORALE RICHIESTO DAL SERVIZIO DI COMUNICAZIONE, RISPETTO A TUTTI I PACCHETTI TRASMESSI.
3. **LATENZA E2E** (DA ESTREMO A ESTREMO): TEMPO OCCORRENTE PER TRASFERIRE UNA DATA UNITA' INFORMATIVA DA UNA SORGENTE AL DESTINATARIO, MISURATA ALL'INTERFACCIA DI COMUNICAZIONE, DAL MOMENTO IN CUI E' TRASMESSA DALLA SORGENTE AL MOMENTO IN CUI E' RICEVUTA CON SUCCESSO A DESTINAZIONE.

CONTROL PLANE (PIANO DI CONTROLLO): AREA LOGICAMENTE SEPARATA DI UN SISTEMA 3GPP, IN CUI OPERANO FUNZIONI DI CONTROLLO E INTERFACCE. ESSE CONTROLLANO IL SERVIZIO FORNITO AI DEVICE, TRA CUI LA CONNETTIVITA' (**ACIA, 5G ALLIANCE FOR CONNECTED INDUSTRIES AND AUTOMATION**)

USER PLANE (PIANO D'UTENTE): AREA LOGICAMENTE SEPARATA DI UN SISTEMA 3GPP, IN CUI OPERANO LE FUNZIONI E LE INTERFACCE PER IL TRASFERIMENTO DEI DATI PAYLOAD DA E VERSO I DEVICE (**ACIA**)

THROUGHPUT (TH): CAPACITA' DI TRASMISSIONE «END TO END» DI UN COLLEGAMENTO, ESPRESSA IN b/s, OSSIA IL N.RO DI BIT TRASFERITI NELL'UNITA' DI TEMPO (1 s) CHE PERVENGONO A DESTINAZIONE (ES. SITO WEB NEL SENSO UPLOAD O PC D'UTENTE NEL SENSO DOWNLOAD), AL NETTO DI FATTORI OSTATIVI, TRA CUI PERDITA DI PACCHETTI NELLA RETE IP, FUNZIONAMENTO DEI PROTOCOLLI, RITARDI NELLA TRASMISSIONE DI BIT INFORMATIVI.

IL TH E' QUINDI L'EFFETTIVA VELOCITA' DI TRASMISSIONE DELLE INFORMAZIONI. PIU' ELEVATO E' IL TH, PIU' BREVE E' IL TEMPO NECESSARIO PER IL DOWNLOAD DI UN FILE .

MEC: MULTI-ACCESS EDGE COMPUTING. E' UNA PIATTAFORMA INFRASTRUTTURALE IN CLOUD CON STORAGE, RISORSE COMPUTAZIONALI E CONNETTIVITA' DI RETE UBICATA IN PROSSIMITA' DELLA SORGENTE DEI DATI E DELLE PROCEDURE DELLE APPLICAZIONI.

MNC: UNA RETE MOBILE (PLMN) E' IDENTIFICATA GLOBALMENTE DA UN CODICE UNICO PLMN, CHE CONSISTE IN DUE PARTI DI CODICE **MCC** (MOBILE COUNTRY CODE) E **MNC** (MOBILE NETWORK CODE).

MPN: MOBILE PRIVATE NETWORK (RETI PRIVATE MOBILI). CARATTERISTICHE: COMPLIANT CON LO STANDARD 3GPP; USO RISTRETTO DI DEVICE D'UTENTE ABILITATI ALL'ACCESSO ALLA MPN; DEPLOYMENT IN AMBITO LOCALE; SPETTRO DEDICATO/GESTITO

5G STANDALONE (5G SA): UNA PIATTAFORMA INNOVATIVA

DIVERSAMENTE DA RETI 5G NON STANDALONE (5G NSA), 5G SA SI FONDA ESCLUSIVAMENTE SU:

a) COMPONENTE CORE CLOUD-NATIVE, CARATTERIZZATA DA UNA «SERVICE BASED ARCHITECTURE» FLESSIBILE E PROGRAMMABILE; **b)** RETE RADIO 5G

IN SINTESI LE PECULIARIETA' DEL 5G SA SONO: **1.** STANDARD 3GPP NEW RADIO (ADOTTATO PER LA RETE RADIO D'ACCESSO). **2.** CLOUD NATIVE 5G CORE. **3.** LE 3 CAT. DI SERVIZIO: **eMBB**, ENHANCED MOBILE BROADBAND; **MMTC**, MASSIVE MACHINE TYPE COMMUNICATIONS, E **URLLC** ULTRA RELIABLE LOW LATENCE COMMUNICATIONS. **4.** FUNZIONI DI NETWORK SLICING ESTESE E POTENZIATE (CONFIGURAZIONE DINAMICA DELLE SLICE).

ATTUALE TECNOLOGIA 5G NSA: SOLO SLICES PRECONFIGURATE, NON RICONFIGURABILI IN TEMPO REALE A SEGUITO DI VARIAZIONI DELLA DOMANDA

ALCUNI ESEMPI DI IMPLEMENTAZIONE ED APPLICAZIONI 5G SA:

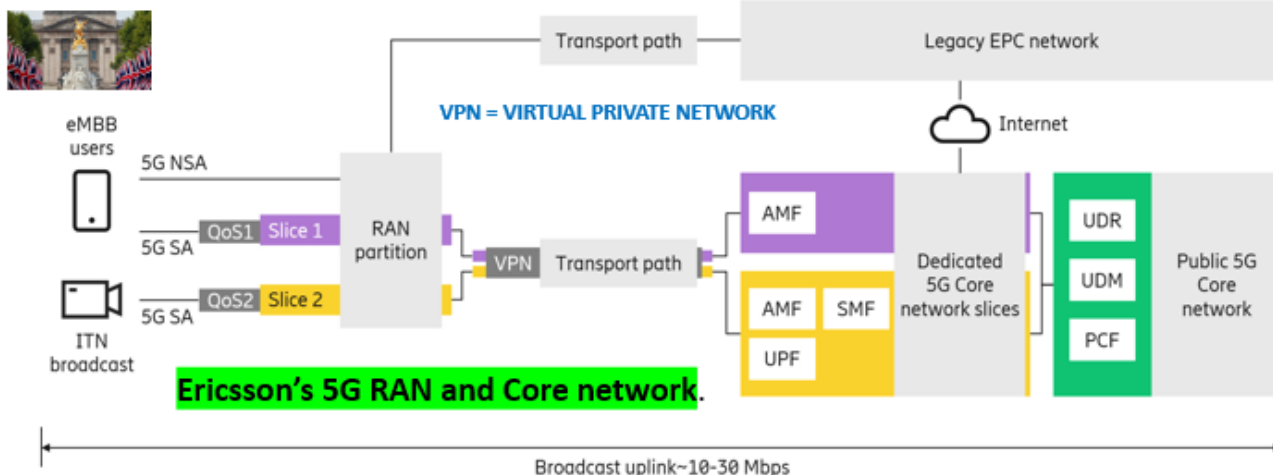
L'OPERATORE **SINGTEL DI SINGAPORE** HA REALIZZATO UNA SLICE DEDICATA 5G SA PER I SUOI CONSUMATORI, CHE HA CONSENTITO LORO DI SEGUIRE IL GRAND PRIX IN HD IN AREE AFFOLLATE NEL CORSO DELLA GARA. HA GIA' DA QUESTO ANNO COMMERCIALIZZATO SERVIZI DI COMUNICAZIONE SU 5G SA RIVOLTI AI **CITTADINI**.

IN **ITALIA** DAL 29 OTTOBRE 2025, **WINDTRE** E' IL PRIMO OPERATORE CHE HA RESO OPERATIVA LA PROPRIA RETE 5G STANDALONE, DESTINANDONE PER ORA L'OFFERTA DI SERVIZI ESCLUSIVAMENTE AL SEGMENTO BUSINESS.

ORANGE HA GIA' LANCIATO IL 5G SA IN **BELGIO**, **SPAGNA** E **FRANCIA**.

IN **U.K.** LA TRASMISSIONE TV DELLA CERIMONIA DI INCORONAZIONE DI RE CARLO III (6/05/2023) EFFETTUATA SU UNA SLICE DI RETE PUBBLICA **5G SA** DI **VODAFONE** NEL SENSO UPLINK, E QUINDI CON L'IMPIEGO DELLA TECNICA NETWORK SLICING E REALIZZAZIONE DI UNA RETE (LOGICA) NON PUBBLICA INTEGRATA IN QUEST'ULTIMA (PNI-NPN). VODAFONE REALIZZO' ANCHE, CONTESTUALMENTE, UNA SLICE DEDICATA ALL'EROGAZIONE DEL SERVIZIO ENHANCED MOBILE BROADBAND (eMBB) AGLI UTENTI MOBILI, CHE GENERAVANO UN'ALTA CONCENTRAZIONE DI TRAFFICO NELL'AREA DI WESTMINSTER.

ARCHITETTURA AD ALTO LIVELLO DI DIFFUSIONE TV TRAMITE NETWORK SLICING, REALIZZATA DA VODAFONE NEL REGNO UNITO.

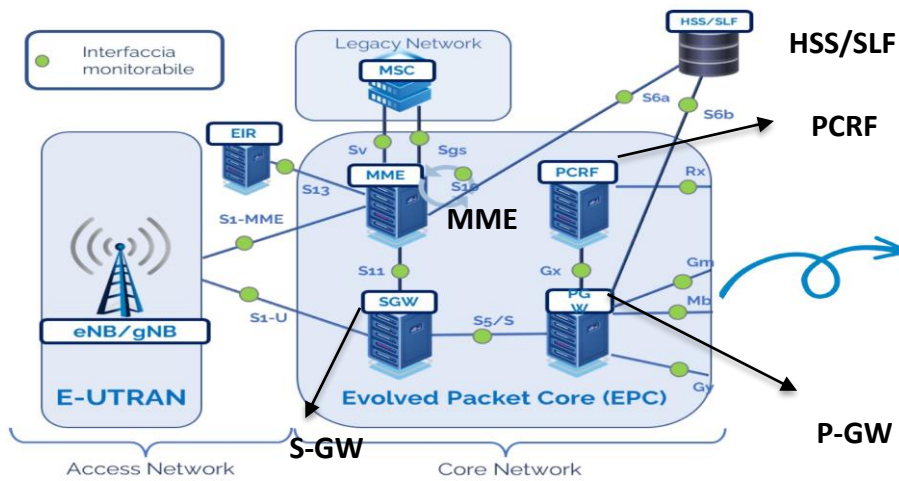


MOTIVAZIONE PRINCIPALE PER L'ADOZIONE DELLE SLICE DI RETE PUBBLICA DA PARTE DI VODAFONE: RIMOZIONE DEL RISCHIO DI CONGESTIONE DELLA RETE PUBBLICA (ELEVATO IN CASO DI EVENTI DI MASSA) CON IMPATTO NEGATIVO SUL BROADCAST DELL'EVENTO.

NELLO SCHEMA, LA RETE RADIO DI ACCESSO SEPARA LE DUE SLICE E LA RETE CORE 5G E' DEDICATA AI TRAFFICI ISTRADATI SULLE RISPETTIVE SLICE PER ASSICURARNE LA SEPARAZIONE.

AMF = ACCESS AND MOBILITY MANAGEMENT; SMF = SESSION MANAGEMENT FUNCTION.; UPF = USER PLANE FUNCTION; UDR = UNIFIED DATA REPOSITORY (DATI DEL PROFILO, DI SOTTOSCRIZIONE, DI POLICY DELL'UTENTE. MEMORIZZAZIONE E GESTIONE DELLE SIM); UDM = UNIFIED DATA MANAGEMENT; PCF = POLICY CONTROL FUNCTION.

ARCHITETTURA 4G E FUNZIONI DI RETE 5G (RAN + RETE CORE)



5GS = 5G SYSTEM



E-UTRAN = EVOLVED UNIVERSAL TERRESTRIAL RADIO ACCESS NETWORK
 SGW: SERVING GATEWAY
 PGW : PACKET DATA NETWORK GATEWAY
 PCRF: POLICY AND CHARGING RULES FUNCTION
 MME: MOBILITY MANAGEMENT FUNCTION

5G SYSTEM (5GS) DEFINITA NEL 2018 NELLA RELEASE 15 (3GPP TS 23.501). LA RELEASE 16 DEL 2020 HA AGGIUNTO ULTERIORI FUNZIONALITA'.

COMPONENTI E FUNZIONALITA' DI 5GS:

- 5G NR RAN O 5G NR :** RADIO ACCESS NETWORK (RAN), OSSIA IL COLLEGAMENTO WIRELESS TRA I DEVICE UE E LA RETE 5G ATTRAVERSO UNA STAZIONE RADIO BASE, DENOMINATA gNB (Next gen Node B). IN LTE LA STAZIONE RADIO BASE E' DENOMINATA eNB.
- RETE DI TRASPORTO (FRONTHAUL TRA RU, RADIO UNIT E DU, DISTRIBUTED UNIT; MIDHAUL TRA DU E CU, CENTRALIZED UNIT; BACKHAUL TRA CU E 5GC. DU e CU: DECOMPOSIZIONE BBU, BASE BAND UNIT). MIDHAUL INTRODOTTO CON L'AVVENTO DELLE RETI 5G.**
- CORE NETWORK (5G CN, 5GC):** ISTRADA IL TRAFFICO DA E VERSO I DEVICE D'UTENTE. SOSTITUISCE LA CORE NETWORK 4G, EVOLVED PACKET CORE (EPC). L'ARCHITETTURA 5G SI BASA SUL MODELLO "SERVICE-BASED ARCHITECTURE" (SBA), I CUI ELEMENTI SONO DEFINITI IN TERMINI DI "NETWORK FUNCTIONS" (NFs), PIUTTOSTO CHE COME ENTITA' TRADIZIONALI DELLA RETE.

NEL 5G CORE, L'ARCHITETTURA SBA (V. SLIDE SUCC.) DEFINISCE IL MODELLO DI INTERAZIONE TRA LE NFs MEDIANTE SERVIZI ESPOSTI TRAMITE API.

LE FUNZIONI NFs SONO PROGRAMMI SW, DISACCOPIATI DAL DISPOSITIVO FISICO E POSSONO ESSERE FATTE GIRARE SU HW DISPONIBILE SU "COMMERCIAL OFF-THE-SHELF" (COTS) E QUINDI COMMERCIALMENTE, NEI DATA CENTER, NELLA PREMISE O AL DI FUORI, OPPURE NEL CLOUD, COME PRECISATO IN UNA SLIDE SUCCESSIVA (11).

ATTRAVERSO UN'INTERFACCIA COMUNE, OGNI NF OFFRE I SUOI SERVIZI A TUTTE LE NFs AUTORIZZATE E/O A OGNI UTILIZZATORE CUI SIA CONSENTITO DI FAR USO DEI SERVIZI FORNITI. IL MODELLO SBA CONSENTE MODULARITA' E RIUSABILITA'.

LA COMPONENTE 5GC E' DIMENSIONABILE IN FUNZIONE DEI SERVIZI CHE E' CHIAMATA AD EROGARE, INCORPORANDO SOLO LE FUNZIONI A TAL FINE OCCORRENTI. PUO' ESSERE ESPANSA PER RAGIONI DI FLESSIBILITA', AD ES. PER L'OFFERTA DI SERVIZI ADDIZIONALI NEL CORSO DEL TEMPO.

NETWORK FUNCTIONS (PRINCIPALI) NEL 5GS

NF	DESCRIZIONE
UPF	USER PLANE FUNCTION : GESTISCE L'INOLTRO DEI DATI E L'ISTRADAMENTO DEI PACCHETTI. SUPPORTA ANCHE "PACKET INSPECTION" E IL "QoS HANDLING".
AMF	ACCESS AND MOBILITY MANAGEMENT FUNCTION : GESTISCE LA a) REGISTRAZIONE, L'AUTENTICAZIONE E L'ABILITAZIONE ALL'ACCESSO IN UN CONTESTO DI SECURITY. b) LA CONNESSIONE DI UE ALLA RAN E LA MOBILITA' DELL'ABBONATO .
SMF	SESSION MANAGEMENT FUNCTION : INSTAURA E MANTIENE LA CONNESSIONE IP CON IL DEVICE UE.
PCF	POLICY CONTROL FUNCTION: FORNISCE INFORMAZIONI ALLE ALTRE NFs, TRA CUI AMF E SMF, SUI DATI DI SOTTOSCRIZIONE E DI POLICY DELL'UTENTE. ESSA IMPLEMENTA LE REGOLE DI BUSINESS BASATE SUL TIPO DI SOTTOSCRIZIONE DELL'UTENTE. INOLTRE CONFIGURA IL QoS DELLA CONNESSIONE DISPONIBILE ALLO SPECIFICO DEVICE D'UTENTE UE, APPLICA CRITERI DI PRIORITA' AL TRAFFICO DATI E DI SCARICO DEI DATI VERSO ALTRE RATs (TECNOLOGIE D'ACCESSO RADIO) (AD ES. Wi Fi).
UDM	UNIFIED DATA MANAGEMENT: a) GENERA LE CREDENZIALI "AUTHENTICATION AND KEY AGREEMENT" (AKA); b) IDENTIFICA L'UTENTE; c) AUTORIZZA L'ACCESSO, ACQUISENDO I DATI USATI DA AUSF COME PARTE DELL'AUTENTICAZIONE; d) REGISTRA LA LISTA DELLE ISTANZE DI FUNZIONI DI RETE DISPONIBILI E DEI LORO PROFILI. e) INFINE EFFETTUA LA PROCEDURA "SERVICE REGISTRATION & DISCOVERY", CHE CONSENTE A DIFFERENTI FUNZIONI DI RETE DI INTERAGIRE TRAMITE API.
NSSF	SUPPORTA IL NETWORK SLICING. MEMORIZZA UNA LISTA DELL'OPERATORE, DEFINITA "NETWORK SLICE INSTANCES", E REINDIRIZZA IL TRAFFICO VERSO LA NETWORK SLICE PRESA IN ESAME. LA AMF AUTORIZZA L'USO DI UNA NETWORK SLICE IN BASE AI DATI INFORMATIVI DELLA SOTTOSCRIZIONE, ARCHIVIATI NELLA UDM, OVVERO PUO' INTERROGARE LA NSSF PER L'AUTORIZZAZIONE DELL'ACCESSO ALLA SLICE, SULLA BASE DEI REQUISITI DI SERVIZIO.
AUSF	AUTHENTICATION SERVER FUNCTION: AGISCE COME UN SERVER DI AUTENTICAZIONE. CONSENTE A AMF DI AUTENTICARE L'UE E GENERA CHIAVI PER L'USO DA PARTE DI ALTRE PROCEDURE DI SECURITY ALL'INTERNO DI 5GC.
NEF	NETWORK EXPOSURE FUNCTION: SUPPORTA L'ESPOSIZIONE DELLE FUNZIONALITA' DELLA RETE 5GC ALLE RETI E ALLE APPLICAZIONI ESTERNE.
AF	APPLICATION FUNCTION: OPERA COME UN APPLICATION SERVER PER SPECIFICI SERVIZI FORNITI SULLA RETE
NRF	NETWORK EXPOSURE FUNCTION: SUPPORTA L'ESPOSIZIONE DELLE FUNZIONALITA' DELLA RETE 5GC ALLE RETI E ALLE APPLICAZIONI ESTERNE.

NETWORK FUNCTION VIRTUALISATION (NFV)

IL DISACCOPPIAMENTO TRA HW E SW NEGLI ELEMENTI DI RETE VA SOTTO IL NOME DI **NETWORK FUNCTION VIRTUALIZATION (NFV)**, UN PARADIGMA ARCHITETTURALE DEFINITO DA ETSI, CHE CONSENTE L'ESECUZIONE DI FUNZIONI DI RETE, QUALI AD ES. FIREWALLS, BILANCIATORI DI CARICO, GATEWAYS, AMF, SMF E UPF (V. SLIDE 11) SU INFRASTRUTTURE VIRTUALIZZATE.

L'ARCHITETTURA AD ALTO LIVELLO NFV E' COMPOSTA DAI MODULI: **VNF** (VIRTUALIZED NETWORK FUNCTION), **NFVI** (NFV INFRASTRUCTURE) E NORMALE **NFV MANO** (NFV MANAGEMENT AND ORCHESTRATION).

NEL MODELLO NFV CLASSICO, LA FUNZIONE DI RETE VIRTUALIZZATA E' UNA **VNF (VIRTUAL NETWORK FUNCTION)**, CHE:

- ☐ E' UNA FUNZIONE MONOLITICA
- ☐ GIRA SU UNA VIRTUAL MACHINE (VM) E QUINDI CON SISTEMA OPERATIVO DEDICATO
- ☐ E' GESTITA TRAMITE SISTEMI DI ORCHESTRAZIONE (MANO, MANAGEMENT AND ORCHESTRATION)

NEL MODELLO NFV CLOUD NATIVO (IMPLEMENTAZIONI 5GC MATURE E FUTURE), LA FUNZIONE DI RETE NF:

- ☐ E' DECOMPOSTA IN MICROSERVIZI (ES. REGISTRAZIONE, MOBILITÀ, AUTENTICAZIONE NEL CASO DELLA FUNZIONE DI 5GC: AMF)
- ☐ DISPIEGATA COME **CNF (CLOUD NATIVE FUNCTION)** IN "CONTAINER" (CONTENITORE). IL CONTAINER OSPITA TIPICAMENTE UN MICROSERVIZIO, OSSIA UNITÀ SW CHE INCLUDE APPLICAZIONI, LIBRERIE, CONFIGURAZIONI, ESEGUITA IN UN AMBIENTE ISOLATO, CHE NON CONTIENE UN SISTEMA OPERATIVO **SO** COMPLETO, BENSÌ CONDIVIDE IL KERNEL DEL **SO**, FORNITO DA UN SISTEMA HOST, CON ALTRI CONTAINER.

I CONTAINER PUR ≠ CLOUD COMPUTING (FUNZIONANO ANCHE ON-PREMISE), SONO UNA TECNOLOGIA ABILITANTE DEL CLOUD MODERNO.

- ☐ CON ORCHESTRAZIONE TRAMITE KUBERNETES.

A DIFFERENZA DELLE VNF TRADIZIONALI, BASATE SU MACCHINE VIRTUALI, LE CNF CONSENTONO UNA ISTANZIAZIONE RAPIDA DELLE NFs, UNA MAGGIORE SCALABILITÀ (ORCHESTRAZIONE KUBERNETES), RESILIENZA ED EFFICIENZA, RISULTANDO PARTICOLARMENTE ADATTE ALL'ARCHITETTURA SERVICE-BASED DEL 5G CORE.

LA NFV (MODELLO CLASSICO O CLOUD NATIVO) ABILITA UNA GESTIONE DELLA RETE FLESSIBILE E SCALABILE, FACILITANDO L'ALLOCAZIONE DINAMICA E SCALABILE DI RISORSE TRA DIFFERENTI **NETWORK SLICES** E USE CASES.

NFV GIOCA, PERTANTO, UN RUOLO CHIAVE PER L'ABILITAZIONE DEL NETWORK SLICING, UNA FUNZIONALITÀ BASILARE DEL 5G, CHE CONSENTE AGLI OPERATORI MNO DI CREARE RETI LOGICHE RITAGLIATE SUI REQUISITI DELL'APPLICAZIONE SPECIFICA.

PER ES. IN UNA RETE 5G, GLI OPERATORI POSSONO ALLOCARE DINAMICAMENTE RISORSE A DIFFERENTI FUNZIONI VIRTUALI DI RETE VNF, SECONDO UNA PROCEDURA OTTIMIZZATA, IN BASE AI BISOGNI SPECIFICI DI APPLICAZIONI QUALI AD ES. VEICOLI A GUIDA AUTONOMA O TELEMEDICINA, CHE RICHIEDONO ELEVATA AFFIDABILITÀ E BASSA LATENZA.

DISEGNO ARCHITETTURALE E FUNZIONALE DEL 5GC (5G CORE)

SI BASA SULL'ADOZIONE DI 2 TECNICHE ABILITANTI: NFV E SDN (SOFTWARE DEFINED NETWORK), CHE OPERANO NEL 5GC IN MODO COMPLEMENTARE ED INTRECCIATO E CONGIUNTAMENTE ABILITANO IL NETWORK SLICING, LA FUNZIONALITA' CHIAVE DEL 5G.

NFV E SDN NON SONO NORMATIVAMENTE SPECIFICATE DAL 3GPP, MA SONO ASSUNTE COME MECCANISMI ABILITANTI, RISPETTIVAMENTE PER LA VIRTUALIZZAZIONE DELLE NETWORK FUNCTIONS E PER LA GESTIONE PROGRAMMABILE DELLA CONNETTIVITÀ TRA LE NFs E DEL TRAFFICO.

SDN DISACCOPIA, NELLA COMPONENTE CORE DEL 5G, LE FUNZIONI DI CONTROLLO (**CONTROL PLANE, CP**), ESSENZIALMENTE SEGNALE, GESTIONE SESSIONI, MOBILITÀ, POLICY, OSSIA AMF, SMF, PCF, DA QUELLE UPF (USER PLAN FUNCTION) DI INOLTRO DEL TRAFFICO DEL DEVICE D'UTENTE (**USER PLANE, UP**) NEL PIANO DI CONTROLLO, E QUINDI REALIZZA:

LA COSIDDETTA «**CUPS**» (**CONTROL AND USER PLANE SEPARATION**), SEPARAZIONE LOGICA E FUNZIONALE TRA IL PIANO DI CONTROLLO E IL PIANO UTENTI (DENOMINATO ANCHE PIANO DATI), IN CUI HA LUOGO L'ISTRADAMENTO DEL TRAFFICO TRAMITE DISPOSITIVI QUALI ROUTER E COMMUTATORI (SWITCHES), SECONDO LE REGOLE DECISE DAL PIANO DI CONTROLLO (QoS E POLICIES), ESTERNAMENTE AI NODI DELLA RETE.

CUPS GIÀ' ADOTTATA NELLA COMPONENTE CORE 4G LTE (LE COMPONENTI PREESISTENTI TDF, TRAFFIC DETECTION FUNCTION; SGW, SERVING GATEWAY E PGW, PACKET DATA NETWORK GATEWAY, SONO LOGICAMENTE SEPARATE IN TDF-C SGW-C, PGW-C, E TDF-U; SGW-C PER IL CONTROL PLANE E TDF-U, SGW-U, PGW-U PER L'USER PLANE. 3GPP RELEASE 14, 2017), DIVENENDO POI L'ARCHITETTURA STANDARD PER IL 5G.

LA SEPARAZIONE CUPS CONSENTE:

- SCALABILITÀ INDIPENDENTE DELLE FUNZIONI DEL PIANO DI CONTROLLO E DEL PIANO DATI (RIDUZIONE COSTI OpEx E CapEx). LA RAPIDA RIASSEGNAZIONE DI RISORSE AL VARIARE DELLA DOMANDA, ELEVA IL QoE (QUALITY OF EXPERIENCE).
- DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA DELL'UPF (EDGE)
- RIDUZIONE DELLA LATENZA
- SUPPORTO A NETWORK SLICING

LA SEPARAZIONE CP/UP, IMPLEMENTATA DA SDN, E' ABILITATA DA NFV, CHE CONSENTE CHE:

- CONTROL PLANE E USER PLANE SIANO COSTITUITI DA FUNZIONI SW DISTINTE
- POSSANO ESSERE ISTANZIATE, SCALATE E DISTRIBUITE SEPARATAMENTE
- GIRINO SU INFRASTRUTTURA VIRTUALIZZATA / CLOUD

IN SINTESI:

LA SERVICE-BASED ARCHITECTURE DEL 5G CORE È IMPLEMENTATA MEDIANTE LA VIRTUALIZZAZIONE DELLE NETWORK FUNCTIONS (NFV/CNF), MENTRE LA TECNOLOGIA' SDN, CHE REALIZZA LA SEPARAZIONE CUPS, E' UTILIZZATA COME MECCANISMO ABILITANTE PER LA GESTIONE DINAMICA DELLA CONNETTIVITÀ, DEL TRAFFICO E, UNITAMENTE A NFV, DEL NETWORK SLICING E2E CHE CONSISTE NELLA CREAZIONE DI NETWORK SLICES END-TO-END.

RETI MOBILI PRIVATE MPN, NPN NELLA TERMINOLOGIA 3GPP

3GPP TS 22.261 V16.9.0 (2019-09) (Release 16) E SUCCESSIVE VERSIONI *“Technical Specification Group Services and System Aspects;Service requirements for the 5G system; Stage 1”* :

RETE MOBILE PRIVATA ≡ «NON PUBLIC NETWORK» (NPN), INFRASTRUTTURA DI RETE UTILIZZATA ESCLUSIVAMENTE DAI DEVICE AUTORIZZATI DALL'ORGANISMO (ISTITUZIONE PUBBLICA, GOVERNATIVA)/IMPRESA, OPERANTE NEI SETTORI «VERTICAL» INDUSTRIALI E ISTITUZIONALI.

DEVICE REGISTRATI SULLA RETE PUBBLICA NON POSSONO OPERARE NELLA RETE PRIVATA, SALVO AUTORIZZAZIONE.

CASI DI USO INDOOR E OUTDOOR: INDUSTRIAL IoT, CAMPUS (ES. PNI-NPN DI VODAFONE ITALIA NEL CAMPUS UNIVERSITARIO DEL POLITECNICO DI MILANO PER METODI INNOVATIVI DI FORMAZIONE), ENTERPRISE, PORTI (ES. RETE PRIVATA 5G: TIM PER IL PORTO DI LIVORNO PER NAVIGAZIONE ASSISTITA, DI WINDTRE PER QUELLO DI GENOVA PER MOVIMENTAZIONE CONTAINER), AEROPORTI, ZONE MINERARIE, WAREHOUSING ECC.

RETI NPN OGGI: IN GRAN N.RO USO SISTEMA LTE o 5G NSA (NON STANDALONE) O ARCHITETTURE CHE IMPIEGANO 4G EPC E LTE/5G NR (NEW RADIO). SEGREGAZIONE FISICA O LOGICA DEI TRAFFICI RELATIVI A SERVIZI DI RETE PRIVATA E PUBBLICA.

DUE MACROCATEGORIE DI RETI (3GPP TS 22.261) 4G/5G NPN CON REQUISITI FUNZIONALI E DI GESTIONE SPECIFICATI DALLA RELEASE 16 DI 3GPP 5G PHASE 2 IN POI:

1. **STANDALONE NETWORK, SNPN** (NON UTILIZZO INDIVISO DI ALCUNA FUNZIONALITÀ RETE PLMN (PUBLIC LAND MOBILE NETWORK)) E INDIPENDENZA DI FUNZIONAMENTO DA PLMN: SNPN. SOVRANITA' DEL DATO: RESPONSABILE L'OPERATORE NPN E NON MNO DELLA CYBERSECURITY END-TO-END E QUINDI TUTELA DEI DATI PERSONALI E DI BUSINESS CON LA CONFORMITA' ALLA TRIADE : CONFIDENTIALITY, INTEGRITY, AND AVAILABILITY. **HIGH CAPEX & LOW OPEX.**

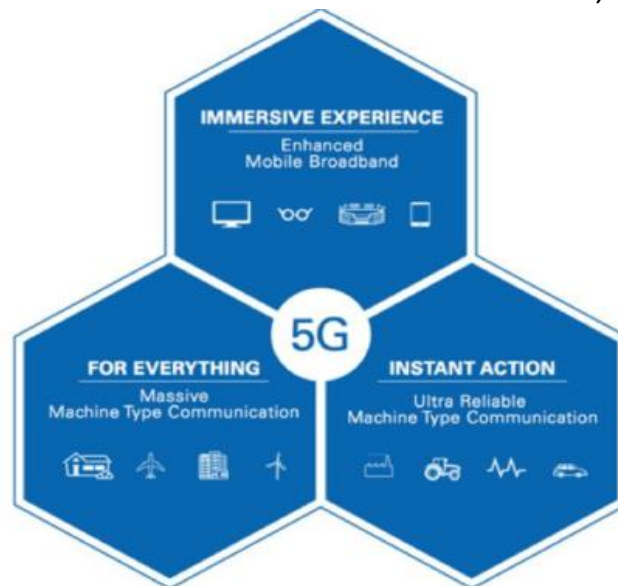
2. **INTEGRATA NELLA PLMN:** CON INFRASTRUTTURE E FUNZIONALITA' IN PARTE PROPRIE O UNICAMENTE DELLA PLMN: **PNI-NPN** (PUBLIC NETWORK INTEGRATED NON PUBLIC NETWORK). **LOW CAPEX & HIGH OPEX.**

UN MECCANISMO “CLOSED ACCESS GROUP” (CAG) E' USATO NELLE RETI PNI-NPN PER ISOLARE LE CELLE RAN E PROTEGGERE IL TRAFFICO DELLA RETE PRIVATA DA QUELLO ORIGINATO NELLA RETE PUBBLICA.

IN MODO SIMMETRICO, ALCUNI DEVICE DELL'IMPRESA ABILITATI SOLO ALL'ACCESSO ALLA RETE NPN, ANCHE NEL CASO IN CUI LA RETE NPN SI TROVI ALL'INTERNO DELLA PLMN, MENTRE AD ALTRI DELL'IMPRESA POTRA' ESSERE CONSENTITO L'ACCESSO SIA ALLA RETE PRIVATA CHE PUBBLICA.

PRINCIPALI DRIVER DI DEPLOYMENT DI RETI PRIVATE 5G

- ❑ NON DIPENDENZA DA RETE MNO, NON COMPROMISSIONE SERVIZI DI COMUNICAZIONE DEL SOGGETTO «VERTICALE» A CAUSA DI SOVRACCARICO/FAILURE/ GAP DI COPERTURA RETE MNO.
- ❑ MIGLIORAMENTO DEL QoS DELLE RETI INDUSTRIALI IoT PER I CASI DI UTILIZZO, RIENTRANTI NELLE CATEGORIE DI SERVIZIO DEL 5G, OSSIA mMTC, URLLC, eMBB.



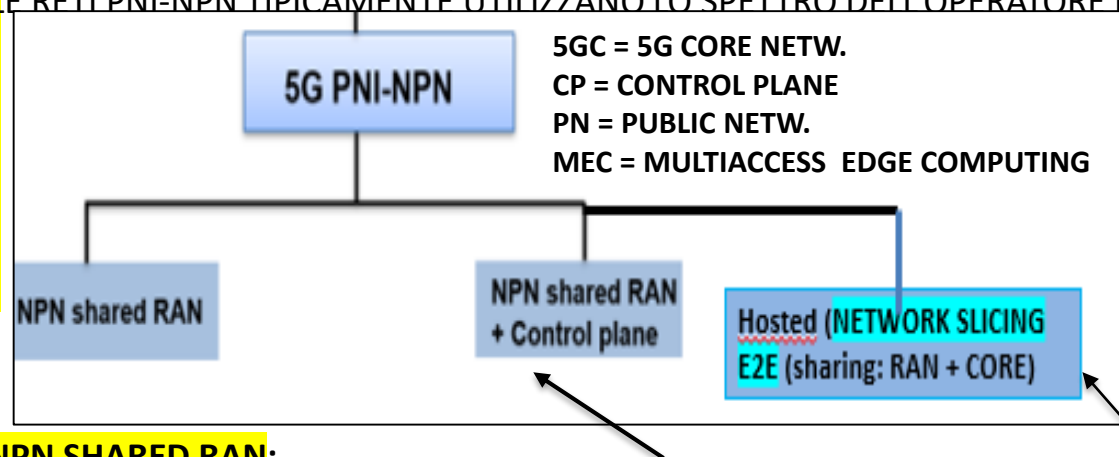
- ❑ PRESTAZIONI (KPIs) COMMISURATE ALLE ESIGENZE DI BUSINESS DEL SOGGETTO «VERTICALE», TRA CUI:
 - **DISPONIBILITA' (AVAILABILITY) $\geq 99,999$** (ES. INDUSTRIA 4.0)
 - **BIT RATE ≥ 10 Gb/s** VALORE DI PICCO (ES. AR/VR, VIDEO AD ALTA DEFINIZIONE)
 - **LATENZA ≤ 1 ms** (ES. V2X; MOBILE ROBOT; AVG, AUTONOMOUS VEHICLE GUIDE)
 - **AFFIDABILITA' (RELIABILITY)** IN TERMINI DI «PACKET ERROR RATE» (V. 3GPP TS 122 261 RELEASE 16) NEL RANGE $1 \cdot 10^{-5}$ (CONDITION MONITORING) $1 \cdot 10^{-8}$ (MOTION CONTROL; ES. V2X; MOBILE ROBOT). $1 \cdot 10^{-5}$ CORRISPONDE AD UNA PROBABILITA' DI SUCCESSO DI RICEZIONE DEI PACCHETTI PARI A 99,999.
- ❑ EQUO E FACILE ACCESSO ALLE RISORSE SPETTRALI.
- ❑ POTENZIATA CYBERSECURITY E SOVRANITA' DEI DATI PERSONALI E DI BUSINESS.
- ❑ EDGE COMPUTING PER:
 - RIDUZIONE LATENZA)
 - CONTENIMENTO DEI DATI ENTRO I CONFINI GEOGRAFICI IN CUI OPERA L'IMPRESA, PER RAGIONI DI SICUREZZA E DI PRIVACY

RETI MOBILI PRIVATE NPN NELLA TERMINOLOGIA 3GPP

5G SNPN (STANDALONE NPN): UNA RETE INDIPENDENTE E FISICAMENTE ISOLATA DALLA RETE PUBBLICA, CON UN PROPRIO DEDICATO IDENTIFICATIVO DI RETE **NPN ID**, IL CUI PROPRIETARIO E' UN'ENTITA' PRIVATA (IMPRESA, AGENZIA GOVERNATIVA ECC.). L'OPERATORE CHE REALIZZA LA RETE E/O LA GESTISCE PUO' ESSERE: IL PROPRIETARIO STESSO/NETWORKING VENDOR/HYPERSCALE CLOUD PROVIDER/GSI (GLOBAL SERVICE OPERATOR), O PIU' COMUNEMENTE UN MNO, CHE FORNISCE ANCHE IL SERVICE ASSURANCE. LA SNPN SARA' UNA RETE 5G COMPLETA ED INCLUDERA' LE COMPONENTI RADIO (**gNB**), **CORE (UPF, 5GC CP, UDM)** e **MEC** ALL'INTERNO DELLA PROPRIA PREMISE O SITO. MA AD OGGI, NELLA MAGGIOR PARTE DEI CASI, SNPN FA USO DELLA TECNOLOGIA 4G CON IMPIEGO, QUALE RETE CORE, di vEPC (VIRTUALIZED EPC) E DI ACCESSO RADIO 5G NR. SPETTRO 5G USATO: FREQUENZE DI CUI MNO E' LICENZIATARIO (5G SNPN REALIZZATA DA MNO) ; LEASED/SHARED SPECTRUM MNO; LOCAL LICENSING; UNLICENSED (5G NR-U).

5G PNI-NPN: NPN CONDIVIDE RISORSE DI RETE CON LA RETE PUBBLICA PN ED E' REALIZZATA DALL'OPERATORE MNO (MOBILE NETWORK OPERATOR). ES.: COMBINAZIONE DI UNA SLICE DELLA RETE RADIO RAN PUBBLICA CON LA COMPONENTE DI RETE CORE NELLA PREMISE (**NPN shared RAN**).

LE RETI PNI-NPN TIPICAMENTE UTILIZZANO LO SPETTRO DELL'OPERATORE MNO.



NPN SHARED RAN:

UPF, 5GC-CP, UDM, MEC all'interno NPN. SHARED tra PN e NPN: gNB (Elementi attivi/ passivi). Tipi di sharing: MOCN (Multi-Operator Core Netw con spettro condiviso e MORAN Multi-Operator RAN).

NPN SHARED RAN + CONTROL PLANE (5GC-CP) (NETWORK SLICING). UPF e MEC fisicamente separate rispetto a PN. SHARED: gNB, 5GC-CP; UDM.

SERIE DI OPZIONI DI ALLOCAZIONE FISICA DELLA RETE 5G CORE IN RETE 5G SNPN

- **ON PREMISES** (SEDE IND-LE/AMM-VA, CAMPUS): AD ES. CASO DI DEPLOYMENTS, CHE NON RICHIEDONO ESTESE PREMISES O QUANDO IL TEMPO DI BASSA LATENZA E' UN REQUISITO STRINGENTE PER CERTE APPLICAZIONI.
- **DATA CENTER REMOTO**: CASO DI IMPRESA MULTISITO, LE CUI SEDI DEVONO ESSERE COPERTE DALLA RETE 5G, CHE VA COSTITUITA ALL'INTERNO DI UN DATA CENTER CENTRALE. ESSO PUO' ESSERE GESTITO DALL'IMPRESA O OSPITATO DA UNA TERZA PARTE.
- **CLOUD BASED**: IL 5GC PUO' ESSERE PIENAMENTE VIRTUALIZZATO UTILIZZANDO LE RISORSE DEL CLOUD. CIO' CONSENTE DI RIPROPORZIONARE LA RETE E TRARRE VANTAGGIO DALL'AFFIDABILITA' E RIDONDANZA DEI SISTEMI BASATI SUL CLOUD.
- **ALLOCAZIONE IBRIDA**: LE NFs NON RICHIEDONO DI ESSERE OSPITATE IN UNO STESSO AMBIENTE E QUINDI POSSONO ESSERE ALLOCATE INDIVIDUALMENTE DOVE OCCORRE. AD ES. SI POTREBBE DISLOCARE LOCALMENTE LA FUNZIONE AUSF (AUTHENTICATION SERVER FUNCTION), AL FINE DI MANTENERE IL CONTROLLO DELLA SICUREZZA FISICA.

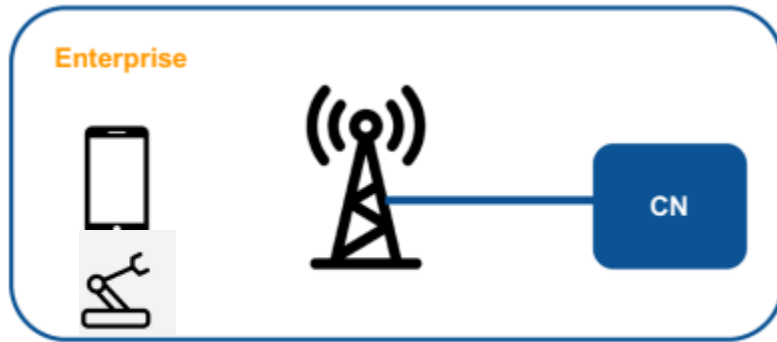
NETWORK SLICING (SEGMENTAZIONE DI RETE): CREAZIONE DI RETI LOGICAMENTE INDIPENDENTI ALL'INTERNO DI UNA SINGOLA CONDIVISA INFRASTRUTTURA FISICA.

SECONDO 3GPP: SECONDO 3GPP TS 28.530, "A NETWORK SLICE IS DEFINED AS A LOGICAL NETWORK THAT PROVIDES SPECIFIC NETWORK CAPABILITIES AND NETWORK CHARACTERISTICS, SUPPORTING VARIOUS SERVICE PROPERTIES FOR NETWORK SLICE".

HOSTED: (shared: gNB, 5GC-CP, UPF, MEC). UDM IN PN. 5G NPN = SLICE COSTITUITA INTERAMENTE SU PN DI MNO, CHE FORNISCE COSI' IL SERVIZIO **NSaaS (Network Slice -as-a-Service)**. FUNZIONI NFVs RESIDENTI IN CLOUD (VIRTUALIZZAZIONE), CONDIVISE DA PN E NPN, ASSICURANO SEPARAZIONE LOGICA DEI TRAFFICI DI NPN (ALL'ESTERNO DELLA PREMISE) E PN. OGNI SLICE E' UNA SINGOLA RETE END-TO-END (E2E) CON FUNZIONALITA' E PARAMETRI PRESTAZIONALI ATTI A RISPONDERE ALLE ESIGENZE DI BUSINESS DEL TITOLARE DELLA NPN. PERTANTO, LA QUALITA' DEL SERVIZIO QoS E I PARAMETRI DI SLA DEVONO ESSERE GARANTITI DA MNO A LIVELLO DI SLICE.

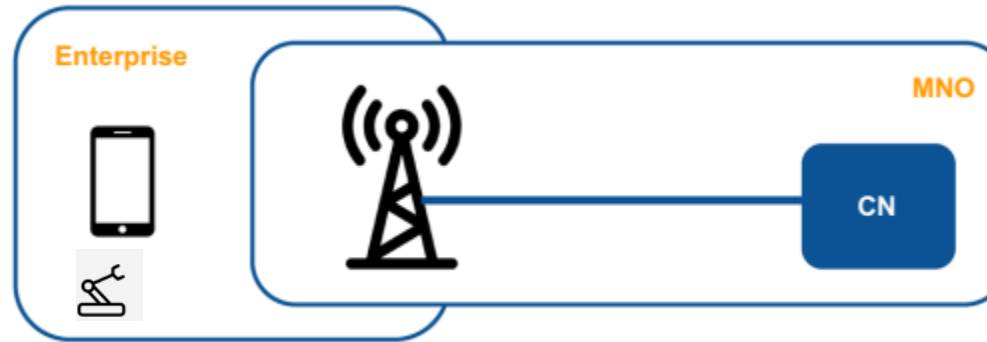
CONFIGURAZIONI DELLE RETI MOBILI PRIVATE NPN NELLA TERMINOLOGIA 3GPP

STANDALONE (SNPN)

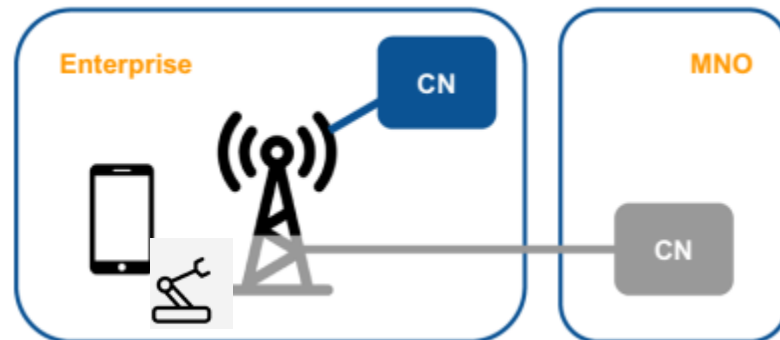


HOSTED BY MNO = MNO SLICE E2E

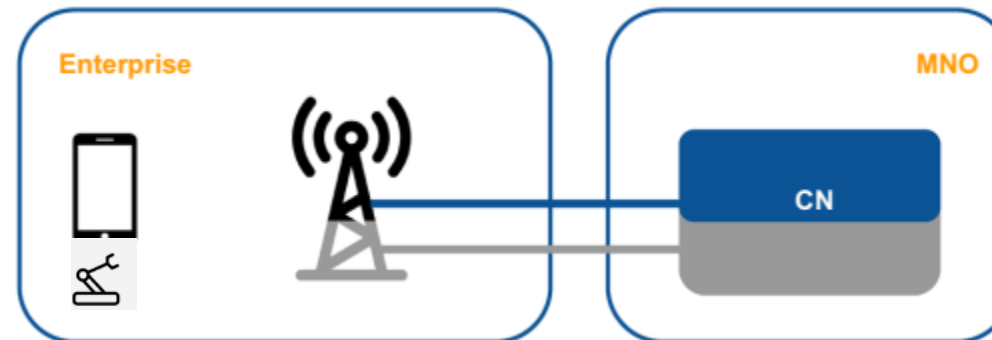
CN = CORE NETWORK =
CONTROL PLANE + USER PLANE



RAN SHARING



(RAN + CONTROL) SHARING = MNO SLICE



OPZIONI D'ACCESSO ALLO SPETTRO PER UTILIZZATORI VNISP, VERTICAL NETWORK SERVICE PROVIDER ("VERTICAL")

APPROCCI DI CONDIVISIONE DELLO SPETTRO (SPECTRUM SHARING):

- ❑ **LSA** «LICENSED SHARED ACCESS» (ECC, 2014) MODELLO NELLA BANDA 2.3 GHz, STUDIATO IN EUROPE, E' UN MODELLO DI CONDIVISIONE CONTROLLATA DELLO SPETTRO, CHE NE CONSENTE L'USO, IN UNA DATA AREA GEOGRAFICA, A NUOVI UTILIZZATORI IN BANDE GIA' ALLOCATE AD INCUMBENT.

UNA VERSIONE DI FATTO IMPLEMENTATA DAL REGOLATORE, NEL 2019, BEN PIU' VICINA PERALTRO AL MODELLO CBRS, E' IL REGIME «**SAL**» («SHARED ACCESS LICENCE») IN U.K. INTRODOTTO DA OFTEL PER LE BANDE 1800 MHz; 2300 MHz E 24,25-26.5 GHz. **SAL: ACCESSO LOCALIZZATO CONDIVISO DAI LICENZIATARI CON GLI INCUMBENT SECONDO IL CRITERIO OFCOM «FIRST COME FIRST SERVED».**

OFCOM, UNICO REGOLATORE AD OGGI, SEGUITO DA NORVEGIA, CHE RILASCIAM LICENZE SAL ANCHE NELLA BANDA **3.8-4.2 GHz**, OGGETTO DI VALUTAZIONE DELLA COMMISSIONE UE DELL'AMMISSIBILITA' DELL'USO CONDIVISO TRA I SERVIZI INCUMBENT NELLA BANDA E I SERVIZI TERRESTRI WBBMPP (WIRELESS BROADBAND LOW MEDIUM POWER), E QUINDI IN AREA LOCALE, E DELLA COMPATIBILITA' E.M. DEI SERVIZI WBBMPP CON I SERVIZI DEGLI MNO AL DISOTTO DI 3.8 GHz. IN FRANCIA, ANCHE IL REGOLATORE **ARCEP**, A SEGUITO DELLE 2 CONSULTAZIONI PUBBLICHE CONCLUSESIS A LUGLIO 2025, HA APERTO (DIC. 2025) LA PROCEDURA DI AUTORIZZAZIONE LOCALE ALL'USO DELLA BANDA 3.8-4.2 GHz. NEL 2019 ARCEP AVEVA GIA' ATTRIBUITO AUTORIZZAZIONI AGLI OPERATORI «VERTICALI» PER L'USO DI FREQUENZE NELLA BANDA 2.6 GHz NEL MODO TDD (2.575-2.615 MHz).

- ❑ **CBRS** (CITIZEN'S BROADBAND RADIO SERVICE): LICENZE PAL ED AUTORIZZAZIONI GENERALI PER L'USO DI SPETTRO CONDIVISO 3,55- 3,7 GHz CON INCUMBENT IN USA (FCC, 2016), RILASCIATE A PARTIRE DAL 2020.

CBRS: MODELLO DEL TIPO «**DYNAMIC SPECTRUM SHARING**», OSSIA APPROCCIO IN CUI VIENE ADATTATA L'OPERATIVITA' DI DUE O PIU' DIVERSI SERVIZI DI COMUNICAZIONI ELETTRONICHE (FORNITI DA INCUMBENT E NUOVI ENTRANTI), AL FINE DI RAGGIUNGERE UN'EFFICIENTE UTILIZZAZIONE DELLA STESSA PORZIONE DI SPETTRO IN CUI UNITAMENTE OPERANO, NELLO SPAZIO E NEL TEMPO, IN MODO CHE CIASCUN SERVIZIO SIA EROGATO IN MODO EFFICIENTE DAL PUNTO DI VISTA DEI COSTI E CON DEGRADO MINIMO.

- ❑ ITALIA: CLUB USE. (DELIBERA AGCOM 231/18/CONS). RIF. 5 BLOCCHI DA 200 MHz NELLA BANDA 26.5 – 27.5 GHz, AGGIUDICATI 2018. OBBLIGO DI OGNI LICENZIATARIO DI CONSENTIRE ACCESSO ALLE FREQUENZE DI CUI E' TITOLARE AD UN SOGGETTO TERZO NON OPERATORE DI TLC, CUI E' FATTO DIVIETO DI ESERCITARE IL RUOLO DI RESELLER, SALVO ACCORDI SPECIFICI CON IL LICENZIATARIO.

APPROCCIO COMMERCIALE:

- ❑ SPECTRUM TRADING: IL LICENZIATARIO (ES. MNO) COMMERCIALIZZA I DIRITTI D'USO DELLE PROPRIE RISORSE FREQUENZIALI INUTILIZZATE, DIRETTAMENTE AD ALTRI FORNITORI DI SERVIZIO (ES. VERTICAL: IMPRESE ED ORGANISMI ISTITUZIONALI).
- ❑ SPECTRUM LEASING: IL LICENZIATARIO DA' IN AFFITTO PARTE DEL PROPRIO SPETTRO, MA NEL CONTEMPO NE MANTIENE I DIRITTI DI PROPRIETA'.
- ❑ RETE FORNITA DA MNO: MNO FORNISCE UNA RETE VIRTUALE RISERVATA AL VNISP O REALIZZA UNA RETE MPN STANDALONE FORNENDO LA COPERTURA RADIO CON PROPRIE FREQUENZE (RETE PLMN).

APPROCCIO REGOLAMENTATO (NRA ASSGNA LICENZE O STABILISCE CONDIZIONI PER SOGGETTI «VERTICALI» -IMPRESIS, ENTI- DI ACCESSO ALLO SPETTRO)

- ❑ **LOCAL LICENSING**: IL REGOLATORE NAZIONALE (NRA) ASSEGNA FREQUENZE RISERVATE (SET ASIDE) AD UTILIZZATORI IN AMBITO LOCALE ALL'INTERNO DELLO SPETTRO 5G (FRAMMENTAZIONE). ES. GERMANIA DAL 2019 3,7 – 3,8 GHz (FONDO) E 24,25-27,5 GHz ; FRANCIA (2,57 – 2,62 GHz) AMBITO LOCALE.
- ❑ NRA INSERISCE CLAUSOLE NELLA LICENZA MNO AGGIUDICATARIO DI FREQUENZE DEL TIPO «USE- IT- OR- LEASE- IT» OVVERO CHE IMPONGONO A MNO DI SODDISFARE RICHIESTE DI ACCESSO AD ESSE A SEGUITO DI UNA LORO INELUDIBILE VALUTAZIONE E NEL CASO DI UN ACCORDO COMMERCIALE RAGGIUNTO TRA LE DUE PARTI.
- ❑ LIGHT LICENSE: USO DELLO SPETTRO IN BASE AD AUTORIZZAZIONE GENERALE O ADDIRITTURA NON SCATURENTE DA LICENZA (ES.: ISM BANDS). E' IL CASO AD ES. DEL MODELLO CBRS PER GLI UTILIZZATORI GAA (GENERAL AUTHORIZED ACCESS).
- ❑ UNLICENSED SPECTRUM: 5G NR-U (NEW RADIO UNLICENSED). BANDA 5 GHz (580 MHz DISPONIBILI UNLICENSED) E BANDA 6 GHz, «GREENFIELD SPECTRUM» (5,925-7,125 GHz = 1200 MHz PER ALLOCAZIONE A Wi-Fi 6E E 5G IN USA).

NETWORK SLICING. DEFINIZIONI E CONCETTI BASE DEL NETWORK SLICING

«NETWORK SLICING»: SUDDIVISIONE DI UNA RETE FISICA 5G IN DIVERSE RETI LOGICHE «END TO END» ISOLATE E INDIPENDENTI, DENOMINATE «SLICE» E QUINDI ABILITAZIONE DEL PARADIGMA DELLA MULTIPLA LOCAZIONE (MULTI-TENANCY). VENGONO COSÌ COSTITUITE SU RETE MOBILE PUBBLICA, RETI MOBILI PRIVATE (VIRTUALI) BASATE SU SERVIZIO DI RETE, CHE, CON TERMINOLOGIA CLOUD, SI DEFINISCE **NSaaS (NETWORK SLICING AS A SERVICE)**.

NETWORK SLICE: UNA RETE LOGICA CHE FORNISCE SPECIFICHE FUNZIONALITÀ DI RETE E CARATTERISTICHE DI RETE, CHE SUPPORTA VARIE PROPRIETÀ DI SERVIZIO PER CLIENTI DELLA NETWORK SLICE.

OGNI **NETWORK SLICE (NS)** CONTIENE RISORSE DEDICATE/CONDIVISE E ATTRIBUTI TALI DA SODDISFARE ESIGENZE SPECIFICHE DELLA PARTICOLARE APPLICAZIONE. TECNOLOGIE SOTTESE ALL'ARCHITETTURA NETWORK SLICING:

- ❑ NETWORK FUNCTION VIRTUALIZATION (NFV): VIRTUALIZZAZIONE DI FUNZIONI ESSENZIALI DI RETE (ES. SECURITY E SESSION MANAGEMENT)
- ❑ SOFTWARE DEFINED NETWORKING (SDN): CONTROLLO CENTRALIZZATO SULLA DISTRIBUZIONE DELLE RISORSE DI RETE

NETWORK SLICING: FUNZIONALITÀ CHIAVE DEL 5G, DEFINITA E SPECIFICATA NEL **3GPP TS 23.501**. 3GPP TS 23.501 DEFINISCE LO STAGE-2 DELL'ARCHITETTURA DEL SISTEMA 5G, INCLUDENDOVISIL NETWORK SLICING. DOCUMENTI: **3GPP TS 28.530 RELEASE 19** (2025-03) *TECHNICAL SPECIFICATION GROUP SERVICES AND SYSTEM ASPECTS. MANAGEMENT AND ORCHESTRATION; CONCEPTS, USE CASES AND REQUIREMENTS*. **3GPP TR 28801** *MANAGEMENT AND ORCHESTRATION; CONCEPTS, USE CASES AND REQUIREMENTS*. DA QUI:

LO SLICING STATICO, REALIZZATO AD ES. NELLE RETI 5G NSA, NON CONSENTE LA MODIFICA DELLE RISORSE ASSEGNATE NEL CORSO DEL CICLO DI VITA E SI PRESTA PER SERVIRE DISPOSITIVI FISSI O APPLICAZIONI IOT.

INVECE, LO SLICING DINAMICO REALIZZABILE PIENAMENTE NELLE RETI 5G SA, PROMUOVE L'EMERGERE DELLE SLICE COME SERVIZI FLESSIBILI E ADATTABILI.

CREAZIONE E MANAGEMENT DI SLICE DINAMICHE (ADATTIVE): L'OPERATORE MNO POTRÀ FORNIRE AL CLIENTE UNA SLICE COME SERVIZIO (NSaaS), IN GRADO DI SODDISFARE SPECIFICHE CLASSI DI SLAs (E QUINDI ATTRIBUIBILE A UNA MOLTEPLICITÀ DI CLIENTI), COSÌ COME FORNIRE SLICE RITAGLIATE PER SPECIFICHE IMPRESE CON PROPRI REQUISITI SLAs.

NETWORK SLICE SUBNET: (SOTTORETE DI SLICE DI RETE): UN INSIEME DI FUNZIONI DI RETE E DELLE ASSOCIATE RISORSE (ES. RISORSE COMPUTAZIONALI, DI STORAGE E DI NETWORKING) CHE SUPPORTANO LA NETWORK SLICE.

IL NETWORK SLICING CONSISTE DI 3 LIVELLI:

- SERVICE INSTANCE LAYER
- NETWORK SLICE INSTANCE
- RESOURCE LAYER, IN CUI OGNI LIVELLO RICHIEDE FUNZIONI DI GESTIONE.

NETWORK SLICE INSTANCE (NSI): UN INSIEME DI FUNZIONI DI RETE (NFs) APPARTENENTI ALLE RETI RAN E CORE E DELLE RISORSE RICHIESTE (FISICHE E LOGICHE), CHE SONO ALLOCATE (ARRANGED) E CONFIGURATE, IN MODO DA FORMARE UNA RETE LOGICA **COMPLETA**, ATTA A SODDISFARE CERTE CARATTERISTICHE DI RETE (3GPP TR 28801).

LE SLICE DI RETE SONO GENERALMENTE COMPOSTE DA NETWORK SLICE SUBNETS (ES. RAN NETWORK SLICE SUBNET, CORE NETWORK SLICE SUBNET AND TRANSPORT NETWORK SLICE SUBNET). LE NETWORK SLICE SUBNETS SONO COMPOSTE DA FUNZIONI DI RETE (NF).

LE NF POSSONO ESSERE REALIZZATE TRAMITE UNA COMBINAZIONE DI FUNZIONI DI RETE VIRTUALIZZATE (VNF) E/O FUNZIONI FISICHE (PNF). SERVIZI DI COMUNICAZIONE POSSONO ESSERE SUPPORTATI DA UNA SLICE DI RETE O COMBINAZIONE DI SLICE.

RUOLO DEL NETWORK SLICING NELL’OFFERTA SIA NSaaS (NETWORK SLICING as a SERVICE) CHE NaaS

SIMILE A IaaS o a SaaS, NaaS (NETWORK as a SERVICE) E’ UN ULTERIORE MODELLO AVANZATO DI BUSINESS DI CESSIONE IN USO AL SOGGETTO “VERTICAL” DI RISORSE BASATE SUL CLOUD. PERALTRO, INVECE DI FORNIRE CAPACITA’ COMPUTAZIONALI O SW, NaaS CONSENTE ALL’IMPRESA DI ACCEDERE A FUNZIONI DI RETE, SENZA CHE ESSA DEBBA POSSEDERE O MANUTENERE INFRASTRUTTURE FISICHE.

LE RISORSE DI RETE POSSONO ESSERE FORNITE DA MNO, SOTTO FORMA DI SLICE DI RETE RESIDENTI IN AMBIENTE CLOUD, ALL’IMPRESA, CUSTOMIZZATE. AD ES. UN MNO PUO’ FORNIRE ALL’IMPRESA UNA SOLUZIONE NaaS PER LO SVOLGIMENTO DI APPLICAZIONI CRITICHE, QUALE LA CHIRURGIA DA REMOTO O LO SMART MANUFACTURING. L’OPERATORE ASSEGNA IN TEMPI RAPIDI UNA SLICE DI RETE DEDICATA CLOUD-BASED CON PERFORMANCE GARANTITA ALL’IMPRESA, CHE BENEFICIA ANCHE DELLA FLESSIBILITA’ NELL’USO DELLE RISORSE E DEI PREZZI APPLICATILE, SECONDO IL MODELLO “PAY-AS-YOU-USE”, OSSIA DI TUTTI QUEI VANTAGGI CHE I SERVIZI CLOUD OFFRONO.

NON AVENDO PIU’ L’IMPRESA BISOGNO DELLA NETWORK SLICE, LE RISORSE VENGONO RITIRATE O RIASSEGNATE AD ALTRI CLIENTI.

CARATTERISTICHE RETE PRIVATA NaaS E DIFFERENZIAZIONE DA NSaaS

NaaS: MODELLO DI EROGAZIONE (CONTRATTUALE/OPERATIVO) SU PIATTAFORMA CLOUD, PER UN USO EFFICIENTE DI PRESTAZIONI DI RETE SU 5G MONITORATE CON ASSURANCE SERVICE DALL’EROGATORE (ES. MNO), CHE PUÒ REALIZZARSI IN PIÙ MODI:

- A) RETE PRIVATA DEDICATA (RAN/CORE/TRASPORTO DEDICATI), OSSIA SNPN
- B) RETE PRIVATA IBRIDA CONDIVISA, QUINDI PNI-NPN «MANAGED», OSSIA CON CONNESSIONE DI GESTIONE REMOTA.
- C) RETE PRIVATA «HOSTED», COME SLICE (NSaaS) SU INFRASTRUTTURA DELL’OPERATORE MNO.

LO SLICING È QUINDI UNA DELLE OPZIONI TECNICHE CON CUI UN FORNITORE PUÒ IMPLEMENTARE UN’OFFERTA NaaS PER RETI PRIVATE 5G DI VARIA CONFIGURAZIONE, MA IL MODELLO NaaS SOTTO L’ASPETTO DEL SERVIZIO OFFERTO NON COINCIDE CON IL NETWORK SLICING.

ASPETTI	NaaS (NETWORK as a SERVICE)	NSaaS (NETWORK SLICING as a SERVICE)
OGGETTO DEL SERVIZIO	CAPACITÀ/FUNZIONI DI RETE ASTRATTE (CONNETTIVITÀ, ENDPOINT, QOS, SICUREZZA, ECC.)	UNA NETWORK SLICE 5G END-TO-END CON PARAMETRI E SLA ESPLICITI
IMPLEMENTAZIONE	PUÒ USARE INFRASTRUTTURA DEDICATA, CONDIVISA O ANCHE SLICING	SPECIFICAMENTE SLICING
MODELLO DI PRICING	MODELLO A CONSUMO/ABBONAMENTO SU SERVIZI DI RETE	PRICING PER SLICE/TENANT/UE PREVISTO DA 3GPP SA5 .

DEFINIZIONE DI SERVICE ASSURANCE

SERVICE ASSURANCE (END 2 END) NELLE TLC E IN PARTICOLARE NEL 5G PRIVATO:

- ❑ CAPACITA' DI UN CONTINUO MONITORAGGIO E GESTIONE DELLA PERFORMANCE DI UNA RETE COMPARATA CON I SERVICE LEVEL AGREEMENTS (SLAs) CONCORDATI TRA MNO E CLIENTE/IMPRESA.
- ❑ IDENTIFICAZIONE, IN SEDE DI RILEVAZIONE SUL CAMPO O PREDITTIVA, DI ANOMALIE E/O DI SCOSTAMENTI DAGLI SLA TARGET, PER EFFETTO DI IMPROPRIA ALLOCAZIONE DELLE RISORSE, DI CONGESTIONE DI RETE, DI GUASTI Hw O DI BUG Sw , E
- ❑ REPORTING DELLE VARIAZIONI RILEVATE O PREVISTE DEI PARAMETRI DI RETE O PRONTA ATTUAZIONE DI AZIONI PREVENTIVE E/O CORRETTIVE, MIRANDO ALL'OTTIMIZZAZIONE DI RETE PER IL RIPRISTINO DEGLI SLA, E DELLA ESPERIENZA OTTIMALE DEGLI UTENTI FINALI.

I PARAMETRI SLA DEVONO ESSERE DEFINITI IN TERMINI DI METRICHE/KPIs MISURABILI. PER ES. L'ACCORDO SU QoS COMPRENDE DISPONIBILITA', AFFIDABILITA' (PACKET LOSS), LATENZA, BANDWIDTH, ETC.

SE IL QUADRO DEL SERVICE ASSURANCE SI PROPONE SOLO DI PORRE IN EVIDENZA L'INFORMAZIONE, SI PARLA DI **OPEN-LOOP**, NEL QUAL CASO UN EVENTO ANOMALO VIENE RIPORTATO AD UN CENTRO LOCALE PERCHE' UN SERVIZIO INTERNO ESEGUA LE AZIONI NECESSARIE.

LA MAGGIOR PARTE DEI SISTEMI DI ASSURANCE OGGI, CON L'AIUTO DELL'AUTOMAZIONE NELL'INSTANTAZIONE E NEL PROVISIONING DELLE ENTITA' DI RETE, ABILITA LA RIPARAZIONE AUTOMATICA O IL RECUPERO DA QUESTE ANOMALIE.

IN AGGIUNTA, I MODELLI DI AI/ML, RILEVANDO/PREDICENDO L'USO ANOMALO O I GUASTI E, CORRISPONDENTEMENTE, PROGRAMMANDO CAMBIAMENTI NELLA RETE, SE INTEGRATI NEL SERVICE ASSURANCE, CONSENTONO LA MESSA IN ATTO DI AZIONI CORRETTIVE E L'INSTAURAZIONE CONSEGUENTE DELL'**AUTOMATED CLOSED-LOOP ASSURANCE SERVICE**.

SERVICE ASSURANCE, IN SINTESI: SET DI FUNZIONALITA' BASATE SU PIATTAFORMA Sw PER IL MONITORAGGIO DELLA PERFORMANCE DI UNA RETE, DI IDENTIFICARE GLI EVENTI ANOMALI E DI TRADURLI NELLA REPORTISTICA E/O ASSOGGETTARLI AD AZIONI CORRETTIVE.

SERVICE ASSURANCE RIPENSATO PER LE RETI MOBILI PRIVATE (MPN)

LE RETI PRIVATE LTE/5G, PARTICOLARMENTE QUELLE CON SERVIZI GESTITI (MANAGED SERVICES) ES. DA MNOs, RESE DISPONIBILI COME SERVIZIO DI RETE (NaaS) O SLICE E2E (NSaaS), RETE PNI-NP, CON IMPIEGO DI RISORSE FISICHE O VIRTUALI: SOPRATTUTTO NEL CASO DI APPLICAZIONI SU DI ESSE ESEGUITE “MISSION CRITICAL”, HANNO UNA LORO REGION D’ESSERE NEL FORNIRE UN QoS, QUALITA’ DI SERVIZIO A LIVELLO DI RETE E QoE, QUALITA’ DI SERVIZIO PERCEPITO DALL’UTILIZZATORE, BEN OLTRE QUANTO OFFRE LA RETE PUBBLICA ALL’UTENTE FINALE.

CIO’ PONE COMPITI AL SERVICE ASSURANCE PARTICOLARMENTE STRINGENTI NELLA VALUTAZIONE DELLA PERFORMANCE DI RETE.

FINO A CHE UNA RETE 5G, CONFIGURATA INTERAMENTE COME STANDALONE (5G SA) NON DIVERRA’ OPERANTE RENDENDO DISPONIBILE IL NETWORK SLICING, IL DEPLOYMENT DI RETI MPN SIA PER IL MODELLO NaaS CHE NSaaS SARA’ BASATO SU ARCHITETTURE 5G NSA CON IMPIEGO DELLA RETE CORE 4G.

3GPP RELEASE 13 HA INTRODOTTO PER IL 4G LA VERSIONE SEMPLIFICATA DI NETWORK SLICING DENOMINATA **4G DECOR** (DEDICATED CORE NETWORK) (V. SLIDE SUCC.).

MOLTI FATTORI TECNICI ED ECONOMICI INDUCONO GRANDI IMPRESE ED IN GENERE ENTITA’ DEI SETTORI «VERTICALI», TENTATE A DISPIEGARE ED OPERARE AUTONOMAMENTE TALI RETI PRIVATE, AD AFFIDARNE LA REALIZZAZIONE E GESTIONE A FIGURE, CHE OFFRONO QUINDI «MANAGED SERVICES», QUALI: VENDOR DI COMPONENTI DI RETI; SYSTEM INTEGRATOR; MNO.

IL VANTAGGIO COMPETITIVO DEGLI MNO CONSISTERA’ NEL FORNIRE SERVIZI GESTITI AD ELEVATO VALORE, IMPEGNANDOSI A GARANTIRE AL CLIENTE CONTRATTUALMENTE PREFISSATI SLS (SERVICE SPECIFIC LEVELS) CONFORMI AGLI SLAs, CON MONITORAGGIO CONTINUO h24X7g DELLA PERFORMANCE DELLA NPN E IMPLEMENTAZIONE DI PROCESSI SPECIFICI PER FAR FRONTE AD EVENTI ANOMALI SULLA RETE (OUTAGES NEI CASI ESTREMI).

REQUISITI DEL SERVICE ASSURANCE PER LE RETI NPN CON PRESTAZIONI RISPONDENTI A SLAs

1. AVAILABILITY, CON TOLLERANZA MOLTO BASSA DI INDISPONIBILITA' DELLA RETE

AVAILABILITY	TEMPO DI INATTIVITA'	SISTEMA/USE CASES
99,9 % (cd. 3 nove)	8,76 h	LTE
99,999 % (cd. 5 nove)	5,26 min.	Es. INDUSTRIA 4.0 ^a
99,9999 % (cd. 6 nove)	31,5 s.	ES. REMOTE SURGERY ^a , HEALTHCARE ^a

NOTA ^a LIVELLI DI PERFORMANCE DA GARANTIRE IN BASE A SLA, CHE POSSONO PREVEDERE PENALITÀ IN CASO DI MANCATO RISPETTO.

2. RILEVAZIONE IN TEMPO REALE DI EVENTI ANOMALI ALLO SCOPO DI EVIDENZIARE O ANTICIPARE CRITICITA' SUL CORRETTO FUNZIONAMENTO DELLA SLICE O DEL SERVIZIO DI RETE PRIVATA E TEMPI DI REAZIONE ESTREMAMENTE RAPIDI GRAZIE AD AI/ML.

AZIONI CORRETTIVE NEI DOMINI DI RETE DI MAGGIOR CRITICITA' PER LA PARTICOLARE SLICE O SERVIZIO DI RETE PRIVATA.

3. PREDIZIONE A LUNGO TERMINE DI VARI INDICATORI DI PERFORMANCE E QUALITA' PER PIANIFICARE I FUTURI TREND DELLA NPN E I SERVIZI SU DI ESSA FORNITI GRAZIE ANCHE A MODELLI DI AI/ML.

4. OTTIMIZZAZIONE QoE, OSSIA TRASFORMAZIONE DEI DATI DELLA RETE IOTTENUTI DA UN MIX DI MONITORAGGIO ATTIVO E PASSIVO IN INFORMAZIONI DI BUSINESS RILEVANTI, COSI' DA OTTENERE UNA MAGGIORE CUSTOMER SATISFACTION, ATTRAVERSO FUNZIONALITA' DI AI E MODELLI EURISTICI O DI ML.

5. SERVIZIO DI ASSURANCE END-TO-END, DURANTE IL CICLO DI VITA DELLA NPN DALLA SUA **ISTANZIAZIONE** AL SUO MANTENIMENTO IN FUNZIONE.

6. FORNIRE VISIBILITA' ALL'IMPRESA ICT (CLIENTE) TRAMITE UN PORTALE DI REPORTISTICA CUSTOMIZZATO ED AUTOGESTITO. L'OPERATORE (ES. MNO) DEVE FORNIRE UNA VISIBILITA' APPROFONDATA DELLA PERFORMANCE DELLA NPN.

INFINE L'ORCHESTRAZIONE E L'AUTOMAZIONE GIOCANO UN RUOLO CRUCIALE NEL SERVICE ASSURANCE.

PERTANTO, PER LA GESTIONE DI UNA RETE PRIVATA, SIA ESSA SOTTO FORMA DI SLICE, CHE DI SERVIZIO (ES. SNPN), IL SERVICE ASSURANCE DIVENTA UNA COMPONENTE DELL'ARCHITETTURA DI RETE NPN, CRITICA PER LA MISSIONE CHE LA NPN E' CHIAMATA A SVOLGERE.

REQUISITI DEL SERVICE ASSURANCE PER LE RETI NPN CON PRESTAZIONI RISPONDENTI A SLAs

I REQUISITI SLA, CHE VENGONO DEFINITI IN CONFORMITA' AL PROFILO DELL'IMPRESA, ESPRESSO DAI CASI D'USO AL SUO INTERNO, OSSIA LATENZA, RELIABILITY, AMPIEZZA DI BANDA, AREA DI COPERTURA RADIO, SECURITY ECC., VENGONO TRADOTTI IN REQUISITI DEL SERVICE ASSURANCE E QUINDI IN COMPITI (ES. OTTIMIZZAZIONE DELLA RAN PER RISPONDERE AL REQUISITO DELLA COPERTURA, ANALITICHE AVANZATE AI FINI DELLA SECURITY, ANALISI DEL TRAFFICO, ANALITICHE

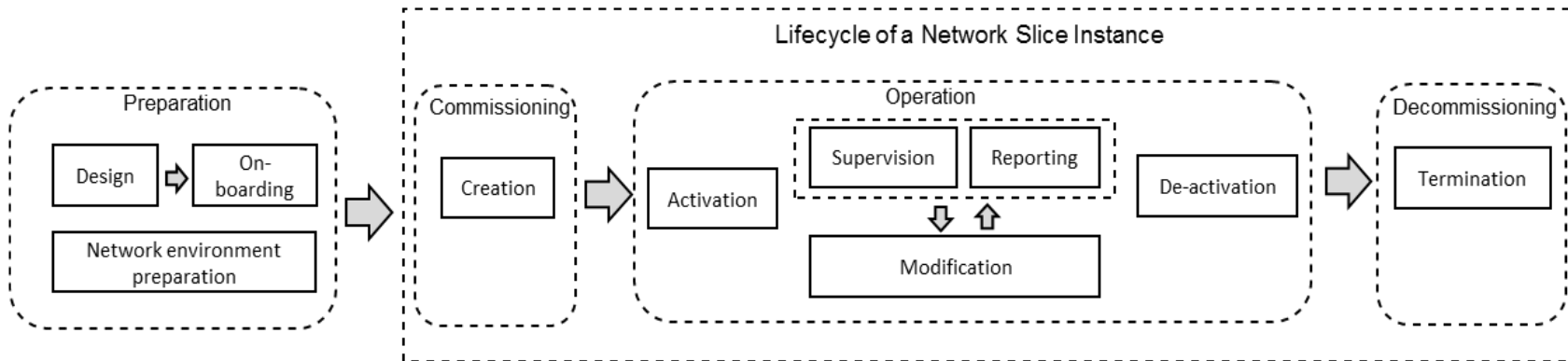


CIASCUN "USE CASE" COMPORTA DIFFERENTI LIVELLI DI REQUISITI IN CATEGORIE DI PERFORMANCE. PER ALCUNI "USE CASE" SONO CRITICHE LA SECURITY (ES. INDUSTRIA 4.0; HEALTHCARE; INFOTAINMENT SYSTEMS; PASSENGER CONNECTIVITY; COMUNICAZIONI V2V, VEHICLE TO VEHICLE; V2I, VEHICLE TO INFRASTRUCTURE) E LA RELIABILITY (REMOTE SURGERY; DIAGNOSTICA DA REMOTO), PER ALTRI LA LATENZA (COMUNICAZIONE TRA ROBOT, SENSORI IOT E SISTEMI DI CONTROLLO; COMUNICAZIONI V2V; V2I).

I SLAs CHE L'OPERATORE (MNO) DEVE GARANTIRE POSSONO ESSERE COSI' CLASSIFICATI:

- QUALITA' DI SERVICE (QoS) AD ES. PERFORMANCE DELLA RETE, THROUGHPUT, I.E., NETWORK PERFORMANCE: LATENCY, THROUGHPUT, TASSO DI PERDITA DEI PACCHETTI (RELIABILITY), COPERTURA RADIO, TASSO DI SUCCESSO HAND-OVER, DISPONIBILITA' (ES. AVAILABILITY DELLA RETE RADIO), RETAINABILITY (LA RETAINABILITY MISURA QUANTO SPESSO GLI UTENTI PERDONO LA CONNETTIVITA' ALLA RETE, A CAUSA DI UNA COPERTURA INADEGUATA E DELLA QUALITA').
- QUALITA' DI ESPERIENZA (QoE) I.E., OSSIA PERFORMANCE DEL SERVIZIO: AVAILABILITY, RELIABILITY, KQI (KEY QUALITY INDEX), CHURN RATE, TASSO (NEI RIGUARDI DELL'UTENTE FINALE), RIDUZIONE DEL NUMERO DI TICKET DI COMPLAINT.
- OPERATION LEVEL AGREEMENTS (OLA): TRA CUI MEAN TIME TO REPAIR (MTTR), REPORTING/ALERTING.

FASI DEL CICLO DI VITA DI UNA NETWORK SLICE INSTANCE (NSI)



Fonte: 3GPP TS 28.530 Release 19 (2025-03) Technical Specification Group Services and System Aspects; Management and orchestration; Concepts, use cases and requirements

NETWORK SLICE INSTANCE (NSI): UN INSIEME DI FUNZIONI DI RETE (NFs) APPARTENENTI ALLE RETI RAN E CORE) E DELLE RISORSE RICHIESTE (FISICHE E LOGICHE), CHE SONO ALLOCATE (ARRANGED) E CONFIGURATE, IN MODO DA FORMARE UNA RETE LOGICA **COMPLETA**, ATTA A SODDISFARE CERTE CARATTERISTICHE DI RETE (3GPP TR 28801).

NSI **COMPLETA**, SE INCLUDE TUTTE LE FUNZIONI E RISORSE NECESSARIE PER SUPPORTARE UN DETERMINATO INSIEME DI SERVIZI DI COMUNICAZIONI ELETTRONICHE, SODDISFACENDO, IN TAL MODO, UNA DATA FINALTA' DI BUSINESS.

NSI CREATA TRAMITE IL «NETWORK SLICE TEMPLATE», OSSIA LA DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA (E COMPONENTI, OSSIA NFs IVI CONTENUTE) E DELLA CONFIGURAZIONE DELLA NETWORK SLICE E RELATIVA POLICY, E TRAMITE LE INFORMAZIONI SPECIFICHE DELLA NETWORK INSTANCE (ULTRA-LOW-LATENCY, ULTRA-RELIABILITY, ETC.).

3GPP TS 28530 pag. 31

CLOSED LOOP PER L'ASSURANCE DELLE SPECIFICHE DEL LIVELLO DI SERVIZIO (SLS, SERVICE LEVEL SPECIFICATIONS): INSIEME DI SERVIZI DI GESTIONE ATTUATI IN CONTROL LOOP NEGLI STEP MONITORAGGIO, ANALISI, DECISIONE, ESECUZIONE, PER GARANTIRE [IL LIVELLO DI SERVIZIO SLS] PREFISSATO DEL SERVIZIO DI COMUNICAZIONE.

SERVICE LEVEL SPECIFICATION (SLS) : UN INSIEME DI REQUISITI DEL LIVELLO DI SERVIZIO ASSOCIATO A UN SLA (SERVICE LEVEL AGREEMENT), CHE UNA NETWORK SLICE DEVE SODDISFARE.

IL DIMENSIONAMENTO DELLE RISORSE USATE DAL SERVIZIO DI COMUNICAZIONE E' COMPLETATO DALLA CONTINUA ITERAZIONE ATTUATA NEI VARI STEP DEL CONTROL LOOP PER LA GARANZIA (ASSURANCE) DELLE SPECIFICHE SLS.

IL CLOSED LOOP PER L'ASSURANCE DI SLS PUO' ESSERE DISPIEGATO A LIVELLO DI DOMINIO O ATTRAVERSO PIU' DI UN DOMINIO.

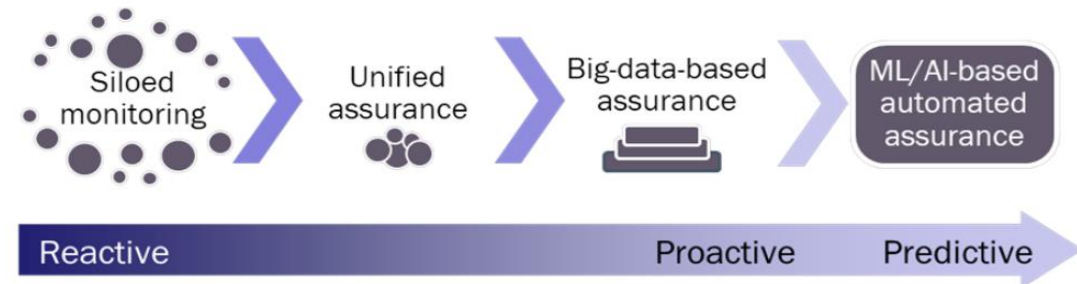
ASSURANCE 5G INTEGRATA DA AI/ML

PERCHÉ AI/ML NELL'ASSURANCE 5G

- ❑ MIGLIORA IL SERVIZIO ASSURANCE TRADIZIONALE, BASATO SU BIG DATA E ALGORITMI DI ANALITICA, GRAZIE A FUNZIONALITÀ AVANZATE DI CONTROLLO ADATTIVO, DI RILEVAZIONE DI EVENTI ANOMALI, E DI ABILITAZIONE ALLA PRESA DI DECISIONI IN TEMPO REALE.

SW AVANZATI IN USO TUTTORA SUPPORTANO IL RILEVAMENTO AUTOMATICO DI GUASTI, MA OCCORRE AD OGGI CHE LE REGOLE SIANO CREATE MANUALMENTE, IL CHE RICHIEDE ESPERTI COMPETENTI IN MATERIA.

- ❑ AI/ML ADOTTATO NEL 5G ABILITA E AUTOMATIZZA IL NETWORK SLICING DINAMICO TRAMITE:
 - PREDIZIONE DI PATTERN DI TRAFFICO
 - ANALISI DELLE CONDIZIONI DI RETE IN UNA COMPLESSITÀ MULTI-DOMINIO (RAN/CORE/EDGE/OT)
 - GENERAZIONE DI INSIGHTS (INTUIZIONI)
 - ALLOCAZIONE E RIALLOCAZIONE DINAMICA DELLE RISORSE, PER SODDISFARE I FABBISOGNI SPECIFICI DI OGNI SLICE.
- ❑ GLI ALGORITMI REINFORCEMENT LEARNING (RL) E DEEP LEARNING (DL) SONO NECESSARI PER GESTIRE COMPLESSI PROCESSI DI DECISION-MAKING, CHE L'ORCHESTRAZIONE DELLA SLICE ATTUERA'. ESSI POSSONO AUTONOMAMENTE APPRENDERE DAI DATI DI RETE, OTTIMIZZARE LE RISORSE E BILANCIARE I CARICHI TRA LE SLICE SENZA ALCUN INTERVENTO UMANO.



Source: Analysys Mason, 2020

INTERVENTI DI AI/ML NEL CICLO DI VITA DELLA SLICE

1. FASE DI DESIGN / ONBOARDING

- **TRADUZIONE DEI REQUISITI DEL CLIENTE («VERTICAL») IN INTENT GRAZIE A NLP Natural Language.../Gen AI:**
ES. “SLICE PER CONTROLLO ROBOT H24, LATENZA < 5 ms” TRADOTTO IN SLA E SLO TECNICI (OBIETTIVI DI LIVELLO DI SERVIZIO: QoS; QoE; MTTR ETC..)
- **CAPACITY PLANNING DATA-DRIVEN** (RADIO PLANNING, DEFINIZIONE KPI/KQI E POLICY DI ASSURANCE):
 - MODELLI ML PER STIMARE RISORSE MINIME PER GARANTIRE SLA DI UNA NUOVA SLICE (EMBB, URLLC, MMTC).

2. ISTANZIAZIONE / PROVISIONING

- **CREAZIONE DI NSI/NSS (NETWORK SLICE INSTANCE; NETW. SLICE SELECTION)**
- **ALLOCAZIONE INIZIALE DELLE RISORSE:**
 - SCELTA AUTOMATICA DI TEMPLATE DI CONFIGURAZIONE (PROFILO RAN, AMF/SMF/UPF, QoS PROFILE) IN BASE A STORIA DI SLICE SIMILI.
- **ADMISSION CONTROL:**
 - RL (REINFORCEMENT LEARNING) O SUPERVISED ML PER DECIDERE SE ACCETTARE UNA NUOVA SLICE O RICHIESTA DI CAPACITY BOOST.
 - PREVISIONE DEL RISCHIO DI SATURAZIONE, OSSIA CHE LA NUOVA SLICE COMPROMETTA QUELLE ESISTENTI IN QUESTE DUE FASI (SETUP) **AI/ML È PRESENTE**, MA L'ASSURANCE NON È ANCORA OPERATIVO.

3. RUNTIME ASSURANCE (FASE PRINCIPALE) (V. SLIDE SUCC.)

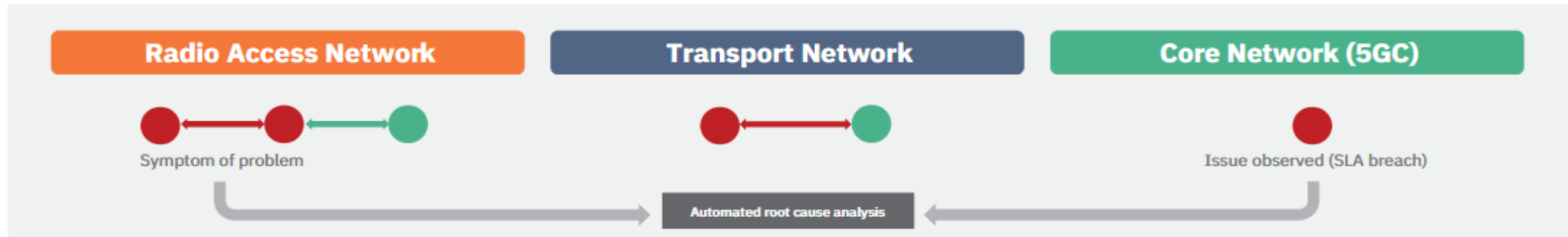
4. OPTIMIZE & EVOLVE

- **REINFORCEMENT LEARNING PER:**
 - TUNING CONTINUO DI POLICY,
 - ORCHESTRAZIONE DI SUB-SLICES (SUB-SLICING) E RE-DISTRIBUZIONE DELLE RISORSE.
- **AUTO-RETRAINING (RIADDESTRAMENTO):**
 - RETRAINING PERIODICO DEI MODELLI IN BASE AI LOG DELLA SLICE.

ADOZIONE DI AI/ML NEL SERVIZIO DI ASSURANCE DELLA SLICE

SI VERIFICA SOPRATTUTTO NELLA **FASE OPERATION (=RUNTIME)** DEL CICLO DI VITA DELLA SLICE, CON LE AZIONI:

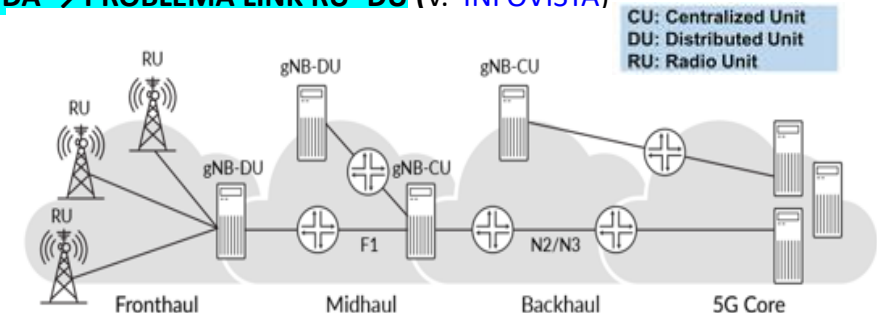
- **ANOMALY DETECTION MULTIVARIATA**
 - RILEVA PATTERN ANOMALI SU KPI DI SLICE (ES. VIOLAZIONI DI LATENCY/JITTER) PRIMA DEL BREACH FORMALE.
- **PREDIZIONE DI GUASTI / SATURAZIONI**
 - ANALISI DI SERIE TEMPORALI SULL'USO DELLA RISORSA, SU ERROR RATE, OCCUPAZIONE DEL BUFFER, PER PREVEDERE SATURAZIONI O GUASTI IMMINENTI.
- **ROOT CAUSE ANALYSIS (RCA)**
 - GRAPH-BASED MACHINE LEARNING (ML) **a**.



- RCA CONDOTTA DA GRAPH-BASED ML. INNESCATA DA SINTOMI DI PROBLEMI NELLA RAN OVVERO DA SLA BREACH SLICE X (ES. LATENZA) NELLA RETE CORE → QUALE OUTCOME DI RCA: **CONGESTIONE MIDHAUL (LINK TRA CU e DU) DOVUTA AD AMPIEZZA DI BANDA → PROBLEMA LINK RU-DU** (V. INFOVISTA)

- **POLICY-BASED CLOSED LOOP**
 - SE LATENZA SLICE X > SOGLIA PER Y SECONDI:
 - PRIORITÀ QoS FLOW RELATIVI,
 - RIALLOCA RISORSE RAN,
 - SPOSTA UPF VERSO EDGE PIÙ VICINO,
 - **SCALA ORIZZONTALMENTE NETWORK FUNCTIONS.**

CU e DU COMPONENTI DI BBU
(UNITA' DI BANDA BASE)

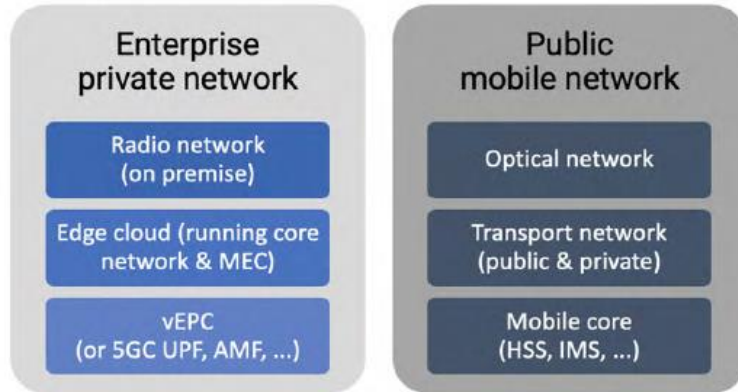


NOTA a GRAPH-BASED ML: SOTTOINSIEME DI TECNICHE ALGORITMICHE ML CHE OPERANO SU DATI RELAZIONALI STRUTTURATI COME GRAFI (ES. GRAPH NEURAL NETWORKS, GNNs). GNNs MODELLANO RELAZIONI E DIPENDENZE E SONO IN GRADO DI SCOPRIRE PATTERN, INFERIRE CORRELAZIONI, CHE ALTRE TECNICHE NON SONO IN GRADO DI FARE.

SERVICE ASSURANCE PER RETE SNPN

ANCHE NEL CASO DI RETE SNPN O PNI-NPN IBRIDA, MEDESIMI, IN CONFRONTO CON LA NETWORK SLICE, SONO, IN GENERALE, I TASK E I CRITERI CUI SONO INFORMATI, SVOLTI DAL SERVICE ASSURANCE, OSSIA:

- ❑ IL CICLO DI VITA DELLA NETWORK SLICE INSTANCE O DEL SERVIZIO DI RETE (ES. CASO SNPN). PER SNPN: 1. PLAN & DESIGN; 2. BUILD % INSTANTIATION (DEPLOYMENT RAN/CORE/TRANSPORT; ONBOARDING DEVICE UE); 3. RUN & ASSURE (MONITORAGGIO e CLOSED LOOPS); 4. OPTIMIZATION (AZIONI CORRETTIVE ES. SCALING; 5. DECOMMISSIONING).
- ❑ ASSURANCE SU CIASCUNO DEI DOMINI DI RETE CHE ABILITANO LA SLICE/SERVIZIO DI RETE.



NEL CASO DI RETI PRIVATE MOBILI OFFERTE COME SERVIZIO DAGLI OPERATORI MNO, ALCUNI DOMINI SONO SPECIFICI DI CIASCUN CLIENTE IMPRESA O PREMISE, MENTRE ALTRI SONO COMUNI A TUTTE LE ISTANZE DI NPN (AD ES. FORNITI DALL'INFRASTRUTTURA DI MNO).

OGNI DOMINIO HA LA SUA PROPRIA AUTONOMIA E INDIPENDENZA, MA ALLO STESSO TEMPO E' UNA RISORSA E2E PER L'ORCHESTRATORE DEL SERVIZIO DI ASSURANCE.

PERTANTO, OGNI DOMINIO HA LA SUA PROPRIA ORCHESTRAZIONE, IL MONITORAGGIO DEI KPIs, L'AUTOMAZIONE CLOSED LOOP, IL SELF-HEALING ETC. E FORNISCE UN'INTERFACCIA (API) ALL'ORCHESTRATORE DEL SERVIZIO DI ASSURANCE E2E.

ESEMPI DI DOMINI DI RETE IN UNA SNPN E SLICE.

- ❑ RILEVAZIONE IN TEMPO REALE E PREDIZIONE (ES. AI/ML) DI PROBLEMI AVENTI IMPATTO NEGATIVO SULLE PRESTAZIONI DI RETE PRIVATA (SLICE OVVERO SNPN), BASATA SULLA CORRELAZIONE DI UNA MOLTEPLICITA' DI FONTI DI DATI. AZIONI AI/ML:

NETWORK SLICE (PLMN)

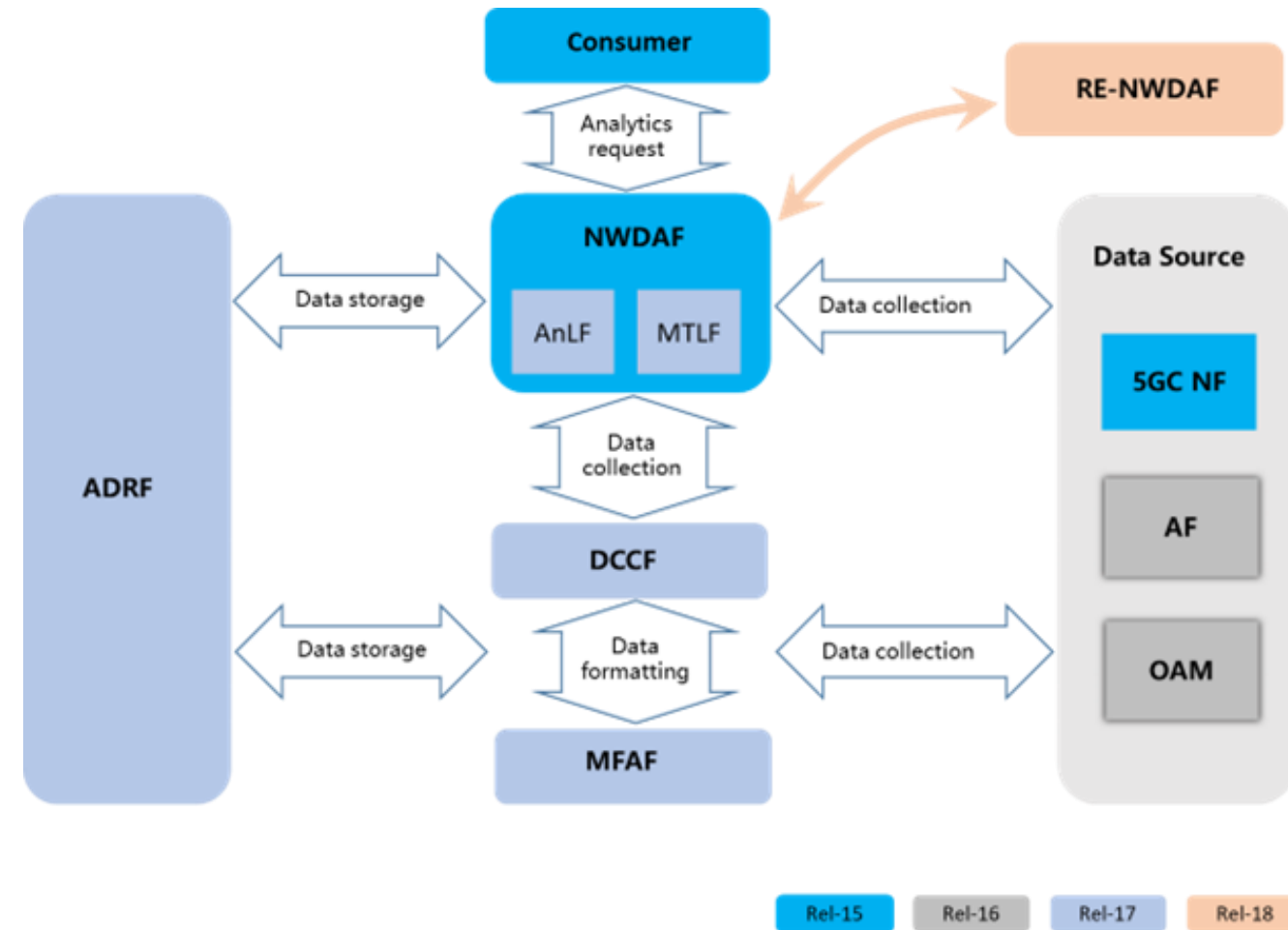
- SLA PREDICTION PER SLICE
- ALLOCAZIONE DINAMICA RISORSE
- rAPPs/xxAPPs RIC PER OTTIMIZZAZIONE RAN
- NWDAF ANALYTICS
- CLOSED-LOOP RAN-CENTRIC

SNPN (RETE PRIVATA 5G)

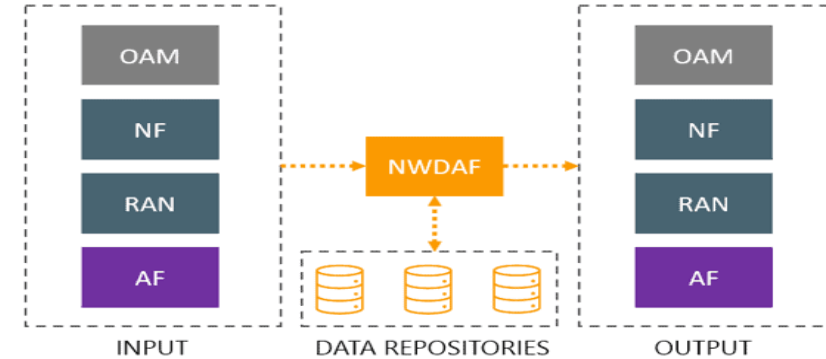
- ANOMALY DETECTION END-TO-END
- RCA (ROOT CAUSE ANALYSIS) INTEGRATA CON SISTEMI OT
- OTTIMIZZAZIONE RAN + CORE + TRANSPORT
- CLOSED-LOOP CROSS-DOMAIN
- FOCUS SU CONTINUITÀ OPERATIVA

- ❑ PRIORITIZZAZIONE DEI CLIENTI CHE POTENZIALMENTE SUBISCONO L'IMPATTO PIU' SEVERO SUL SERVIZIO LORO RESO DISPONIBILE (SOLO PER SLICE E2E). S
- ❑ AUTOMAZIONE DELLE DECISIONI E DELL'ORCHESTRAZIONE PER L'ATTUAZIONE DI AZIONI CORRETTIVE.

ARCHITETTURA DEGLI ABILITATORI DELL'AUTOMAZIONE DELLA RETE DEFINITI DA 3GPP (I)



ARCHITETTURA, CHE FA LEVA SULL'ESPOSIZIONE DEI DATI 5G E SUL RUOLO FONDAMENTALE DI NWDAF ED E' VOLTA AL MIGLIORAMENTO DI: NETWORK PERFORMANCE; OPERATIONAL ASSURANCE E RESOURCE UTILIZATION.



NWDAF (NETWORK DATA ANALYTICS FUNCTION) (3GPP TS 29.520), AUTOMATIZZA LA RACCOLTA DEI DATI DA ALTRE FUNZIONI DI RETE ED ELABORA E FORNISCE ANALITICHE STANDARDIZZATE, SPECIFICHE PER LA TELCO E INSIGHTS (INTUIZIONI) CHE ABILITANO L'AUTOMAZIONE E L'OTTIMIZZAZIONE DELLE DECISIONI.

MTLF = Model Training Logical Function (3GPP Release 17)

AnLF = Analytics Logical Function (3GPP Release 17)

DCCF = Data Collection Coordination Function. (3GPP TS 29.574)

ADRF = Analytics data Repository Function (3GPP TS 29.575)

MFAF = Messaging Framework Adaptor Function (3GPP TS 29.576)

AF = Application Function

OAM = Operation, Administration, and Maintenance.

5GC = 5G Core Network; **NF** = Network Function

NSSF = Network Slice Selection Function; **PCF** = Policy Control Function

PFD = Packet Flow Description

Architettura degli abilitatori dell'automazione della rete definiti da 3GPP. Fonte 3GPP

<https://www.3gpp.org/technologies/nae-5gs-ct3>

ARCHITETTURA DEGLI ABILITATORI DELL'AUTOMAZIONE DELLA RETE DEFINITI DA 3GPP (II)

ARCHITETTURA “SERVICE ORIENTED” CHE GARANTISCE ELEVATA EFFICIENZA E CYBERSECURITY ALLE INTERAZIONI TRA LE FUNZIONI NFs RESIDENTI NELLA RETE CORE, IMPERNIATA SULLA NF NWDAF.

NWDAF, A SEGUITO DI RICHIESTA DI ELABORAZIONE DI ANALITICHE PROVENIENTI DAL CONSUMER (es. PCF, POLICY CONTROL FUNCTION; NSSF NETWORK SLICE SELECTION FUNCTION), SUO SOTTOSCRITTORE DELLA PRESTAZIONE RESA DA NWDAF:

- ❑ RACCOGLIE, DA SORGENTI DATI DEDICATE, DATI DELLA RETE, DATI DI SERVIZIO; DI GESTIONE E/O DI PRESTAZIONE DEL DEVICE UE (D'UTENTE).
- ❑ PROCESSA E GENERA ANALITICHE AFFIDABILI CHE CONSENTANO AL CONSUMER IL MIGLIORAMENTO DELLA USER EXPERIENCE E DELLA PRESTAZIONE DI RETE.

TIPI RICHIESTE CONSUMER, AD ES.:

- ❑ ANALISI DEL LIVELLO DI CARICO DELLA SLICE COSTITUITA SULLA RETE, DI SUPPORTO ALLE DECISIONI DI POLICY/QUALITA' DEL SERVIZIO (QoS) FORNITO SULLA MPN, E/O
- ❑ ESECUZIONE DEL PROCESSO DI SELEZIONE DELLA SLICE:

LE INFORMAZIONI DI ANALITICA RESE DISPONIBILI DA NWDAF DI RIFERISCONO O A EVENTI INCORSI NEL PASSATO O DEL TIPO PREDITTIVO DEL FUTURO.

NELLA RELEASE 16, 3GPP HA ESTESO LE SORGENTI DEI DATI ALLE APPLICATION FUNCTIONS (AF) E/O A OAM (OPERATION ADMINISTRATION AND MAINTENANCE).

LA NWDAF PROCESSA I DATI RACCOLTI PER L'EFFETTUAZIONE DI ANALITICHE IN SVARIATI SCENARI. AD ES., NEL CASO DI COMPORTAMENTO ANOMALO DEL DEVICE D'UTENTE (UE), L'ANALITICA FA RILEVARE HANDOVER DEL TIPO PING-PONG E VIETARE IN MODO TEMPESTIVO CHE POSSA COMUNICARE IL DEVICE UE HACKERATO.

NELLA RELEASE 17, NWDAF E' STATO DECOMPOSTO IN 2 FUNZIONALITA':

- **FUNZIONE LOGICA DI ADDESTRAMENTO (MACHINE TRAINING LOGICAL FUNCTION MTLF)**
- **FUNZIONE LOGICA DI ANALITICA (ANALYTICS LOGICAL FUNCTION, ANLF).**

IL MTLF ADDESTRA I MODELLI DI MACHINE LEARNING ED ESPONE NUOVI SERVIZI DI ADDESTRAMENTO.

IL ANLF EFFETTUA INFERENZE, ELABORA E FORNISCE SERVIZI DI ANALITICA.

RUOLO CHIAVE NEL SERVICE ASSURANCE DELL'ORCHESTRAZIONE E DELL'AUTOMAZIONE

I COMPITI DEL SERVICE ASSURANCE NON SI ESAURISCONO NELLA RACCOLTA ED ANALISI DEI DATI. OCCORRE CHE I DATI RISULTANTI DALLE ANALITICHE SIANO INTEGRATI NEI MODELLI DELL'ORCHESTRAZIONE DEL SERVIZIO END-TO-END (ES. ETSI OSM, LF ONAP,ECC.), AI FINI DEL CONSEGUIMENTO DEI TARGET DI AVAILABILITY, RELIABILITY ECC. PER LA RETE PRIVATA 5G.

DETTI MODELLI FORNISCONO, TRAMITE PORTALE (V. AD ES. ONAP) INTERFACCE PER LA DEFINIZIONE DI POLICIES PER IL RISPETTO DEGLI SLAs E CONSEGUENTEMENTE RENDONO DISPONIBILI LE NECESSARIE CONFIGURAZIONI AGLI ELEMENTI DI RETE.

INOLTRE IN ESSI SONO INTEGRATE ENTITA' DI MONITORAGGIO IN GRADO DI INDIVIDUARE I PROBLEMI DI PERFORMANCE O I GUASTI ED EFFETTUARE LE AZIONI CORRETTIVE, TRAMITE OPERAZIONI DI SCALABILITA' E/O DI AUTORIPRAZIONE.

L'APPROCCIO "CLOSED LOOP CONTROL" NELLO SVOLGIMENTO DI AZIONI CORRETTIVE/PREDITTIVE RICHIEDE NECESSARIAMENTE UN ELEVATO GRADO DI AUTOMAZIONE NELLA INSTANTIATION/PROVISIONING DI SERVIZI AD ELEMENTI DI RETE.

IN PARTICOLARE AD OGNI RILEVAZIONE DI DEGRADO DEL SERVIZIO O DI PREDIZIONE DELLO STESSO, IN VIRTU' DI PROCEDURE AUTOMATICHE, IL SISTEMA DOVREBBE ESSERE IN GRADO DI APPORTARE UN SET AGGIUNTIVO DI RISORSE SENZA NESSUN INTERVENTO MANUALE.

IN TAL MODO SAREBBERO GARANTITI TEMPI DI REAZIONE RAPIDI AD OGNI ANOMALIA DELLA RETE E CIO' SAREBBE FONDAMENTALE PER RISPETTARE I PARAMETRI PRESTAZIONALI DELLE RETI PRIVATE 5G, DETTATI DAGLI SLAs.

ONAP, PIATTAFORMA OPEN SOURCE FORNITA DA LINUX, RENDE DISPONIBILE UNA SOLUZIONE DI ORCHESTRATORE DI SERVIZIO, OSSIA DI "CLOSED CONTROL LOOP AUTOMATION", CHE ATTUA LA NECESSARIA AUTOMAZIONE PER UNA RISPOSTA PROATTIVA A CONDIZIONI DI RETE E DI SERVIZIO INCIDENTI NEGATIVAMENTE SUL RISPETTO DEGLI SLAs, CHE NON RICHIEDE INTERVENTO UMANO, RIVESTENDO, PERTANTO UN RUOLO FONDAMENTALE NEL QUADRO DEL SERVIZIO DI ASSURANCE.

PIATTAFORMA ONAP

ONAP (OPEN NETWORK AUTOMATION PLATFORM): PIATTAFORMA **OPEN SOURCE**, PROGETTATA DALLA **FONDAZIONE LINUX (2017)**, POSTA AL DISOPRA DEL LIVELLO «NETWORK INFRASTRUCTURE LAYER», CHE SI PRESENTA COME UN'ARCHITETTURA MODULARE SU VARI LIVELLI, CHE CONSENTE L'ORCHESTRAZIONE ED AUTOMATIZZAZIONE, IN TEMPO REALE, DI FUNZIONI DI RETE (NFs), FISICHE, VIRTUALI, O CLOUD-NATIVE, PER IL DEPLOYMENT DI NUOVI SERVIZI, OTTIMIZZANDO COSTI **CapEx** e **OpEx** E PRESTAZIONI TRAMITE L'USO DI SDN (SOFTWARE DEFINED NETWORK) E NFV (NETWORK FUNCTION VIRTUALIZATION).

IN TAL MODO ABILITA ORGANIZZAZIONI IN VESTE DI UTENTI FINALI E I LORO FORNITORI DI RETE, Sw, IT E CLOUD, NONCHE' SVILUPPATORI, AD ISTANZIARE, IN MODO COLLABORATIVO, NUOVI ELEMENTI E SERVIZI DI RETE E A SUPPORTARE UNA GESTIONE COMPLETA DEL CICLO DI VITA (PROGETTAZIONE, PIANIFICAZIONE, FATTURAZIONE, ASSURANCE E DISATTIVAZIONE DEL SERVIZIO DI RETE/CLOUD IMPLEMENTATO).

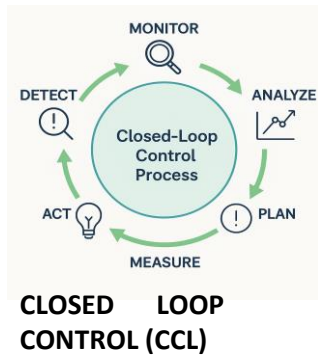
E' COMPOSTO DA MOLTI SOTTOSISTEMI Sw, CHE RISPONDONO AI DUE PRINCIPALI MODELLI ARCHITETTURALI:

1. MODELLO **DESIGN-TIME**: UN AMBIENTE PER DEFINIRE, PROGETTARE E PROGRAMMARE SULLA PIATTAFORMA RISORSE, SERVIZI E PRODOTTI.
2. MODELLO **RUN-TIME (ESECUZIONE)**: UN AMBIENTE PER ESEGUIRE LE REGOLE E LE POLICIES DISTRIBUITE DALL'AMBIENTE DI PROGETTO (DESIGN-TIME) E PER LA CREAZIONE E GESTIONE, DELL'INTERO CICLO DI VITA DEL SERVIZIO DI RETE/CLOUD A PARTIRE DALL'ISTANZIAZIONE DELLE RISORSE DI RETE, TRAMITE MODULI, TRA CUI: **DCAE** (DATA COLLECTION ANALYTICS AND EVENTS); **SO** (SERVICE ORCHESTRATOR) CHE ESEGUE I PROCESSI SPECIFICATI, AUTOMATIZZANDO SEQUENZE DI ATTIVITA'; **A&AI** (ACTIVE AND AVAILABLE INVENTORY), CHE FORNISCE VISIBILITA' IN TEMPO REALE DELLE RISORSE DEL SISTEMA, **SDNC** (Sw DEFINED NETW. CONTROLLER), **PF** (POLICY FRAMEWORK) E TRAMITE IL SECURITY FRAMEWORK.

IN UNA RETE MOBILE PRIVATA, IL SERVICE ASSURANCE DEVE NON SOLO MONITORARE KPIs SODDISFACENTI SLAS, MA ANCHE PREDISPORRE UNA REAZIONE RAPIDA E AUTOMATIZZATA A DEGRADAZIONI O FAULT.

IL PARADIGMA CHE ABILITA QUESTO APPROCCIO È IL **“CLOSED CONTROL LOOP” (CCL)**, UN CICLO AUTOMATICO DI: OSSERVAZIONE → ANALISI → PROGRAMMAZIONE → MISURAZIONE → AZIONE → RILEVAZIONE, CHE OSSERVA IL COMPORTAMENTO DI UN SERVIZIO DI RETE E INTERVIENE (CLOSED) IN AUTONOMIA PER MANTENERLO ENTRO I PARAMETRI RICHIESTI DAGLI SLAs

CLAMP, CONTROL LOOP AUTOMATION MANAGEMENT PLATFORM» È UN MODELLO DI ORCHESTRATORE SU PIATTAFORMA DI ONAP (A PARTIRE DALLA RELEASE DI INSTANBUL E' INCORPORATO NEL MODELLO «POLICY FRAMEWORK» DI ONAP), CHE PROGETTA, CONFIGURA SECONDO I PARAMETRI SPECIFICI DEL SERVIZIO DI RETE, MONITORA ED ESEGUE I **CCL**, IN OTTICA AUTOMAZIONE, OTTIMIZZAZIONE DELLA PRESTAZIONE E GESTIONE DEL CICLO DI VITA, AVVALENDOSI DI ANALITICHE DI RETE E DI DECISIONI SIPPORTATE DA AI/ML.



LA SLIDE SEGUENTE FORNISCE UNA RAPPRESENTAZIONE GRAFICA “HIGH LEVEL” DEL PROCESSO DI AUTOMATIZZAZIONE CLOSED CONTROL LOOP, DISCIPLINATO DA CLAMP, IN BASE ALLE REGOLE DEFINITE NEL COMPONENTE DI ONAP POLICY FRAMEWORK.

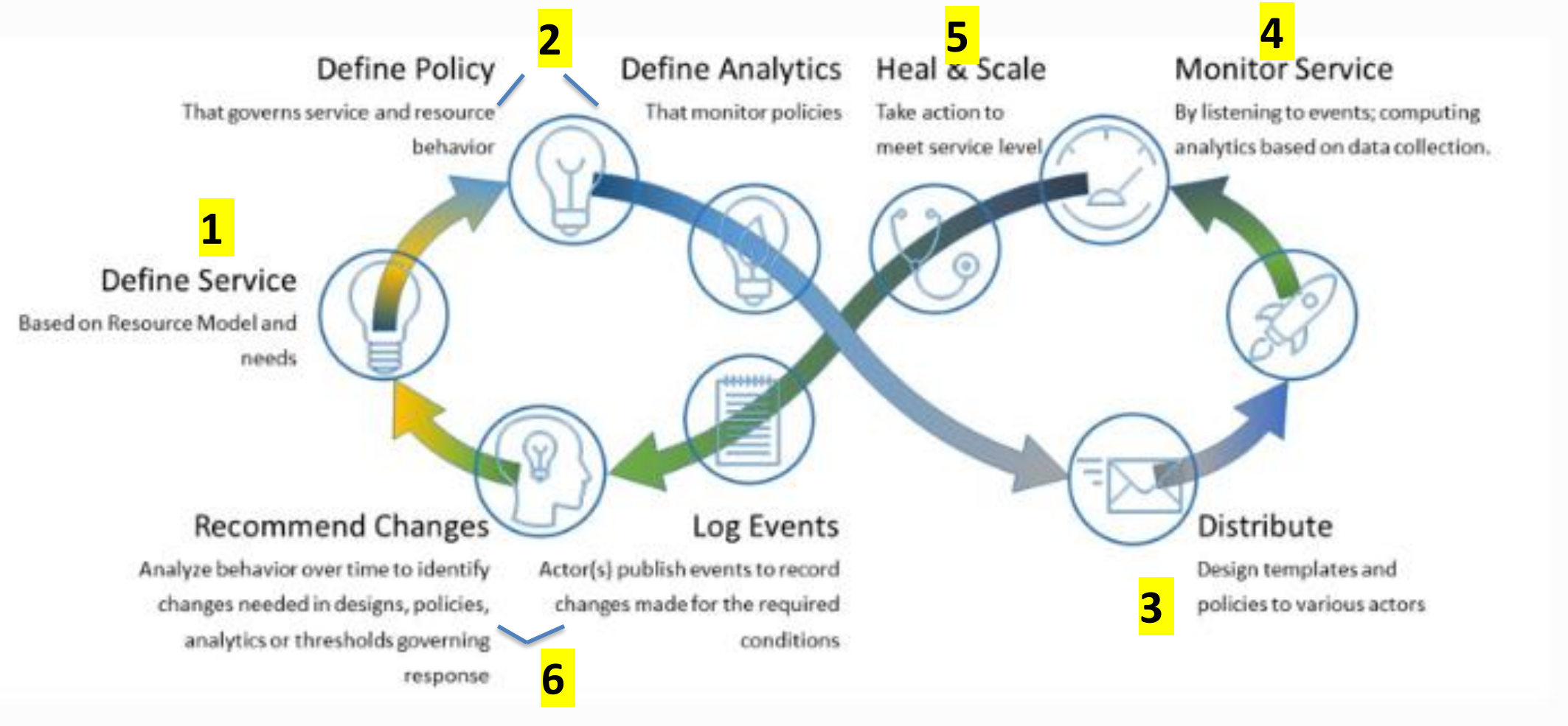
VANTAGGI CON CLAMP PER L'OPERATORE (ES. MNO) DI RETE PRIVATA MOBILE, CHE INTEGRA NELLA PROCEDURA DI ASSURANCE, CLAMP DI ONAP O UN

MODELLO SIMILARE:

- ❑ UN PIU' ELEVATO GRADO DI AUTOMAZIONE NELLA CONFIGURAZIONE/PROVISIONING DELLE FUNZIONI DI RETE
- ❑ VALORI CON UN PIU' ELEVATO GRADO DI SENSITIVITA' PER LE METRICHE D'INTERESSE.
- ❑ IDEALMENTE SI POTREBBE PERVENIRE A UN MODELLO DI GESTIONE DI RETE E SERVIZI COMPLETAMENTE «ZERO-TOUCH».

<https://docs.onap.org/en/latest/ecosystem/architecture/index.html#onap-architecture>

RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA HIGH LEVEL DI: ONAP Closed Control Loop Automation



ONAP: Closed Loop Automation (6 Fasi)

STEP 1 «DEFINE SERVICE»: DEFINIZIONE DEL SERVIZIO (AD ES. UNA VNF – *VIRTUAL NETWORK FUNCTION* O UN NS – *NETWORK SERVICE*), INCLUDENDO:

- RESOURCE MODEL (MODELLO DELLE RISORSE)
- REQUISITI DI PERFORMANCE E LE SOGLIE (SLA)
- PARAMETRI CHE DESCRIVONO COSA SIGNIFICA “SERVIZIO IN SALUTE”: KPIs DI RETE: LATENZA, THROUGHPUT, JITTER; KPI DELLE VNF: CPU, RAM, PACKET DROPS; DISPONIBILITÀ; N.ro SESSIONI ATTIVE / RICHIESTE AL SECONDO. OUTPUT: DESCRIZIONE FORMALE DEL SERVIZIO IN ONAP.

STEP 2 «DEFINE POLICY & DEFINE ANALYTICS IN ORCHESTRATORS» DEFINIZIONE NELL’ORCHESTRATORE DELLE POLICIES (TRA CUI REGOLE OPERATIVE DEL CLOSED LOOP) IN FUNZIONE DEI KPIs DA MONITORARE: HEALING (AUTO-HEAL), POLITICHE DI REROUTING, SCALING (AUTO-SCALE), LE SOGLIE DEI MEDESIMI, TRIGGER, E LE AZIONI DA ADOTTARE OGNI VOLTA CHE LE SOGLIE SIANO RAGGIUNTE. DEFINIZIONE DELLE ANALITICHE, CHE SONO CORRELATE ALLE POLICIES PREDEFINITE.

REGOLE DI COMPORTAMENTO DEL CLOSED LOOP.

STEP 3: «DISTRIBUTE»: LE POLICIES E I TEMPLATE (MODELLI) DI AUTOMAZIONE VENGONO DISTRIBUITI AI COMPONENTI CHE LI DEVONO USARE:

- DCAE – DATA COLLECTION ANALYTICS AND EVENTS, CHE RACCOGLIERA’ DATI E LI ANALIZZERA’
- EDGE MONITORING AGENTS, CHE COLLEZIONANO METRICHE IN TEMPO REALE
- ORCHESTRATORI E ALTRI ATTORI.

OUTPUT: ATTIVAZIONE DEGLI AGENTI DI MONITORAGGIO

STEP 4 «MONITOR SERVICE»: RACCOLTA CONTINUA DI EVENTI E METRICHE:

METRICHE DI RETE; METRICHE DELLE VNF (VIRTUAL NETW. FUNCTION)/ NFVI (NETW. FUNCTION VIRTUALISATION INFRASTRUCTURE); ANOMALIE RICONOSCIUTE DA ALGORITMI ANALITICI IL COMPONENTE CHIAVE È **DCAE**, CHE EFFETTUA ELABORAZIONI DI **ANALITICHE** IN TEMPO REALE (ES. GRAZIE ALL’IMPIEGO DI AI/ML, ALLOCATO TIPICAMENTE IN DCAE) PER RILEVARE CONDIZIONI DI NON CONFORMITA’ AI SLAs.

OUTPUT: RILEVAMENTO DI EVENTI SIGNIFICATIVI O DEVIAZIONI.

STEP 5. «HEAL& SCALE» QUANDO VIENE INDIVIDUATA UNA CONDIZIONE FUORI SOGLIA, I MANAGER DI POLICY A LIVELLO DI ORCHESTRATORE O DI CONTROLLER ESEGUONO AZIONI AUTOMATICHE RIGUARDO A :

CAMBI DI TOPOLOGIA; OPERAZIONI DI SCALATURA (SCALE-OUT, SCALE-IN); OPERAZIONI DI HEALING (RESTART, REINSTATIATE); MODIFICHE DI ROUTING / CONFIGURAZIONE DINAMICA QUI INTERVENGONO CONTROLLERS E ORCHESTRATORE. MECCANISMI: PEP – POLICY ENFORCEMENT POINT; SO – SERVICE ORCHESTRATOR

OUTPUT: IL SISTEMA PRENDE DECISIONI OPERATIVE IN AUTONOMIA, AVENDO COME TARGET IL SODDISFACIMENTO DEI SLAs.

STEP 6. «LOG EVENTS&RECOMMENDED CHANGES»

GLI EVENTI VENGONO REGISTRATI E ANALIZZATI NEL TEMPO REALE PER INDIVIDUARE: PATTERN RICORRENTI; POLICIES INEFFICACI; PARAMETRI MIGLIORABILI

QUESTA FASE GENERA **FEEDBACK PER L’OTTIMIZZAZIONE CONTINUA CON INDIVIDUAZIONE DI AZIONE PREVENTIVA DA ADOTTARE**. IL FEEDBACK E’ INTEGRATO CON MODELLI DI AI/ML BASATI SU DATI PER L’ADDESTRAMENTO ALGORITMI DI ML, DI CUI SONO DOTATI GLI ORCHESTRATORI.

OUTPUT: MIGLIORAMENTI DI DESIGN, SOGLIE E ALGORITMI ANALITICI.

CONCLUSIONI

IL NETWORK SLICING E' UNA FUNZIONALITA' CRUCIALE NELLE RETI 5G, CHE OFFRE UN FLUSSO DI RICAVI POTENZIALE PER GLI OPERATORI MNO, DAL MOMENTO CHE ESSI SONO IN GRADO DI GARANTIRE AI LORO CLIENTI (REGIME MULTI-TENANCY) UNA QUALITA' DI SERVIZIO GARANTITA, PER UNA MOLTEPLICITA' DI CASI D'USO.

GARANTIRE IL FUNZIONAMENTO DEL NETWORK SLICING CONFORMEMENTE AI SLAs, E' PARTE DI UNA SOLUZIONE AVANZATA DI ASSURANCE, CHE CONSENTE AGLI OPERATORI DI MONITORARE LA PERFORMANCE DI CIASCUNA SLICE IN TEMPO REALE E ATTRAVERSO TUTTI I DOMINI, AL FINE DI ASSICURARE L'OTTIMIZZAZIONE LUNGO L'INTERO CICLO DI VITA.

LA SOLUZIONE AVANZATA DI ASSURANCE NON SOLO OPERA SULLA SLICE E SUL TROUBLESHOOTING, MA CONSENTE ANCHE AGLI OPERATORI DI PERVENIRE AD UN APPROCCIO CLOSED-LOOP NEL GESTIRE LE LORO NETWORK SLICES, IN VIRTU' DEL DISPIEGAMENTO DI UN'ASSURANCE AUTOMATIZZATA BASATA SULLA FUNZIONE NWDAF.

NWDAF RACCOGLIE, EFFETTUA CORRELAZIONI ED AGGREGA I DATI PROVENIENTI DA UNA MOLTEPLICITA' DI SORGENTI, RILEVANDO LE SLICE AFFETTE DA UN RIDOTTO QoE, ALLO SCOPO DI OTTIMIZZARE L'ORCHESTRAZIONE DELLA CAPACITA' DELLA RETE IN TERMINI DI RISORSE.

CON L'INTEGRAZIONE DI FUNZIONALITA' AI/ML, LA SOLUZIONE DI ASSURANCE E' IN GRADO DI AUTOMATIZZARE L'INTERO PROCESSO, RIDUCENDO I COSTI OpEX, MA NEL CONTEMPO ASSICURANDO UNA SUPERIORE CUSTOMER EXPERIENCE.

IN SINTESI, 5G E LE RETI PRIVATE SONO IN RAPIDA EVOLUZIONE, MA L'ESPERIENZA DELL'UTENTE E' UN ELEMENTO FONDAMENTALE PER IL LORO SUCCESSO.

MENTRE VELOCITA' PIU' ELEVATE, LATENZA ULTRA-LOW E AFFIDABILITA' (FIVE NINES) SONO NECESSARIE PER LE APPLICAZIONI AVANZATE BASATE SU ANALITICHE, DIGITAL TWINS, ETC., LA MONETIZZAZIONE DI QUESTE RETI NON SCATURIRA' TANTO DA QUESTI BENEFICI INDIRETTI, QUANTO PIUTTOSTO DALL'IMPLEMENTAZIONE DI UNA APPROPRIATA INFRASTRUTTURA DI SERVIZIO DI ASSURANCE PER LA MISURA DEI KPIs E DI MODELLI DI UN LORO MONITORAGGIO CHE SI TRADUCANO IN AZIONI CORRETTIVE E PREVENTIVE, CHIAVI DI UN AUTENTICO SUCCESSO.



«The long and winding road [...] will never disappear»
The Beatles

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

Contatti: cell. 3382093572

GMAIL: LUPRINZI@GMAL.COM

[linkedin.com/in/luigi-prinzi-9b78a0195](https://www.linkedin.com/in/luigi-prinzi-9b78a0195) (gia' TELECOM ITALIA)



Ing. Relatore LUIGI PRINZI

Titolo Intervento SERVICE ASSURANCE E OTTIMIZZAZIONE OPERATIVA IN RETI 5G PRIVATE (MPN) CHE INTEGRANO AI/ML