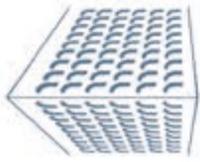


Poste Italiane S.p.A. - Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 353/03 art. 70% Roma Aut C/RM/10/2014 - ISSN 2284-4333

- ▶ MOBILITÀ SOSTENIBILE NELLE AZIENDE, ENTI ED ISTITUZIONI SCOLASTICHE: NORMATIVA E STRUMENTI PER LA PIANIFICAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI SISTEMATICI
- ▶ L'AI ACT COME CINTURA DI SICUREZZA PER L'UNIONE EUROPEA: PROSSIMI PASSI E IMPATTO SULLA FILIERA DEL VALORE NEL SETTORE ASSICURATIVO
- ▶ FPGA (FIELD PROGRAMMABLE GATES ARRAY): PANORAMICA INTRODUTTIVA SULLE TECNOLOGIE IMPIEGATE
- ▶ LA CENTRALITÀ DELL'INTERMODALITÀ NEL PROCESSO DI CRESCITA DELL'HUB AEROPORTUALE LEONARDO DA VINCI: IL RUOLO DALLA STAZIONE DI FIUMICINO AEROPORTO E I POTENZIALI SCENARI EVOLUTIVI
- ▶ LAVORARE NELLA PA: IL RUOLO DEL TECNICO E LE NUOVE OPPORTUNITÀ





INGEGNER



IN COPERTINA
IMMAGINE DI REPERTORIO

RIVISTA
DELL'ORDINE
DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA
DI ROMA



TRIMESTRALE
ANNO XII - N. 1/2025



Ing. Massimo Cerri

In questo editoriale mi rivolgo a voi iscritti non solo come Presidente dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia, ma come ingegnere che vive quotidianamente le sfide della nostra professione.

Attraverso il lavoro volontario di numerosissimi colleghi possiamo realizzare seminari formativi, proporre agli organi istituzionali soluzioni concrete per risolvere problemi complessi, creare momenti di aggregazione. In semplici parole, si può: sostenere il funzionamento dell'intera macchina ordinistica.

E' evidente che, affinché ogni struttura funzioni l'impegno e l'apporto del singolo è fondamentale.

Dalla sinergia tra i membri si costruisce, tassello per tassello, quello che sarà un documento, un parere, un supporto o semplicemente l'individuazione di un corso di aggiornamento utile a migliorare le competenze di chi opera in un certo settore.

Chi agisce per conto dei Dipartimenti, delle Aree e delle Commissioni e dell' Ufficio per il Territorio sente che sta agendo a nome e per conto del Consiglio, e quindi come categoria e non come singolo soggetto.

Grazie all'impegno di tanti di voi, posso affermare che il nostro Ordine non è solo un ente di vigilanza e di certificazione, ma una vera e propria comunità viva e pro-attiva, capace di influenzare positivamente il tessuto professionale e sociale in cui operiamo. L'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma è un esempio di eccellenza e un punto di riferimento nazionale.

Contribuire alla nostra struttura significa crescere professionalmente e dare forma al futuro della professione.

Insieme, possiamo davvero fare la differenza.

Grazie



Ing. Massimo Cerri
Presidente
Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Roma



Ing. Maria Elena D'Effremo

Care Colleghe e cari Colleghi,
il 10 febbraio 2025 presso l'Aula Magna della Facoltà di Lettere dell'Università degli Studi Roma Tre si è svolto l'evento Θεματική 2025 – Tematiche 2025.

L'incontro è stato organizzato per riconoscere l'impegno delle Commissioni Tematiche e Open, sottolineando l'importanza delle attività tecniche e di networking che esse promuovono all'interno dell'Ordine degli Ingegneri di Roma.

Durante l'evento, il Consiglio dell'Ordine ha espresso gratitudine ai Presidenti delle Commissioni per il loro impegno e la loro dedizione. Sono state consegnate pergamene di riconoscimento in diverse categorie, tutte contraddistinte dalla preposizione "IN", simbolo di inclusività: IN/infrastrutturale, IN/sieme, IN/contro, IN/progress, IN/nova, IN/terconnessi, IN/dustria, IN/training, IN/ternazionale, IN/formazione. Le categorie menzionate riflettono il valore aggiunto che le Commissioni apportano all'interno dell'Ordine a vantaggio di tutti gli iscritti.

Le attività principali svolte dalle Commissioni, quali riunioni di confronto sulle problematiche relative alla professione e su temi normativi, organizzazione di seminari ed eventi, redazione di

articoli per la Rivista IO Roma, contribuiscono alla formazione continua e alla tutela della professione, nonché a far sì che l'Ordine sia un punto di riferimento per la professione, per le istituzioni e per la società civile, che crei network e aggregazione tra colleghi.

Le Commissioni rivestono quindi un ruolo cruciale all'interno dell'Ordine, senza mai dimenticare che la rappresentanza dell'Ordine è del Presidente del Consiglio.

L'evento è terminato con la lettura dell'Elogio dell'Ingegnere, colui che "con una soddisfazione che poche professioni conoscono, gode dei benefici senza fine che scaturiscono dai suoi successi: il verdetto dei suoi colleghi è il solo titolo d'onore che egli desidera".

Non mi resta che augurarvi buona lettura, ricordandovi che nell'ottica di un approccio più agile e mirato alla condivisione, anche IO Roma si è dotata di una pagina LinkedIn, "IO Roma Rivista dell'Ordine Ingegneri della provincia di Roma", che vi invito a seguire, così come vi invito a consultare la pagina <https://ioroma.info/>.



Ing. Maria Elena D'Effremo
Direttrice Editoriale

IO ROMA

RIVISTA - ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

N. 1/2025 Trimestrale N. 43 Anno XII

Direttrice Responsabile

Marialisa Nigro

Direttrice Editoriale

Maria Elena D'Effremo

Comitato di Redazione

Sezione A

Massimo Cerri
Silvia Torrani
Micaela Nozzi
Stefania Arangio
Fabrizio Averardi Ripari
Michele Colletta
Alessandro Fuschiotto
Marco Ghimenti
Giorgio Martino
Giovanni Nicolai
Paolo Reale
Mauro Villarini

Sezione B

Alfredo Simonetti

Amministrazione e redazione

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma
Tel. 06 4879311 - Fax 06 487931223

Direttore Artistico e Project Manager

Tiziana Primavera

Assistenza Editoriale

Leonardo Lavallo
Emanuela Cariani
Antonio Di Sabatino

Referente FOIR

Francesco Marinuzzi

Stampa

PressUp

Isritto al Registro della Stampa del Tribunale
di Roma
Il 22/11/2013, n. 262/2013

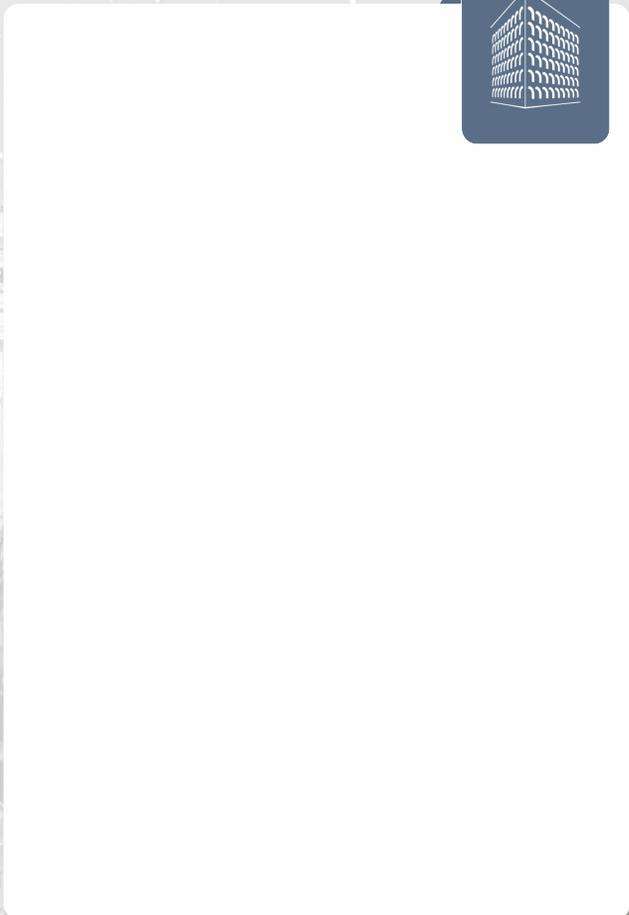
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma
www.ording.roma.it
segreteria@ording.roma.it
editoriale@ording.roma.it

Finito di stampare: Aprile 2025



MISTO
Carta da fonti gestite
in maniera responsabile
FSC® C109382



La redazione rende noto che i contenuti, i pareri e le opinioni espresse negli articoli pubblicati rappresentano l'esclusivo pensiero degli autori, senza per questo aderire ad esse. La Direzione declina qualsiasi responsabilità derivante dalle affermazioni o dai contenuti forniti dagli autori, presenti nei suddetti articoli.

CONTENUTI



10

Mobilità sostenibile nelle aziende, enti ed istituzioni scolastiche: normativa e strumenti per la pianificazione degli spostamenti sistematici

Prof. Matteo Colleoni, Ing. Andrea Pasotto, Ing. Giulia Carbone, Ing. Alberto Di Lernia, Ing. Lorenzo Bertuccio



20

L'AI Act come cintura di sicurezza per l'Unione Europea: prossimi passi e impatto sulla filiera del valore nel settore assicurativo

Ing. Lorenzo Ricciardi Celsi, Ing. Pietro Mancino



30

FPGA (Field Programmable Gates Array): panoramica introduttiva sulle tecnologie impiegate

Ing. Pier Francesco Maria Santi



46

La centralità dell'intermodalità nel processo di crescita dell'hub aeroportuale Leonardo da Vinci: il ruolo dalla stazione di Fiumicino Aeroporto e i potenziali scenari evolutivi

Ing. Riccardo Carrara, Ing. Andrea Ferracci, Ing. Stefano Lo Sardo, Ing. Filippo Alessandro Marciànò, Ing. Francesco Caratozzolo, Ing. Roberto Dall'Alba, Ing. Silvia Nardoni



62

Lavorare nella PA: il ruolo del tecnico e le nuove opportunità

Ing. Francesco Macera







a cura di:
**PROF. M. COLLEONI, ING. A. PASOTTO, ING. G. CARBONE,
ING. A. DI LERNIA, ING. L. BERTUCCIO**

Revisionato da:
ING. A. SPINOSA

Commissione:
MOBILITÀ ELETTRICA E SOSTENIBILE

MOBILITÀ SOSTENIBILE NELLE AZIENDE, ENTI ED ISTITUZIONI SCOLASTICHE: NORMATIVA E STRUMENTI PER LA PIANIFICAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI SISTEMATICI



Introduzione

Nonostante nel nostro Paese la figura del Mobility manager sia regolamentata da più di vent'anni¹, è solo negli ultimi anni che ha ricevuto attenzione nel settore pubblico e privato. In particolare il decreto 179 del 12 maggio 2021 fornisce il più importante contributo su definizione, ruolo e funzioni del Mobility manager e sugli ambiti amministrativi in cui nominarlo. Nel decreto viene posta attenzione al fatto che nelle attività di Mobility management, in assenza di interazione tra settore pubblico (enti locali, enti pubblici e istituzioni scolastiche) e privato (imprese), non sia possibile raggiungere gli obiettivi di sostenibilità indicati dalle politiche per la mobilità a livello internazionale e nazionale. In primo luogo, viene richiesto di nominare il Mobility manager aziendale, figura specializzata nel governo della domanda di mobilità e nella promozione della sostenibilità negli spostamenti casa-lavoro

del personale dipendente, in tutte le imprese e pubbliche amministrazioni con singole unità locali con più di cento dipendenti. L'abbassamento della precedente soglia di 300 dipendenti risponde all'obiettivo di diffondere la figura del Mobility manager aziendale in un sistema produttivo e amministrativo come quello italiano fortemente parcellizzato in cui prevalgono le unità locali di piccole dimensioni (nell'83% delle aziende e nel 17% degli enti pubblici). Viene tuttavia posto un limite alla nomina del Mobility manager aziendale alle imprese e pubbliche amministrazioni con sede in un capoluogo di regione, in una città metropolitana, in un capoluogo di provincia e in un comune con popolazione superiore a 50.000 abitanti.

Al fine di coordinare i Mobility manager aziendali e di supportarli nelle loro funzioni, in particolare nella redazione dei Piani di spostamento casa-lavoro, il decreto richiede ai comuni succitati di nominare un Mobility manager d'area, scelto tra il

personale di ruolo nell'ente (o di una sua società partecipata o dell'agenzia della mobilità). Come nel caso del Mobility manager aziendale, anche per quello d'area la scelta di obbligarne la nomina in tutti i comuni capoluogo o con almeno 50.000 abitanti (163, il 35% della popolazione) risponde all'esigenza di diffonderne la figura in un sistema amministrativo molto frammentato.

Il Mobility management d'area e aziendale per la conoscenza della domanda di mobilità sistematica e la promozione di interventi integrati per la mobilità sostenibile

L'efficacia degli indirizzi normativi sull'istituzione del Mobility manager d'area e aziendale ai fini della rilevazione dei dati sulla mobilità sistematica, della loro trasmissione agli enti preposti alla programmazione e offerta del trasporto pubblico e della promozione degli interventi per la mobilità

sostenibile è limitata dal numero ancora contenuto di enti e aziende che ne hanno formalizzato il ruolo. Le indagini realizzate dal *Tavolo tecnico sul Mobility management*² hanno messo in evidenza che solo la metà dei comuni, meno della metà delle aziende e un terzo degli enti hanno nominato il Mobility manager d'area e aziendale. Il risultato ha suggerito di rafforzarne il ruolo attraverso l'integrazione del Mobility management nell'*Osservatorio nazionale per il supporto alla programmazione e per il monitoraggio della mobilità locale sostenibile* (istituito presso il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con decreto 68/2022).

Già impiegato per l'archiviazione dei dati su domanda e offerta dei servizi di trasporto pubblico locale e per la loro rendicontazione ai fini della trasmissione dei fondi di supporto al funzionamento, l'Osservatorio valorizza i dati di Mobility management per la conoscenza della domanda



di mobilità sistematica e aziendale e per la promozione di interventi di supporto alla pianificazione dei trasporti alla scala urbana e metropolitana. Viene in tal modo dato riconoscimento normativo e istituzionale alle attività dei Mobility manager in qualità di soggetti primari per la conoscenza di una mobilità, come quella sistematica e aziendale, che interessa oltre 30 milioni di persone.

La consapevolezza che la nomina e le attività dei Mobility manager aziendali sono rese difficili dall'assenza o dalla debolezza di quelli d'area, ha suggerito di dedicare una parte rilevante del lavoro del Tavolo tecnico alla predisposizione del Vademecum "Indirizzi operativi per le attività dei Mobility manager d'area", un documento di indirizzo e linee guida su definizione, contesto di riferimento, nomina, obiettivi ed attività del Mobility manager d'area. Unitamente alle "Linee guida per la redazione e l'implementazione dei PSCL" del 2021 e

al più recente "Vademecum per la redazione del Piano Urbano per la Mobilità Sostenibile" (2022), il documento sul Mobility management d'area offre un contributo importante nella direzione della costruzione di un sistema integrato di piani per il supporto alla mobilità sostenibile.

In conclusione, l'elevata consistenza della mobilità sistematica ha reso sempre più importante il ruolo del Mobility manager nella raccolta dei dati sulla domanda di spostamento dei dipendenti di enti e aziende. All'interno del più generale approccio ASI (*avoid, shift, improve*), le attività di Mobility management offrono un contributo di primaria importanza sul versante degli interventi per la mobilità sostenibile ad integrazione di quelli promossi dagli enti locali. In un sistema caratterizzato dalla dispersione territoriale degli insediamenti residenziali e produttivi, essi contribuiscono alla riduzione della domanda di mobilità, incentivando smart e co-working e Piani organizzativi del lavoro agile (*avoid*), allo spostamento verso modalità pubbliche e attive (*shift*), ma anche alla promozione di veicoli e infrastrutture tecnologicamente più efficaci per la sicurezza e la riduzione di traffico e emissioni (*improve*) in una logica di promozione di interventi integrati per la mobilità sostenibile.

Il mobility management di area

Ai sensi del Decreto Interministeriale 179/2021, le funzioni del mobility manager di area si sostanziano prioritariamente nelle seguenti:

- coordinamento tra i mobility manager aziendali del territorio di riferimento, al fine di sviluppare best practices e moduli collaborativi, nonché svolgimento di ogni altra attività utile al miglioramento delle pratiche di redazione dei Piani di Spostamento Casa-Lavoro (PSCL);
- supporto al Comune di riferimento nella definizione e implementazione di politiche di mobilità sostenibile;
- raccolta dei dati relativi all'origine/destinazione e agli orari di ingresso e uscita dei dipendenti e degli studenti forniti dai mobility manager aziendali e scolastici, con successivo trasferimento degli stessi agli enti programmatori dei servizi pubblici di trasporto comunali e regionali.

La rete del mobility management è un potente



strumento per legare l'amministrazione ai cittadini con l'obiettivo comune di promuovere un approccio sostenibile alla mobilità urbana favorendo, quando possibile, una scelta modale alternativa all'uso dell'auto. Il mobility manager dell'azienda, ente, università o istituto scolastico rappresenta al mobility manager di area le esigenze e criticità del proprio contesto. Il mobility manager di area individua soluzioni specifiche in accordo con gli uffici dell'amministrazione e, al contempo, comunica opportunità, novità e progetti della città in materia di mobilità e trasporti.

In termini operativi il mobility manager di area acquisisce i "piani spostamento casa lavoro (PSCL)" redatti dai singoli mobility manager e ne analizza contenuti e dati. Per le istituzioni scolastiche il rapporto è più diretto ed operativo non essendo vigente un obbligo di norma teso a redigere un piano spostamento casa scuola strutturato.

I dati generali di mobilità sistematica forniti dai mobility manager, per singola unità locale con almeno 100 dipendenti, sono parte integrante dei PSCL e pertanto trasmessi con documenti adottati dal vertice dell'azienda o ente. Queste informazioni devono essere valorizzate all'interno di un processo di acquisizione standardizzata, di elaborazione ed analisi. Molte città, tra cui Roma, utilizzano queste informazioni per integrare la banca dati dei sistemi di supporto alle decisioni (DSS).

Per superare la difficoltà nell'armonizzazione dei dati di mobilità provenienti da indagini disegnate e somministrate dalle diverse aziende ed enti e dovute principalmente alla eterogeneità dei format adottati, una delle soluzioni più efficaci è quella di fornire template di questionari casa-lavoro standardizzati, in grado di ottenere informazioni il più possibili omogenee.

Un'altra criticità rilevante per le aziende/enti si manifesta nella fase di pianificazione e adozione delle misure, dove emerge la difficoltà nell'interpretare i risultati dei dati raccolti e nel soddisfare le aspettative e i bisogni, cercando di bilanciare i diversi interessi, spesso in presenza di risorse economiche limitate o addirittura assenti.

Un esempio di integrazione ed impiego fruttuoso delle informazioni provenienti dai differenti PSCL è lo studio di fattibilità di un servizio di car pooling interaziendale, sviluppato per la zona industriale di Bolzano sud, caratterizzata da un'elevata

concentrazione di imprese. In questo contesto, è evidente la presenza di bacini di utenza concentrati che consentirebbero la formazione di equipaggi di *car pooling* interaziendale. L'esperienza di Bolzano è stata facilitata dalla presenza di una piattaforma digitale messa a disposizione dal Comune, che è attualmente utilizzata da 25 aziende e pubbliche amministrazioni del territorio. Sempre nella zona industriale di Bolzano sud, le istanze emerse dalle risposte ai questionari compilati dai dipendenti hanno permesso di realizzare uno studio di fattibilità per la deviazione di una linea di autobus, allo scopo di servire un numero maggiore di lavoratori.

Esperienze come questa testimoniano l'importanza del ruolo di raccordo e supporto del mobility manager di area ai singoli mobility manager aziendali, che si sostanzia anche in iniziative formative, talvolta con un coinvolgimento diretto in progetti sperimentali, nella gestione omogenea del flusso dati sintetici della mobilità sistematica casa - lavoro o nella fornitura gratuita di piattaforme per la somministrazione di indagini e la redazione di PSCL standardizzati che agevola poi il lavoro dello stesso mobility manager di area nell'individuazione di misure di valenza interaziendale.

I dati di mobility management per la pianificazione strategica delle città: l'esperienza di Roma

La normativa di settore³ stabilisce che le imprese e le pubbliche amministrazioni sono tenute ad adottare, entro il 31/12 di ogni anno, il Piano degli Spostamenti Casa-Lavoro "PSCL" del proprio personale ubicato in singole Unità Locali con più di 100 dipendenti.

La prima annualità di piena applicazione della norma è stata il 2022 e per Roma Capitale hanno adempiuto circa 430 aziende per circa 416.000 dipendenti. Va sottolineato, che in questa prima fase, le aziende interessate alla redazione dei PSCL non si sono dimostrate pronte a implementare compiutamente gli adempimenti previsti, infatti, del totale delle imprese coinvolte, solo il 23,6% hanno presentato i PSCL, e solo il 40% dei piani predisposti è stato compilato secondo le Linee Guida Ministeriali. L'attenzione e l'assistenza dell'ufficio del mobility manager di area ha portato nell'anno successivo a un netto miglioramento,

incrementando a circa il 90% la quota dei piani corretti sotto il profilo formale e sostanziale.

L'esamina dei PSCL presentati ha consentito di profilare i comportamenti e le attitudini di mobilità dei lavoratori, anche rispetto al settore Ateco di appartenenza. Nella città di Roma Capitale i sei principali settori a cui appartengono le imprese con UL maggiori di 100 unità e che rappresentano l'86% del totale, sono costituite da "Logistica, trasporto e magazzinaggio", con una quota del 21,5% del totale; seguono "Amministrazione pubblica e difesa e assicurazioni" con il 16,7%; lavoratori della "Sanità e assistenza sociale" che pesano per il 14,3%, stessa percentuale riguarda le "Attività professionali scientifiche e tecniche" con un altro 14,3%; seguono "I servizi di informazione e comunicazione" che incidono per l'11,3%; un altro settore rilevante riguarda le "Le Attività finanziarie e assicurative" pari al 7,8%; il restante 14% somma tutti i restanti settori.

Un focus particolare è stato dedicato allo Smart Working, considerata l'importanza che assume il lavoro da remoto per l'abbattimento della congestione, dell'inquinamento e per la possibilità di incrementare la produttività e consentire al lavoratore una riduzione dei tempi di trasferimento, che per una città come Roma si può stimare in media di poco inferiore alle due ore, contribuendo ad una maggiore flessibilità degli orari a vantaggio della vita personale e gestione familiare. Il campione analizzato⁴ ha riguardato 111 mila dipendenti, di cui il 56% presenti in ufficio e il 42,5% in SW. Il valore medio stimato di giornate settimanali in SW per lavoratore nel 2020 è stato di 2,12 gg/settimana, valore sceso a 1,91 gg/settimana nel 2023. Questo dato varia sensibilmente in funzione del settore lavorativo, come illustrato nella Figura 2, in particolare i valori più elevati toccano i 3 giorni settimana, e riguardano lotterie, attività artistiche, servizi di informazione e comunicazione ed attività

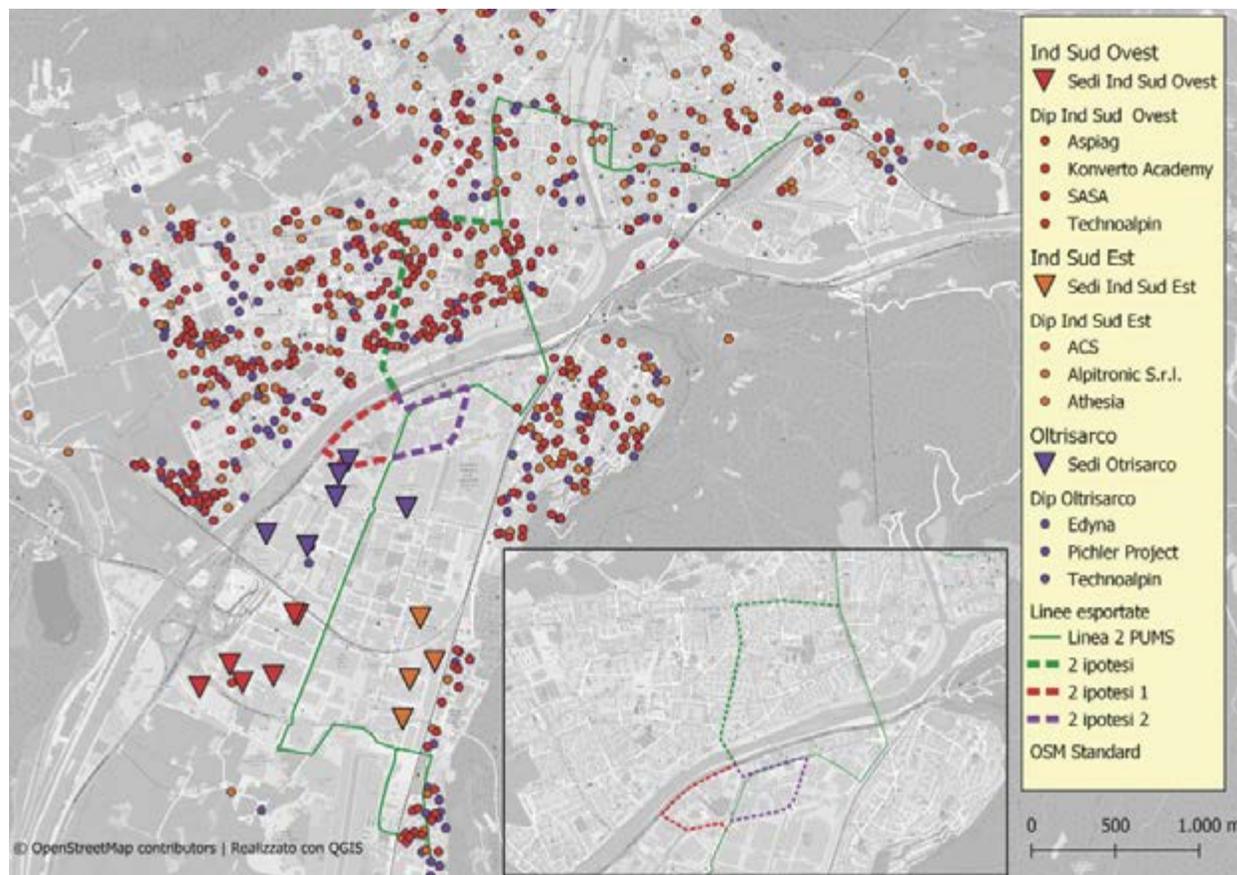


Figura 1 - Esempio di distribuzione dei dipendenti rispetto alle sedi aziendali (Fonte: Euromobility).

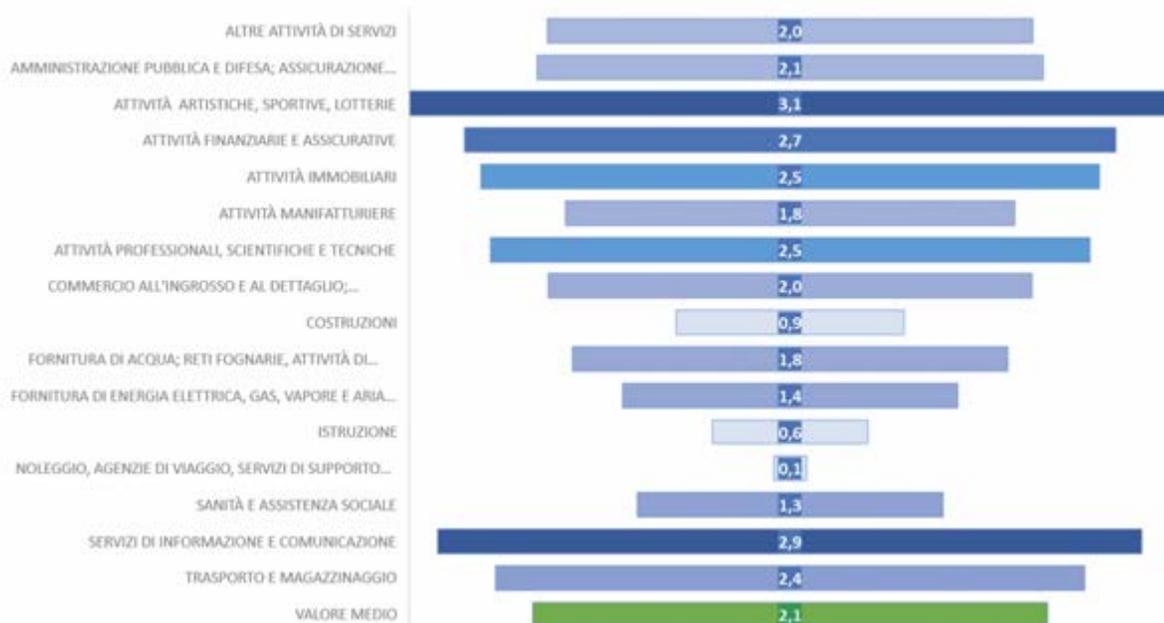


Figura 2 - Giorni medi settimana in Smart Working per Settore Ateco
(Fonte: Elaborazione dati su schede PSCL di Roma Capitale, anno 2022)

Split Modale	Anno 2022	Anno 2023
Auto privata come conducente	57,3%	53,9%
Auto privata come passeggero	0,7%	1,6%
Moto	8,3%	7,8%
Trasporto pubblico	27,3%	29,4%
Mobilità dolce	5,8%	6,6%
Sharing	0,6%	0,7%

Figura 3 – Ripartizione modale degli spostamenti casa-lavoro monitorati nei PSCL di Roma Capitale.

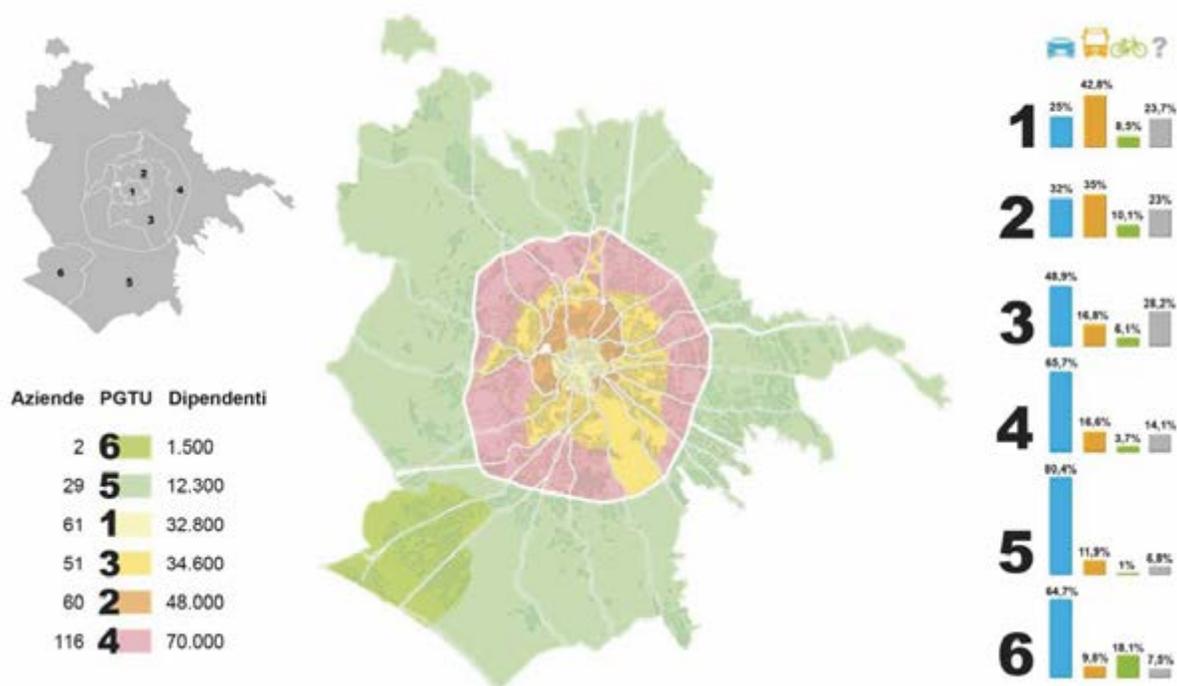


Figura 4 - Ripartizione modale degli spostamenti sistematici casa-lavoro per zona PGTU di Roma Capitale in base ai dati forniti dai mobility manager (Fonte: Elaborazione dati su schede PSCL di Roma Capitale, anno 2022).

finanziarie ed assicurative, a queste si contrappongono attività che presentano valori inferiori all'unità, come nel caso dei servizi di noleggio e supporto alla mobilità, dei servizi di istruzione e delle costruzioni, attività che per loro intrinseca natura poco si prestano al lavoro da remoto. Mentre si attestano intorno alla media i servizi di amministrazione pubblica e le altre attività di servizi.

Secondo le analisi del campione estratto dai PSCL presentati e compilati correttamente nel primo anno di applicazione dello strumento normativo, tenendo conto dell'incidenza dello SW e delle assenze medie dei lavoratori per motivi personali, con riferimento all'insieme dei dipendenti appartenenti alle UL di Roma con più di 100 dipendenti, gli spostamenti giornalieri sistematici stimati sono stati circa 230 mila ed includendo anche i ritorni a casa 460 mila. In particolare, il 63,6% ha privilegiato il veicolo privato, solo il 29,4 % ha scelto il trasporto collettivo e poco meno del 7% la mobilità attiva.

La Figura 3 evidenzia come, estendendo le osservazioni all'anno successivo, il trend 2022-2023 appare confortante, con una quota del 3,4% degli spostamenti sistematici sottratti alla modalità "auto come conducente", a favore di modalità

sostenibili, a riprova dell'utilità e dell'efficacia delle misure proposte dai mobility manager aziendali e di area, derivate da una conoscenza puntuale della domanda di mobilità (Figura 4).

Le principali misure proposte dalle Aziende ed Enti per indirizzare gli utenti verso la mobilità sostenibile, illustrati nella Figura 5, si articolano essenzialmente sui seguenti cinque assi, definiti dalle linee guida ministeriali:

1. disincentivare l'uso individuale dell'auto privata, proposta dal 35% delle Aziende;
2. favorire l'uso del trasporto pubblico, 11%;
3. favorire la mobilità ciclabile o la micromobilità, 9%;
4. ridurre la domanda di mobilità, 26%;
5. ulteriori misure, 18%.

Nella Figura 5, con riferimento al primo asse, teso a disincentivare l'uso individuale dell'auto privata, le misure maggiormente attivate sono relative all'introduzione di un servizio di navetta aziendale ed all'implementazione di app o spazi dedicati su intranet per il carpooling aziendale. Nella Figura 5 sono indicati anche i costi unitari per dipendente a carico dell'impresa per

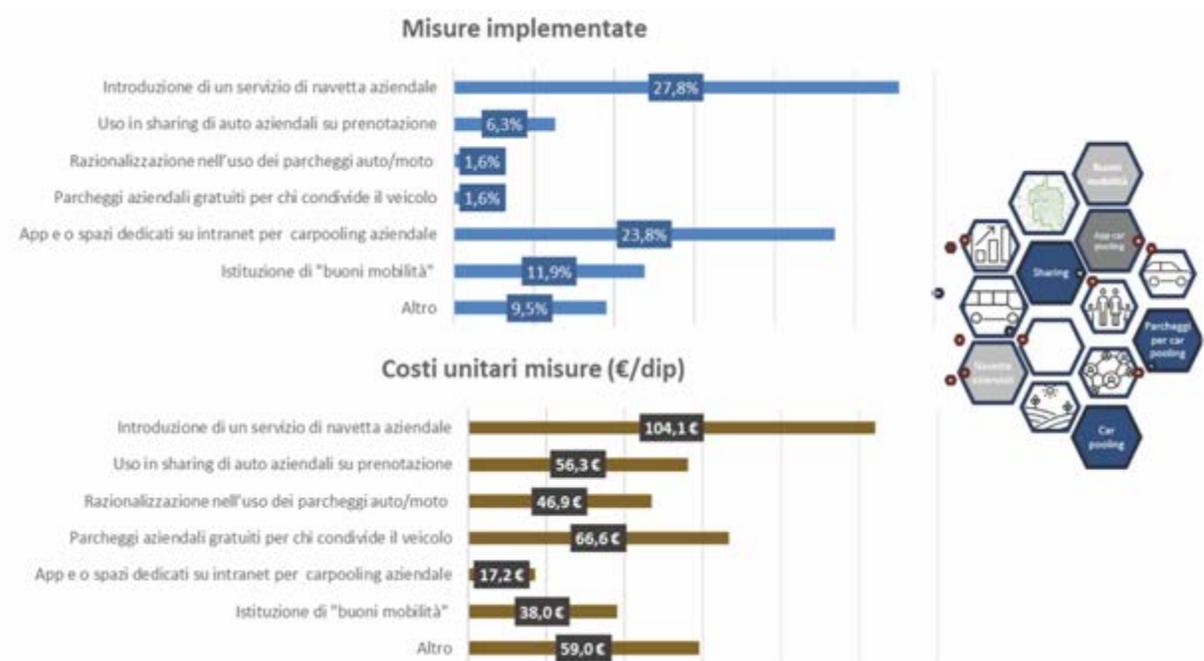


Figura 5 - Asse 1: Misure proposte nei PSCL e costi medi per l'implementazione (Fonte: Elaborazione dati su schede PSCL di Roma Capitale, anno 2022).

l'implementazione della misura.

La dimensione aziendale influisce in modo significativo sul costo di implementazione di una misura, ad esempio il costo unitario per dipendente aderente per l'introduzione di una navetta aziendale può variare da 7,14 €/dip a 520 €/dip.

Mentre, con riferimento all'Asse 4 focalizzato sulla riduzione della domanda di mobilità, la principale misura proposta riguarda la redazione di un piano per favorire lo smart working o per favorire il co-working in sedi di prossimità a residenze /domicili dei dipendenti, il costo medio unitario per implementare la misura è pari a circa 231€/dip.

Il mobility management aziendale

Si riporta a titolo di esempio di attività di mobility management aziendale, l'esperienza di Cassa Depositi e Prestiti (CDP), presentata come un esempio virtuoso di promozione della mobilità sostenibile in linea con la propria politica. Il Gruppo CDP, attraverso il proprio Piano Strategico 2022-2024, ha individuato quattro grandi sfide per l'Italia: cambiamento climatico e tutela dell'ecosistema, digitalizzazione e innovazione, crescita

inclusiva e sostenibile, e ripensamento delle catene del valore. Questi obiettivi sono in linea con il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) e gli obiettivi dell'Agenda 2030 dell'ONU e risultano essere particolarmente attenti, in particolare, al tema mobilità in senso lato.

La redazione del PSCL aziendale tiene conto del lavoro in team e della sinergia tra diverse aree aziendali per promuovere la mobilità sostenibile, coinvolgendo attivamente i dipendenti per sensibilizzarli sui temi (tramite comunicazioni e invio di pillole informative), recuperare idee innovative (attraverso il lancio di concorsi specifici – Call 4 Idea) e segnalare proposte interessanti (casella postale dedicata, possibilità di apertura ticket tramite il service desk, etc.).

L'azienda ha introdotto nuove modalità di lavoro⁵, strutturato lo smart working, e ha digitalizzato molti processi, migliorando l'efficienza e riducendo l'impatto ambientale. Inoltre, sono stati creati spazi di lavoro innovativi e sono state agevolate forme di mobilità alternativa, come l'uso di biciclette e monopattini elettrici.



Note

1. Decreto "mobilità sostenibile nelle aree urbane" del 27 marzo 1998.
2. Istituito presso il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con decreto del 22 luglio 2022.
3. Decreto Interministeriale 179 del 12 maggio 2021, art. 3 comma 5.
4. Nel 2022 solo nel 65% dei piani sono stati valorizzati i campi relativi alla presenza media in ufficio ed i giorni medi di smart working.
5. Il Regolamento New Way of Working è un documento che stabilisce le regole e le linee guida per l'implementazione del lavoro agile all'interno dell'azienda. Esso definisce i principi di riferimento, le modalità di gestione delle giornate in Smart Working, le linee guida per l'utilizzo delle risorse informatiche e gli spazi di lavoro.

Bibliografia

- Decreto Ministero Ambiente 27 marzo 1998 – Mobilità sostenibile nelle aree urbane.
- Legge 77 2020 Decreto Rilancio.
- Decreto Interministeriale MITE MIMS n. 179 del 12 maggio 2021.

Sitografia

- Indirizzi operativi per le attività dei Mobility Manager d'Area, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti: <https://www.mit.gov.it/documentazione/indirizzi-operativi-per-le-attivit -dei-mobility-manager-darea>
- Il Mobility Manager d'area per Roma, Roma Servizi per la Mobilit  srl: <https://romamobilita.it/it/progetti/mobility-manager>

AI ACT REGULAT





a cura di:
ING. L. RICCIARDI CELSI
ING. P. MANCINO

Revisionato da:
ING. G. BOSCHI

Commissione:
PROJECT MANAGEMENT IN AMBITO DELL'INFORMAZIONE

L'AI ACT COME CINTURA DI SICUREZZA PER L'UNIONE EUROPEA: PROSSIMI PASSI E IMPATTO SULLA FILIERA DEL VALORE NEL SETTORE ASSICURATIVO

Approvazione e tempistiche di recepimento dell'AI Act

Lo scorso 13 marzo 2024, il Parlamento Europeo ha approvato il regolamento europeo¹ sull'Intelligenza Artificiale (AI Act) con 523 voti a favore, rendendolo la prima normativa vincolante al mondo a regolare l'AI.

La normativa sarà completamente applicabile solo entro il 2027. L'effettiva applicazione avverrà ventiquattro mesi dopo l'entrata in vigore, che avverrà venti giorni dalla pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale, con alcune disposizioni applicabili secondo specifiche tempistiche. In particolare:

- il divieto di alcune specifiche entrerà in vigore sei mesi dopo la pubblicazione;
- i cosiddetti codici di condotta dovranno essere applicati a partire da nove mesi dopo l'entrata in vigore;
- le norme generali sull'AI (inclusa la governance) saranno applicate a partire da dodici mesi dopo la pubblicazione;
- gli obblighi per i sistemi ad alto rischio entreranno in vigore trentasei (36) mesi dopo.

Categorie di rischio, applicazioni vietate, obblighi per sistemi ad alto rischio e trasparenza

L'obiettivo principale dell'AI Act approvato è di proteggere i diritti fondamentali, la democrazia, lo Stato di diritto e la sostenibilità ambientale dalle minacce dell'IA ad alto rischio, senza impedire o ostacolare l'innovazione del settore.

Le applicazioni di IA sono classificate in base al loro livello di rischio. In particolare, le applicazioni più pericolose saranno soggette a maggiori controlli o a divieti totali. Vigerà il divieto di sistemi di categorizzazione biometrica basati su dati sensibili e di recupero di immagini facciali da internet o da riprese CCTV per creare database di riconoscimento facciale. E' vietata la rilevazione delle emozioni sul luogo di lavoro e nelle scuole,



la valutazione sociale, la polizia predittiva basata esclusivamente sul profilo di una persona e qualsiasi applicazione di AI volta a manipolare il comportamento umano o sfruttare le vulnerabilità delle persone.

L'uso di sistemi di identificazione biometrica "in tempo reale" da parte delle forze dell'ordine è permesso solo con limitazioni di tempo e ambito geografico, previa specifica autorizzazione giudiziaria o amministrativa.

Per tutti i **sistemi di AI ad alto rischio**, vigerà l'obbligo di valutare i rischi corrispondenti, mantenere i registri di utilizzo, essere trasparenti e accurati e garantire la supervisione umana. I cittadini potranno presentare reclami e ricevere spiegazioni sulle decisioni basate su AI ad alto rischio che incidono sui loro diritti.



I sistemi di AI generici e i modelli su cui essi si basano devono soddisfare requisiti di **trasparenza**, inclusa la conformità alla legge dell'UE sul diritto d'autore e la pubblicazione di sintesi dettagliate dei contenuti utilizzati per la formazione. I deepfake dovranno essere chiaramente etichettati come tali. L'AI Act riafferma la **centralità della dignità umana**, concetto fondamentale radicato nella nostra cultura, partendo dalla filosofia classica per arrivare, attraverso l'etica cristiana, fino all'umanesimo europeo. Esso può essere paragonato ad una sorta di "Codice della Strada", dispositivo già messo a punto nella precedente occasione nella quale abbiamo sviluppato macchine più veloci degli uomini: in quanto tale, l'AI Act protegge i diritti e la libertà dei cittadini prevenendo abusi e garantendo un uso etico e responsabile dell'AI.

Questi punti evidenziano come l'AI Act intenda bilanciare l'innovazione tecnologica con la necessità di proteggere i diritti fondamentali e la dignità degli individui.

La sfida dell'AI nell'Insurtech e previsioni di investimento

La trasformazione digitale nel settore assicurativo sta accelerando: nel 2020, le polizze digitali costituivano solo il 23% del totale a livello mondiale (incluse le assicurazioni vendute esclusivamente online, le polizze "phygital" - vendute sia online che di persona - e le polizze tradizionali distribuite tramite piattaforme digitali). Si prevede che nel 2030 questa percentuale raggiungerà l'80%, con una crescita media annua del 22%. Questo è quanto emerge dall'Indagine sul mercato Insurtech e la penetrazione delle polizze digitali al 2030, condotta dall'IIA - **Italian Insurtech Association**², che rappresenta oltre 200 attori del settore assicurativo italiano, in collaborazione con la Global Insurtech Alliance. Lo studio ha coinvolto 155 esperti del settore in sette mercati europei: Italia, Spagna, Germania, Austria, Francia, Paesi Bassi e Polonia. In Italia, il settore assicurativo sta continuando a crescere significativamente. Nel 2020, gli investimenti in tecnologie digitali erano pari a 800 milioni di euro, cifra destinata a salire a 980 milioni di euro nel 2024. Questa crescita rappresenta un trend molto positivo per il mercato. Tuttavia, in Paesi come la Francia, gli investimenti in tecnologie digitali, ecosistemi e start-up sono già più



avanzati, mentre l'Italia sta cercando di recuperare terreno rispetto ai tassi di crescita più significativi degli altri Paesi dell'Unione Europea. Si prevede inoltre che, entro il 2026, il 40% delle polizze assicurative avrà almeno una parte della catena del valore legata all'IA.

Ci sono tuttavia quattro sfide principali nel settore Insurtech che sono connesse agli investimenti in AI in Italia:

1. investimenti ancora limitati rispetto alle necessità;
2. competenze non sufficienti e necessità di skilling e re-skilling;
3. formazione non sufficientemente sviluppata dei clienti;
4. ecosistema InsurTech italiano meno evoluto rispetto alle aspettative.

In particolare, sul campione preso in esame dall'AI, il 45% mostra ancora una totale ignoranza riguardo ai prodotti assicurativi.

Al 31 dicembre 2023, il settore assicurativo italiano

richiedeva 12.000 figure tecnologiche e digitali, numero che salirà a 15.000 entro la fine del 2024. La carenza di personale qualificato è un problema significativo, e l'industria deve lavorare sulla formazione e sullo sviluppo delle competenze interne.

È altresì prevedibile che l'impatto dell'AI sarà notevole, supportando l'automazione dei processi, influenzando profondamente la gestione dei dati, la produzione e la gestione del rischio. Essa aiuterà la crescita del settore Insurtech nelle seguenti aree cruciali:

- **ottimizzazione dei processi chiave.** Attraverso l'AI, stiamo assistendo a una rivoluzione nei processi di valutazione e liquidazione dei sinistri. Adottando algoritmi avanzati (anche attraverso il supporto della Computer Vision), le più innovative realtà Insurtech sono in grado di accelerare i tempi di liquidazione (fino a 10x rispetto ai metodi tradizionali) e ridurre significativamente i costi operativi (fino al 60%), garantendo nel contempo una gestione più



precisa e proattiva dei rischi. Più in generale, ciò consentirà di ottimizzare il supporto alle competenze degli operatori, dagli intermediari fino agli agenti;

- **evoluzione dei servizi.** L'AI crea un'opportunità senza precedenti per ampliare la propria offerta di servizi. Ad esempio, una compagnia assicurativa in Cina sta integrando servizi sanitari online e offline, consentendo agli assicurati di accedere a meccanismi di autodiagnosi con un'accuratezza del 99%. In Europa, stiamo assistendo alla collaborazione tra start-up e realtà rilevanti nel settore della mobilità, per l'offerta di servizi completi che vanno oltre la semplice copertura assicurativa. Stanno nascendo quindi ecosistemi integrati che offrono un valore aggiunto tangibile ai clienti finali. In generale, tali ecosistemi consentiranno di aumentare il livello di formazione dei consumatori rispetto ai contenuti dei prodotti assicurativi offerti;
- **impatto sociale.** Oltre alle implicazioni

commerciali, l'AI sta trasformando il ruolo delle assicurazioni nella società. Attraverso partnership strategiche con enti pubblici, è possibile utilizzare dati e analisi avanzate per prevenire il cybercrime e mitigare gli impatti delle catastrofi naturali, contribuendo così a garantire la sicurezza e la stabilità delle comunità in cui operiamo.

Il settore assicurativo italiano ha quindi un enorme potenziale di crescita grazie alla digitalizzazione e all'adozione dell'AI. Tuttavia, per sfruttare appieno queste opportunità, è necessario colmare il gap di competenze e aumentare la consapevolezza dei consumatori. Investire nella formazione e nella governance sarà cruciale per sostenere questa trasformazione.

Infine, sarà necessario considerare le applicazioni dell'AI alla gestione e alla proposizione al cliente di prodotti assicurativi come sistemi di AI ad alto rischio. Infatti, se le compagnie assicurative ottenessero indiscriminatamente l'accesso ai dati





sensibili relativi alla salute dei propri clienti o potenziali clienti, potrebbero sorgere gravi rischi per l'ordine pubblico e la coesione sociale. La conoscenza dettagliata delle condizioni mediche personali potrebbe infatti indurre le assicurazioni a trasformare i loro prodotti in strumenti finanziari altamente personalizzati e orientati al profitto, escludendo le fasce più vulnerabili della popolazione, come gli anziani, i malati cronici e i soggetti a basso reddito. In tal modo, verrebbe meno, per tali prodotti, la funzione sociale tradizionale di mutualizzazione del rischio, poiché l'assicurazione cesserebbe di fungere da strumento di protezione collettiva e verrebbe invece sfruttata per ottimizzare i rendimenti finanziari. Tali dinamiche, se non rigorosamente regolate, accrescerebbero notevolmente le disuguaglianze sociali impedendo la tutela dei diritti fondamentali e conseguentemente riducendo l'accessibilità dei servizi.

Centralità degli aspetti di strategia e di governance nelle applicazioni dell'AI

Per garantire continuità, sistematicità e risorse ad un'organizzazione che vuole realizzare il massimo dal potenziale di crescita dell'AI e della digitalizzazione, è essenziale avere una visione integrata e sinergica di tutte le discipline legate alla gestione dell'AI come leva di valore economico.

A questo proposito, il **framework DAMA**³ resta ad oggi lo standard di riferimento più importante per le applicazioni di AI, le quali non possono prescindere dall'utilizzo dei dati. Esaminiamo alcuni momenti in cui è cruciale avere un framework di questo tipo.



Nella fase iniziale, quando un'organizzazione comincia a strutturare una gestione integrata dei dati e del loro utilizzo per le applicazioni di AI desiderate, è utile disporre di un modello come **checklist** organizzativa e di processo per garantire la copertura di tutti gli aspetti di gestione di dati. Durante la fase evolutiva, è fondamentale avere una mappa degli interlocutori aziendali coinvolti nei progetti che insistono su applicazioni di AI. Questo aiuta a definire una prima **mappa strategica e operativa** per identificare le aree dell'organizzazione che richiedono maggiori risorse in base agli obiettivi. Quando l'AI e l'utilizzo dei dati ad essa connesso raggiungono una prima fase di maturità, il framework DAMA offre uno strumento utile per valutare lo stato delle varie parti dell'organizzazione. L'**assessment** è uno strumento che permette di avere, sul piano tattico, una mappa degli aspetti da migliorare per ciascun ambito in cui si realizzano progetti di AI e, dall'altro, uno strumento sintetico ed esaustivo per il top management per guidare gli investimenti e le decisioni strategiche. È altrettanto importante formulare una **AI strategy**, cioè un documento facilmente divulgabile ai vari livelli organizzativi ed è centrale per dare dinamismo alla gestione dei dati e concretezza, in termini di risorse e progettualità, al mondo dell'AI e dei relativi algoritmi all'interno di ogni azienda. Ci sono delle condizioni necessarie per impostare una AI strategy: una leadership definita e autorevole all'interno dell'azienda nell'ambito AI che consenta di realizzare la AI strategy e poterla discutere ai giusti livelli gerarchici aziendali, monitorare la sua evoluzione e lottare per la sua realizzazione. Quindi si sconsiglia una AI strategy calata dall'alto o peggio ancora imposta dall'esterno. È di grande aiuto aver portato a termine, anche senza un successo significativo, qualche progettualità di business in ambito AI per avere chiari i domini aziendali più importanti dove ci si muoverà. Più precisamente una AI strategy si definisce come:

- un programma sintetico delle principali aree di impatto dell'AI in cui siano contenute anche le linee guida organizzative;
- un dettaglio di obiettivi e relativi KPI misurabili;
- una roadmap di implementazione per ciascun obiettivo;
- una AI strategy di solito deve avere una profondità temporale di 2-3 anni perché andare

oltre è un esercizio troppo astratto nell'attuale dinamismo delle organizzazioni;

- ancora più importante è il suo aggiornamento, consigliato su base trimestrale in modo da fornire un avanzamento a livello di KPI e fare eventuali modifiche al programma (per cambiamenti operativi o strategici dell'azienda stessa);
- un numero di obiettivi non troppo grande: è bene non superare gli 8-10 obiettivi primari con relativi KPI, per focalizzare l'attenzione dei team e del top management sulle priorità più rilevanti;
- gli obiettivi devono essere semplici, facilmente comprensibili e misurabili (e.g., numero di query effettuate su una piattaforma analitica, o numero di utenti attivi, numero di target identificati, oppure ancora tempo minimo di completamento di un processo);
- la AI strategy deve avere un collegamento stretto con il business: una connessione esplicita e diretta agli use case sviluppati o almeno indiretta come abilitatore di future occasioni di business.

Infine, si pone la necessità di realizzare una opportuna **AI governance**, con lo scopo di facilitare la diffusione dell'AI e dei suoi benefici in azienda. A tale scopo, tre aspetti sono fondamentali:

- sapere e avere una buona descrizione dei dati, degli use case di AI già esplorati e delle potenziali applicazioni di AI presenti in azienda. Questo aiuta anche i team di sicurezza e compliance a capire quali sono i dati su cui avere un miglior controllo;
- sapere dove sono i dati, cioè avere una topologia puntuale delle fonti dati, favorendo così razionalizzazioni e riduzioni dei costi di manutenzione;
- avere puntuale conoscenza dei flussi di dati e

di AI all'interno della topologia stessa. Questo è l'aspetto più critico. *Data and AI flow is the new cash flow*: quanto più facilmente e velocemente si muovono i dati, tanto più l'azienda risulterà innovativa, dinamica e con business solidi e sostenibili.

Conclusione

In conclusione, l'AI Act rappresenta una pietra miliare per l'Unione Europea, stabilendo un quadro normativo che funge da cintura di sicurezza per la gestione dell'intelligenza artificiale. L'approvazione di questa normativa non solo si propone l'obiettivo di garantire la protezione dei diritti fondamentali, della democrazia e della sostenibilità ambientale, ma promuove anche l'innovazione responsabile nel settore tecnologico. Per il settore assicurativo, l'AI Act apre la strada a nuove opportunità di crescita e trasformazione, evidenziando la necessità di un'integrazione strategica e governata delle tecnologie AI.

La crescita degli investimenti e l'evoluzione dei servizi Insurtech mostrano chiaramente il potenziale di trasformazione del settore, con previsioni di una significativa espansione delle polizze digitali e dell'uso dell'AI entro il 2030. Tuttavia, per cogliere appieno queste opportunità, è cruciale affrontare le sfide legate agli investimenti, alle competenze e alla formazione dei consumatori. Un'efficace strategia di AI, supportata da una governance solida e da una gestione integrata dei dati, sarà fondamentale per sostenere questa trasformazione e per assicurare che l'AI venga utilizzata in modo etico e responsabile.

In definitiva, l'AI Act e le strategie di governance rappresentano strumenti indispensabili per bilanciare l'innovazione tecnologica con la tutela dei diritti individuali, garantendo un futuro in cui l'AI possa contribuire positivamente alla società e all'economia europea.

Note

1. Per il testo completo del Regolamento approvato si rimanda al seguente link: [AM_Ple_LegConsolidated](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=CELEX:32023R1060) (europa.eu).
2. Insurtech or Out | IIA - Italian Insurtech Association ([insurtechitaly.com](https://www.insurtechitaly.com)).
3. DMBok - Data Management Body of Knowledge ([dama.org](https://www.dama.org)).



a cura di:

ING. P. F. M. SANTI

Revisionato da:

PROF. ING. F. CRESCIMBINI

Commissione:

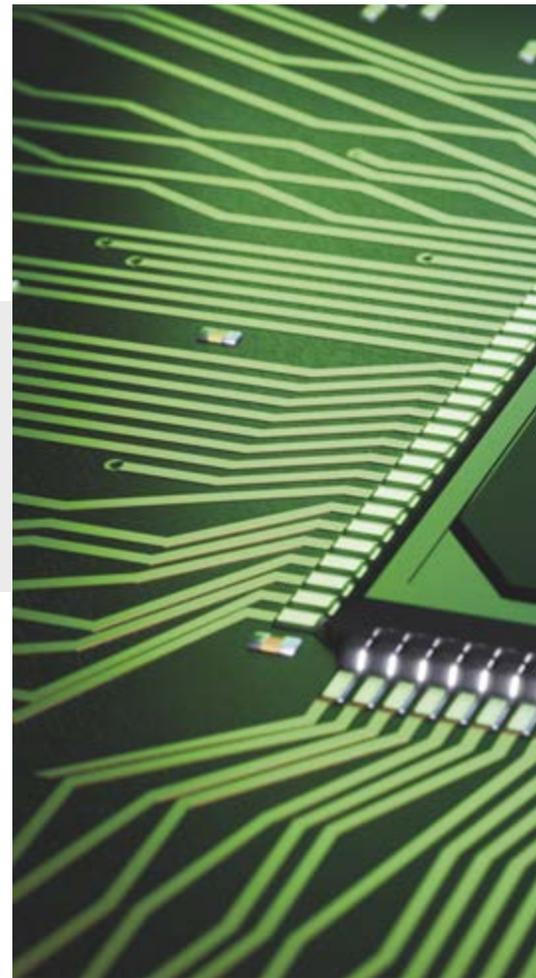
ELETTRONICA E MICROELETTRONICA

FPGA (FIELD PROGRAMMABLE GATES ARRAY): PANORAMICA INTRODUTTIVA SULLE TECNOLOGIE IMPIEGATE

Questo articolo intende fornire un modo delicato per il lettore neofita di addentrarsi nel leggendario mondo delle *logiche programmabili* attraverso il circuito integrato che oggi le rappresenta con maggior vigore, che è il **FPGA** (*Field Programmable Gates Arrays*), un componente elettronico che ormai da diversi lustri sta avendo sempre più successo nel mondo dell'ingegneria dei sistemi digitali, dove tali dispositivi vengono utilizzati ormai con la massima disinvoltura e nei più svariati ambiti applicativi.

Per l'uso corretto ed efficace di questa tipologia di componenti, propedeutica risulta una buona conoscenza dell'elettronica digitale, delle tecnologie elettroniche e una minima conoscenza di tecniche di programmazione, non solo perché alcuni FPGA includono sempre più spesso al loro interno un vero e proprio microprocessore (che andrà

poi programmato, di solito in linguaggio C), ma perché una delle più usate tecniche di progettazione di questi componenti consiste nel *descrivere* il sistema che il FPGA implementerà attraverso la produzione di un testo abbastanza simile ad uno dei listati che si potrebbero usare per programmare un qualunque sistema computazionale (PC, microprocessori, microcontrollori, etc); infatti, nel caso delle FPGA, tale listato non rappresenterà una serie di azioni da far eseguire una dopo l'altra all'elemento computazionale, ma la mera *descrizione* della funzione hardware che il FPGA dovrà rappresentare una volta che sarà in funzione. Quest'ultimo concetto, unitamente all'acronimo che dà vita al suo nome, fanno intuire che il FPGA è un componente programmabile che può assumere attraverso i suoi *gates* e come sono tra





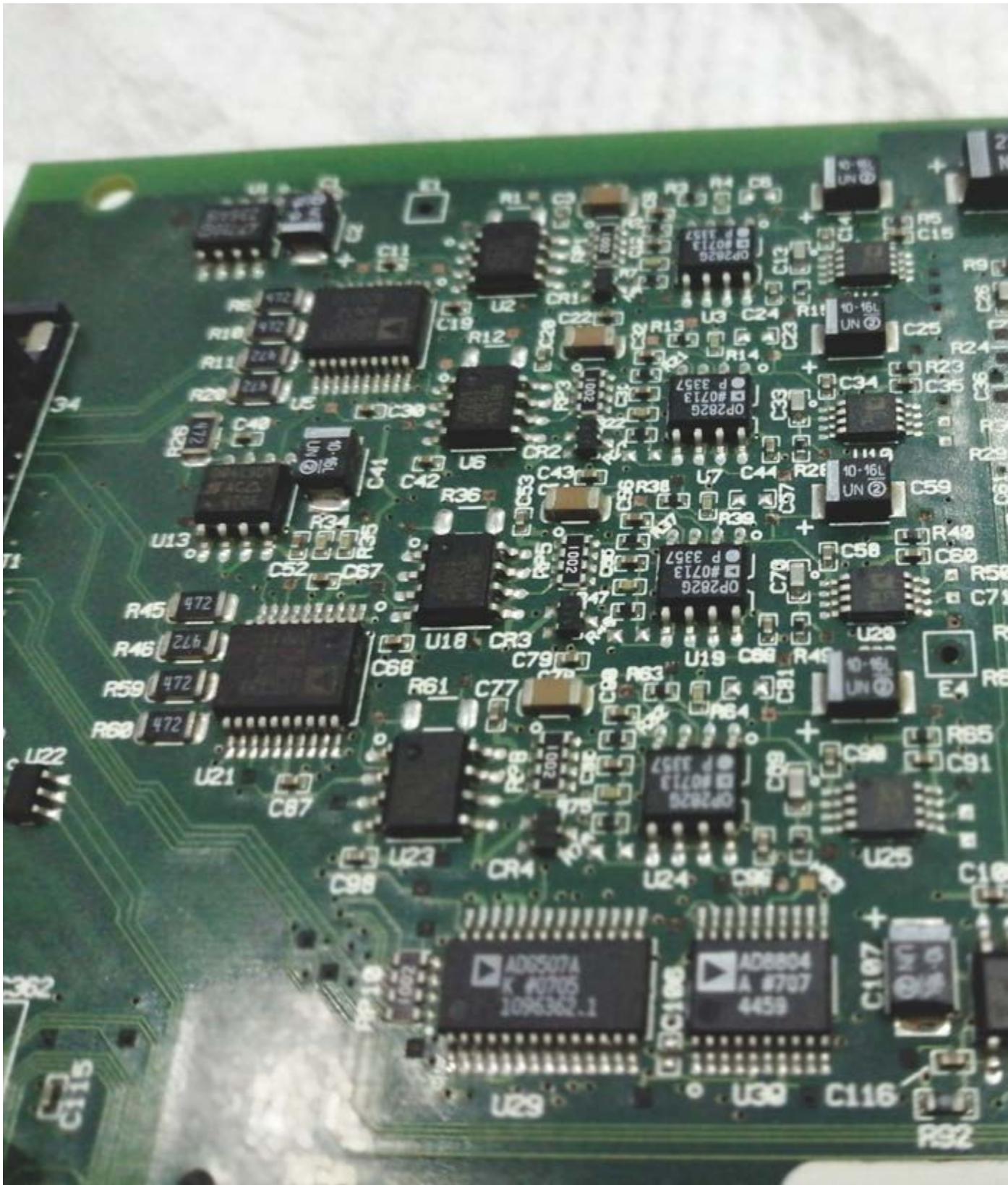
loro interconnessi una qualsiasi funzione logica, a seconda di come tale listato descrivente il sistema sarà stato prodotto per implementare le esigenze del progettista; si aggiunga che tale programmabilità del componente, come annunciato dall'acronimo F.P.G.A. è resa possibile "on Field", ossia quando il componente è già stato saldato sul circuito stampato senza richiedere quindi che venga dissaldato per una nuova definizione.

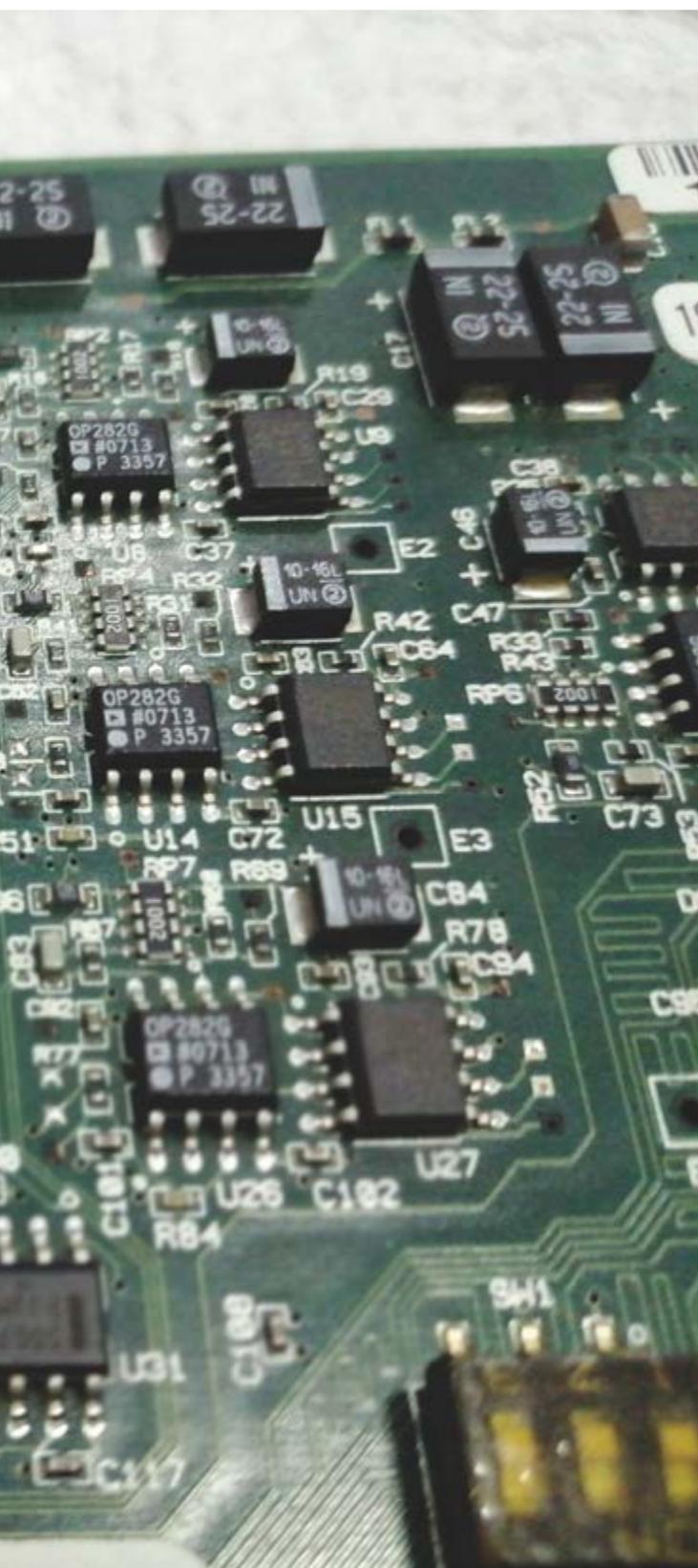
Da ciò che si è scritto qui sopra a riguardo della programmabilità (o meglio della *configurabilità*) di un FPGA, dovrebbe esser presto chiaro che questa tipologia di componenti si presenta come una soluzione estremamente flessibile: è possibile programmare uno stesso componente in infiniti modi diversi per rappresentare qualcosa di diverso ogni volta. Tutto andrà come se il FPGA rappresenterà

un circuito integrato personalizzato dal progettista, una volta che quest'ultimo avrà cambiato il programma (di solito chiamato firmware) che verrà caricato nel FPGA.

Ora la domanda che potrebbe nascere spontaneamente è: "Posso riprogrammare quel componente un numero infinito di volte?". La risposta è sì: la stragrande maggioranza degli FPGA sono programmabili un numero virtualmente infinito (dell'ordine delle centinaia di migliaia o milioni di volte), programmazione che può avvenire anche, con le dovute precauzioni e modalità di intervento, addirittura a circuito funzionante (hot swap programming mode).

Rapidamente comprendendo che il "programma" del FPGA debba essere messo quindi in una memoria non volatile (la più classica ed economica





delle soluzioni adottata oggi è una memoria flash, di solito esterna al FPGA), programmare un FPGA significa programmare in realtà la memoria ad esso collegata; se la singola cella programmabile del FPGA fosse di tipo flash, la programmazione del FPGA corrisponderà a programmare direttamente il piano di blocchi logici che compongono il FPGA stesso, mentre se fosse a celle SRAM (il più usuale dei casi ad oggi), in quest'ultimo caso la memoria flash sarebbe inserita nel sistema (potrebbe essere sia un componente esterno al FPGA, sia interno) solo per detenere il programma (in tal caso, all'accensione del sistema, il FPGA è per così dire vergine, non potendo ancora rappresentare alcunché), e non per rappresentare fisicamente le funzioni logiche da implementare per mezzo del FPGA; allo startup (non appena si presentasse l'alimentazione in condizioni stabili), il FPGA a celle SRAM chiederà attraverso un opportuno protocollo digitale che gli sia mandato il firmware di configurazione, segnalando poi con qualche segnale logico di configurazione il completamento con successo (o meno) dell'operazione, dando successivamente vita (pochissimi millisecondi dopo il completamento del caricamento) all'effettiva esecuzione della funzione logica da rappresentare. La memoria esterna provvederà, di solito sotto il controllo del FPGA stesso (che in questo caso fungerebbe da Master della comunicazione) all'invio del firmware di configurazione.

Alcuni colleghi potrebbero essere incuriositi ma nello stesso tempo diffidare dall'uso di una tecnologia di questo tipo: incuriositi dall'abnorme flessibilità che fornisce un loro uso proficiente, diffidenti per la notevole mole di competenze che sembrerebbe essere necessaria per un loro uso corretto ed affidabile. Purtroppo la pendenza della curva di apprendimento (che non è però enormemente più ripida di quella che si affronta per poter usare altri componenti digitali moderni) che bisogna comunque affrontare all'inizio riesce a far spesso desistere molti colleghi ad imboccare la strada dello studio, lasciandoli poi propendere verso soluzioni pronte all'uso (ASIC). A rallentare la diffusione di questi componenti storicamente è stato anche il costo di questi componenti che, anni fa era effettivamente spesso proibitivo, facendo si quindi che l'uso degli FPGA fosse relegato quasi esclusivamente ai mercati High-end dell'epoca, dove le produzioni raramente superavano il migliaio di

pezzi per tutto il ciclo di vita del prodotto che le vedeva presenti nella lista componenti. Oggi il costo di un FPGA (per unità logica) si è ridotto moltissimo grazie agli sviluppi delle moderne tecnologie microelettroniche. Un'altra motivazione che ha effettivamente rallentato la diffusione degli FPGA nei prodotti realizzati anche solo fino a 10 anni fa era l'eccessivo consumo energetico che caratterizzava gli FPGA messi sul mercato nel nuovo millennio. La riduzione delle geometrie di riga (con conseguente migliore e più efficiente distribuzione sui Wafers) e l'uso di materiali semiconduttori di nuova generazione, hanno insieme dato luogo ad una notevole riduzione dei costi e delle tensioni di alimentazione (oltre che delle correnti necessarie), facendo sì che questa preoccupazione per i progettisti sia ormai solo un romantico ricordo. Per tutte queste ragioni, gli FPGA si presentano quindi oggi ed ancor più domani come un'eccellente soluzione alternativa agli ASICs sia in termini energetici, sia in termini di spazi occupati sul circuito stampato oltre che in termini di costo unitario.

Architettura di un FPGA

Per la comprensione della struttura interna di un

FPGA si pensi ad esempio ad un **tappeto**, di solito composto da una miriade di fili orizzontali (chiamati *trame*), ed altrettanti fili verticali (chiamati *orditi*) sapientemente intrecciati a formare una splendida rappresentazione (di fatto una matrice di nodi tra fili) visiva.

L'effetto visivo che può dare il completamento di un tappeto dipende non solo dal colore dei fili ma anche dal colore e dalla posizione dei nodi composti dall'intreccio tra trame ed orditi.

Si noti come la magnificenza estetica, oltre che l'affidabilità meccanica e termica di un tappeto nel suo complesso dipendono dall'opportuna composizione di piccoli elementi di incrocio tra connessioni, tutti molto simili tra loro ed assiemati attraverso regole semplici ma ripetute con immensa maestria tante migliaia di volte.

Per capire allora perché il piano logico e connettivo strutturale di un FPGA viene di solito chiamato **Fabric** (che tradotto in italiano diventa "tessuto", proprio come quello che rappresenta ad esempio un tappeto), non dovrebbe essere complesso collegarlo alla forte analogia che sembra esserci tra tappeto (o un qualunque tessuto) ed un FPGA come si è appena dimostrato. I nodi del tappeto sono per



Figura 1 – Tappeto/tessuto come analogia con la struttura di un FPGA (Fabric)

il FPGA rappresentati dai cosiddetti **CLB** (Configurable Logic Block), ossia piccole unità logiche configurabili (programmabili) che sono analoghe ai nodi del tessuto, mentre gli orditi e le trame sono dei veri e propri collegamenti elettrici (anche essi attivabili o meno dall'operazione di configurazione del FPGA) chiamati a seconda dei casi CB (Connection Blocks) o SB (Switch blocks), che sono di fatto dei comuni blocchi di Pass-transistors) che interconnettono i CLB, e che scopriremo fra poco sono delle micro unità di connessione abilitabile.

Inserire quindi un sistema elettronico in un FPGA (ossia configurare quest'ultimo affinché rappresenti quel particolare sistema) corrisponde allora a scegliere quale dei tantissimi CLB messi a disposizione in un FPGA vergine (non ancora configurata) utilizzare e con quale configurazione scelta per rappresentare il circuito logico desiderato, oltre a stabilire quali interconnessioni (CB e/o SB) tra i CLB scelti e configurati vanno attivate, più meno come si fa con un tappeto quando si decide il disegno da ottenere con la sua realizzazione, e si intrecciano trame e orditi mentre sono montati su un telaio vergine. L'analogia sembrerebbe allora abbastanza completa.

A sollevare il lettore dalla probabile e pronta preoccupazione di quali e quanti CLB usare e come, venga puntuale e tranquillizzante il messaggio seguente: non deve occuparsi il progettista di scegliere la struttura a bassissimo livello di interconnessioni e configurazioni dei CLB, attività che non solo è molto complessa ma che richiede algoritmi di ottimizzazione molto sofisticati che una mente umana avrebbe difficoltà a concludere in tempi ragionevoli, figuriamoci a renderla anche efficiente come fanno oggi tutti i tools di sintesi e di implementazione (sono i nomi delle due fasi con cui tali programmi eseguono questa operazione di "tessitura elettronica").

"Progettare (con) un FPGA" (terminologia scorretta ma sicuramente di uso molto comune) significa progettare il circuito logico di alto livello che si desidera realizzare, non preoccupandosi di come tale circuito sarà fisicamente realizzato attraverso l'opportuna interconnessione di CLB correttamente configurati. A quest'ultima parte della realizzazione si occupano i tools di progettazione, indispensabili oggi per un progettista di sistemi con FPGA. Oltre a tools commerciali (messi a disposizione dai costruttori di FPGA, ma non solo) di

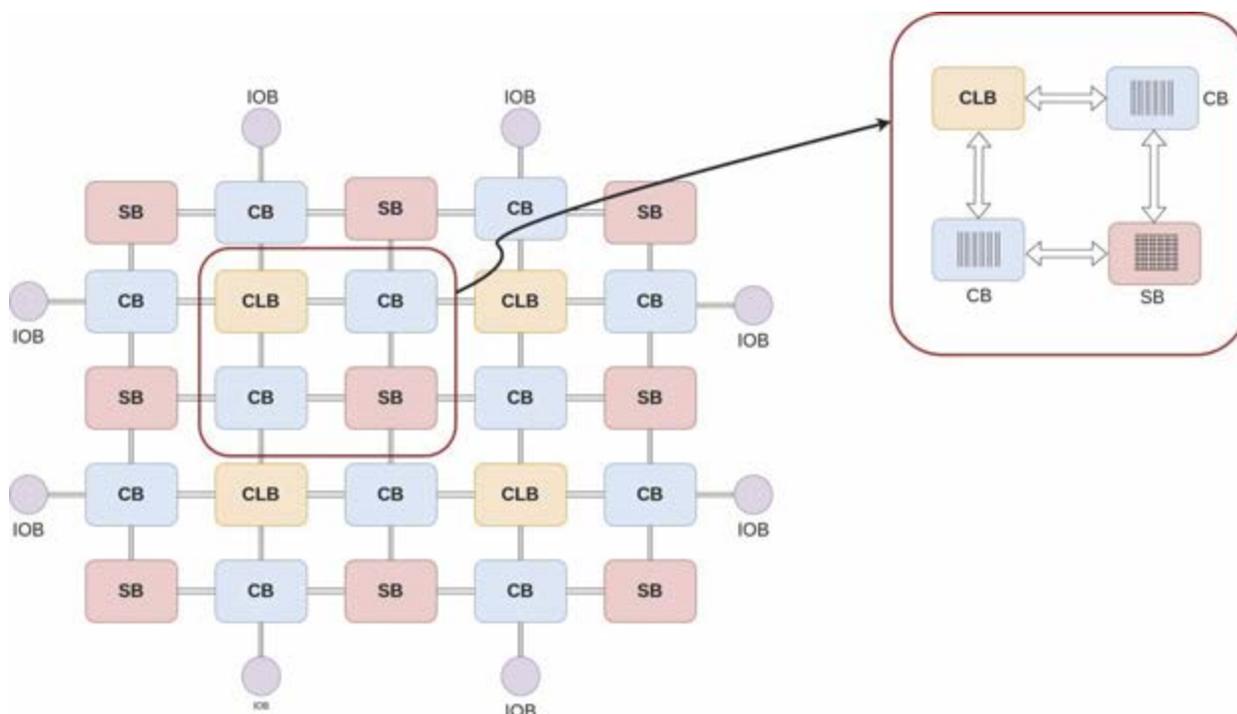


Figura 2 – struttura interna cosiddetta "a isole" di un FPGA

cui poter acquistare la licenza d'uso, esistono oggi tools gratuiti sebbene closed source che consentono di progettare FPGA di taglio piccolo e medio; esistono anche tools Open Source con cui realizzare un intero progetto FPGA.

Nella Figura 2 è rappresentato uno schema a blocchi non troppo distante dalla realtà di una porzione di una qualunque FPGA; si possono subito scorgere i seguenti elementi costituenti:

- CLB (Configurable Logic Blocks): sono blocchi logici elementari di un FPGA, composti di solito da Look-Up Tables (LUTs), Flip-Flops, ed a volte altre microfunzioni basiche;
- CB (Connection Blocks): sono blocchi per connessioni con/tra CLB e/o SB ma solo in una

direzione (ad es. solo verticale oppure orizzontale), ma non possono fornire connessione in più direzioni, neanche cambiandone la configurazione;

- SB (Switch blocks): per connessioni con/tra CLB e/o CB, ma che rendono possibile la connessione in molteplici le direzioni;
- IOB (I/O Blocks): per il collegamento tra i driver logici di Ingresso e/o Uscita del FPGA ed i pins fisici del componente.

La "programmazione" del FPGA renderà abilitati e configurati solo i CLB¹ che serviranno, collegando questi tra loro e verso i blocchi di I/O per realizzare la funzione desiderata.

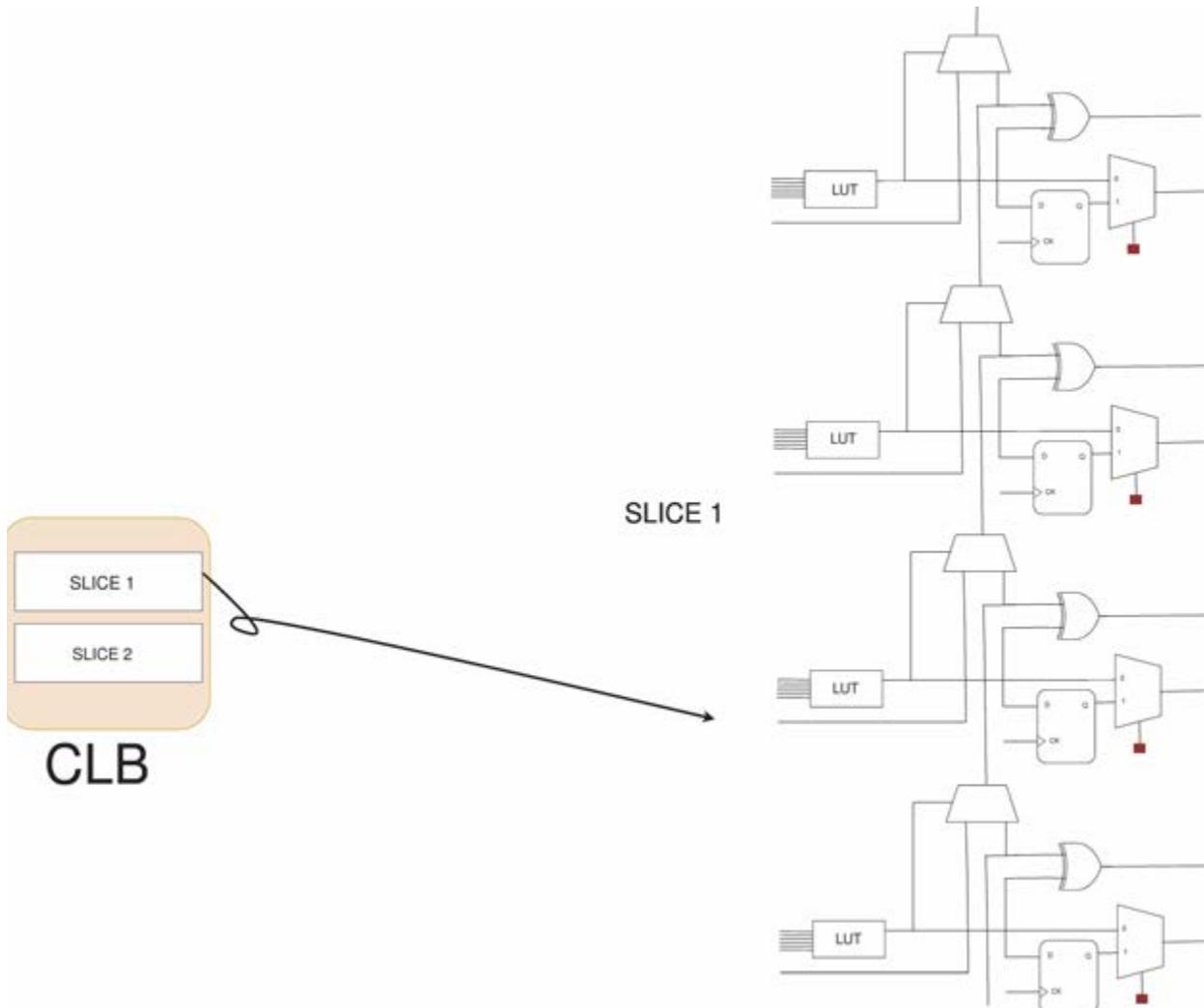


Figura 3 – CLB e una delle sue possibili strutture interne

Nella Figura 3 è indicata la possibile struttura interna di un CLB, dove è indicata anche un classico schema di ogni singolo componente presente al suo interno. Come si può vedere, un CLB è costituito da una o più slices (in questo esempio ne sono state indicate due ma sempre più spesso sono più numerose), a sua volta costituito da alcune Luts (Look Up Tables) connesse tra loro insieme a delle porte logiche opportunamente impiegate per realizzare la microfunzione logica che si può desiderare di ottenere.

Nella loro forma più semplice i CLB sono costituiti da una o più Luts (LookUp Table), ognuna che nelle versioni più classiche sono 4, 6 o più ingressi, collegate poi ognuna ad un elemento di memoria

(in questo caso un Flip-Flop) ed un Multiplexer in cascata, come mostrato in Figura 6.

Sappiamo già che le **LUTs** sono delle piccole reti combinatorie programmabili (il loro funzionamento è di solito spiegato dalla loro Tabella o Tavola di verità) che hanno la propria unica uscita a 1 o 0 a seconda della combinazione che si presenterà ai loro ingressi. Esisterà quindi una tabella delle associazioni in/out simile a questa (in questo caso una *Lut* a 4 ingressi).

Il motivo della presenza del FLIP-FLOP sta nella possibile necessità di "clockare" (più correttamente sincronizzare), ossia memorizzare l'informazione in uscita dalla Lut in un particolare istante (su un fronte del clock ben preciso) mentre lo scopo

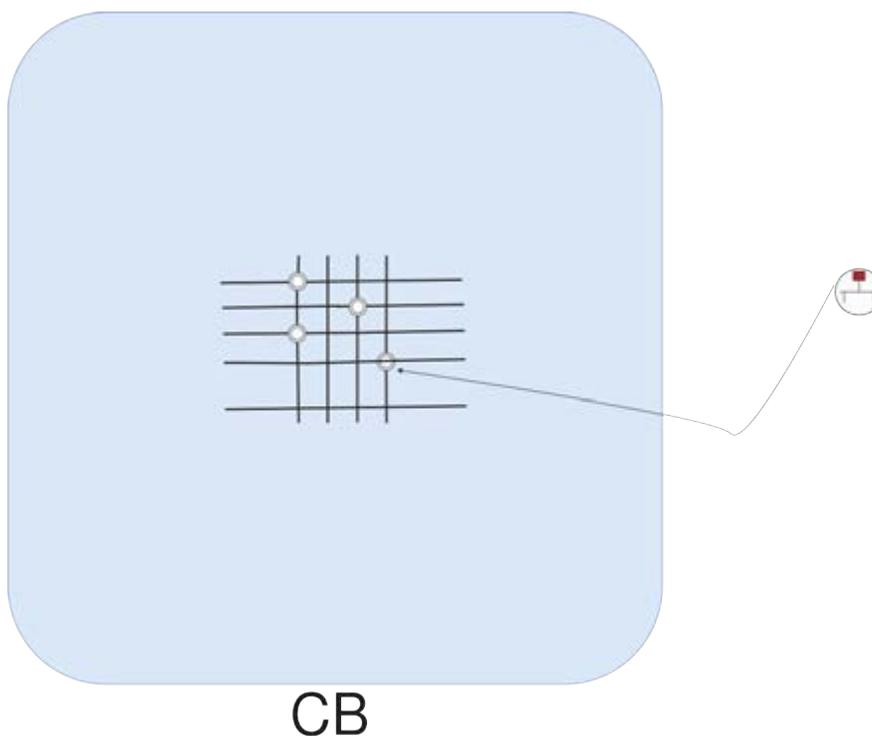


Figura 4 – SB e sua costituzione interna

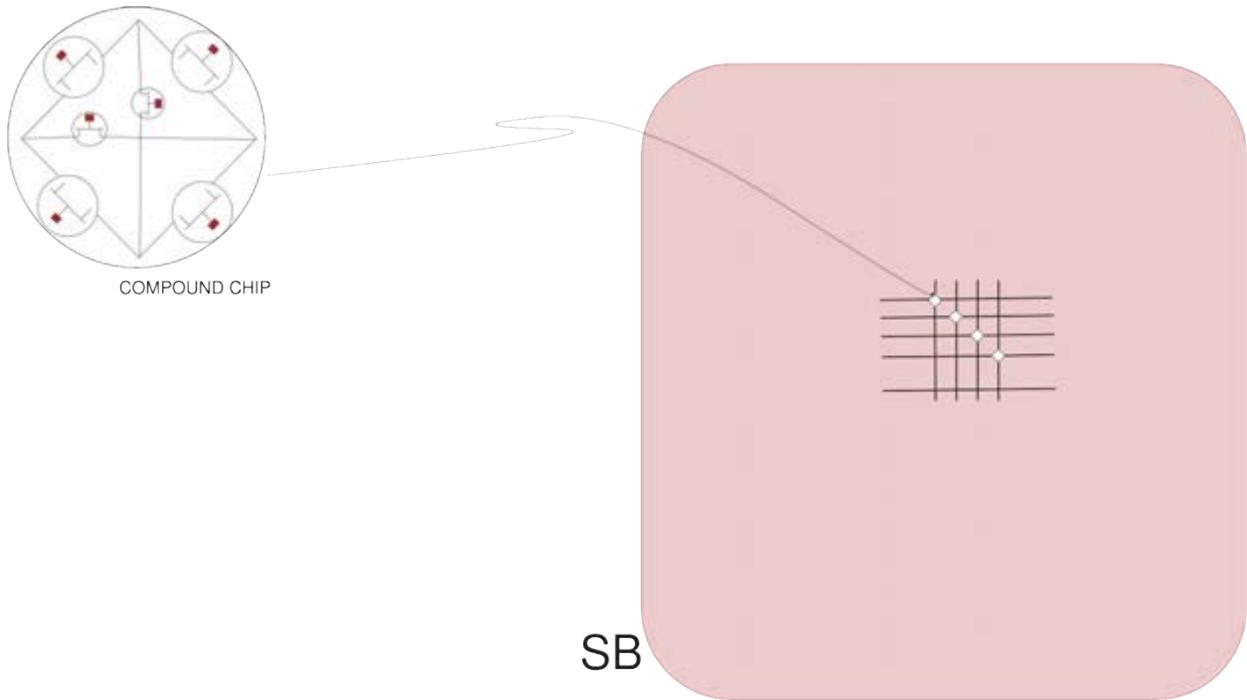


Figura 5 – CB e sua costituzione interna

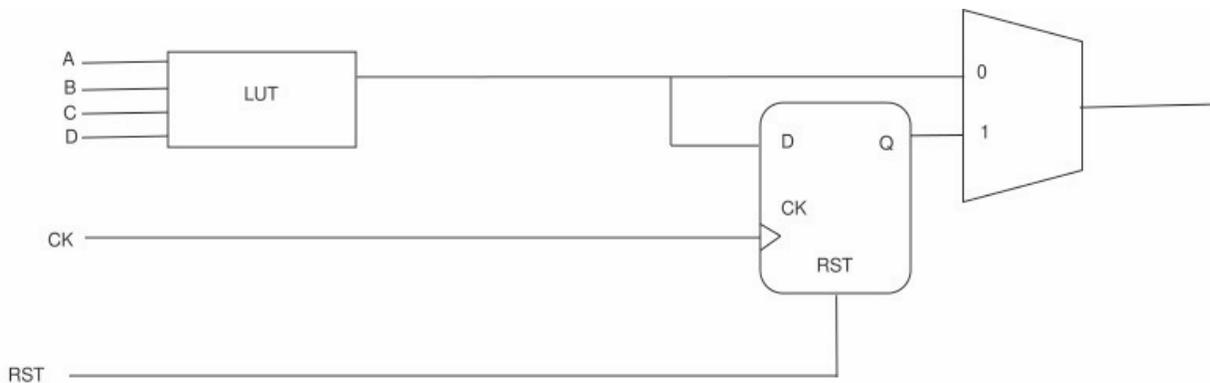


Figura 6 –schema interno della microstruttura interna a un CLB

D	C	B	A	Q
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1

:

1	1	1	0	1
1	1	1	1	0

Figura 7 – esempio di Lut a 4 ingressi

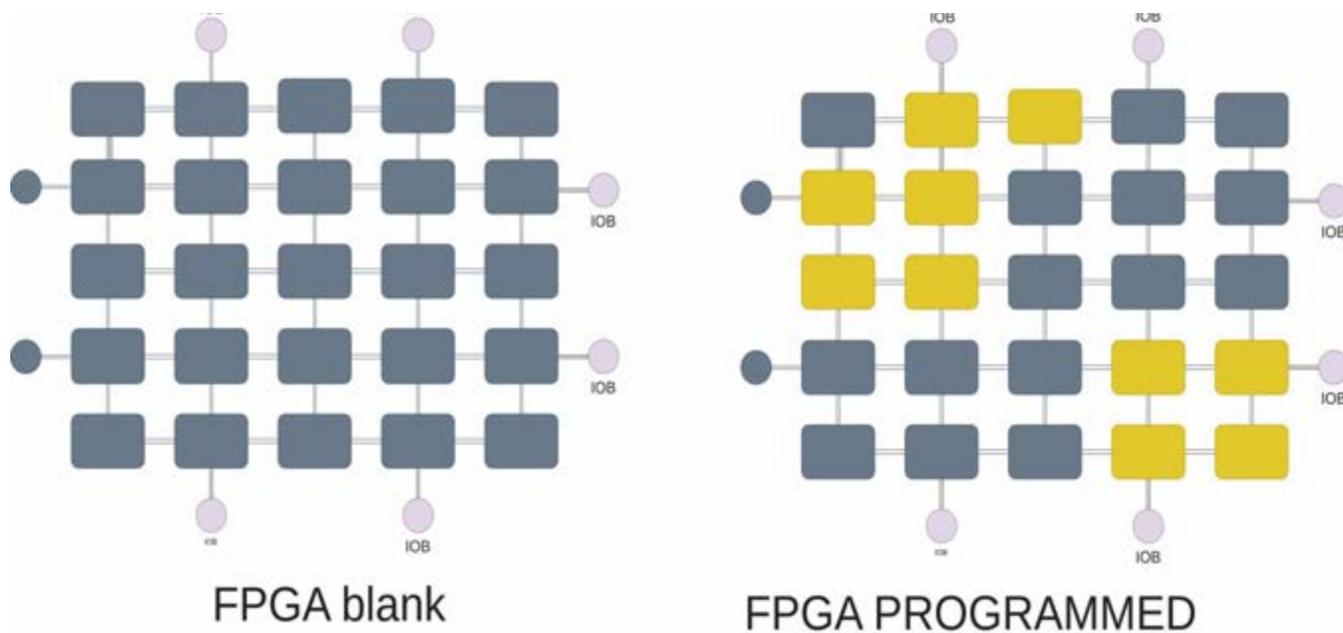


Figura 8 – FPGA vergine (a sx) ed FPGA programmato (a dx)



del Multiplexer è quello di consentire la scelta di usare l'uscita sincrona o quella asincrona. Nel nostro caso possiamo avere in uscita o il segnale che proviene dalla *Lut* oppure la sua versione sincronizzata che proviene dal Flip-Flop.

Configurare un CLB significa allora definire (riempire) completamente le tabelle di verità (*Luts*) e programmare il segnale di selezione dei Mux affinché si usi o meno l'uscita sincrona (come si diceva poco fa, queste non sono operazioni di cui si deve occupare il progettista, ma viene di solito demandata al tool di progettazione che solitamente il costruttore del FPGA mette a disposizione). Questi tools hanno come scopo finale la generazione di quello che di solito è chiamato **bitstream** (abbastanza spesso è un file con estensione .bit, ed è quello che fino ad ora avevamo indicato con "programma") che rappresenta quali e quanti blocchi abilitare e come connetterli, oltre a come sono riempite le *Luts* di ogni singolo CLB. Un FPGA appena saldato su un circuito stampato ed ancora non programmato avrà i suoi CLB vuoti, ossia non configurati quindi con uscite tutte nel loro stato di default (di solito in alta impedenza).

CB ed SB

Rappresentano di solito circa l'80-90% del semiconduttore presente in un FPGA (i CLB quindi rappresentano il 10-20%). Sono delle reti fatte da blocchi interconnessi di pass-transistors.

IOB

Gli I/O blocks (ecco perché sono chiamati IOB) consentono una connessione fisica della periferia del FPGA ai pins (spesso Balls, per packages BGA) fisici del componente, oltre ad effettuare un'eventuale conversione elettrica dei segnali digitali da/per il componente stesso, definendo anche la modalità di uscita o ingresso che si deve rispettare per un corretto funzionamento, adattando il FPGA stesso alla porzione di mondo che lo circonda: ad esempio, si sceglierà se abilitare per un dato pin d'uscita, uno stadio push-pull oppure un open-drain, dovendo poi il progettista adattarsi di conseguenza nella realizzazione del circuito esterno al FPGA.

Si desidera sottolineare che a volte lo stadio di ingresso e/o di uscita è configurabile liberamente (imponendo al progetto i cosiddetti *constraints*),

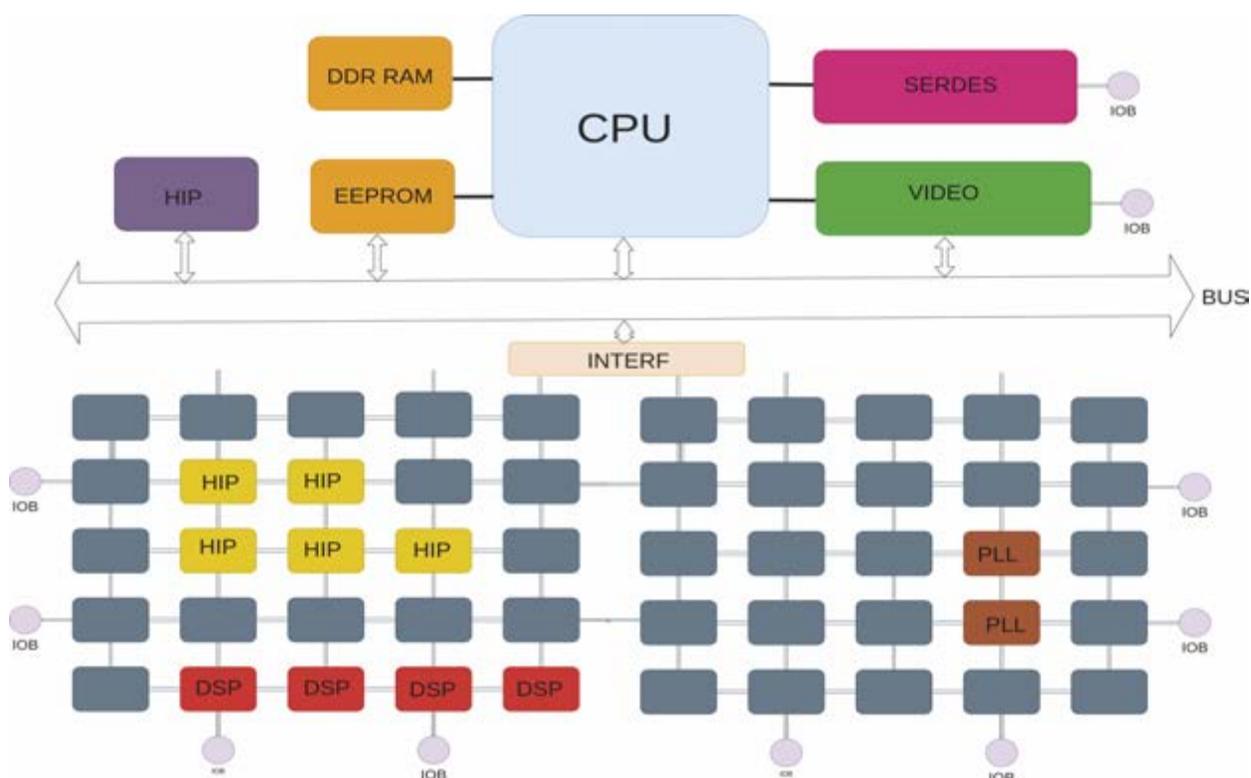


Figura 9 – una possibile struttura di SoC

altre volte invece, per quel particolare pin potrebbe non essere possibile scegliere il comportamento elettrico del segnale ad esso associato essendo stato imposto dal costruttore del FPGA, per quel particolare pin. Questa osservazione suggerisce caldamente al progettista di FPGA di scegliere accuratamente il pinout del sistema, prima che il pcb venga progettato.

Blocchi hardened

Quella di cui si è trattato finora riguarda la struttura di un FPGA classica che, a livello teorico è perfetta per descrivere alcuni meccanismi che sono a tutt'oggi presenti in ogni FPGA sul mercato ma che nel tempo si è notevolmente evoluta, aggiungendo ai microblocchi elementari (i CLB) tutta una serie di macroblocchi già inseriti dal costruttore e pronti all'uso qualora necessitassero, senza doverne stavolta progettare la struttura interna, ma semplicemente necessitanti una piccola fase di setup per rendere tale macroblocco attivo (se necessitasse la sua attivazione) ed opportunamente collegato con tutto il resto della funzione logica da rappresentare.

Si capisce subito la comodità di avere blocchi già pronti all'uso, come anche il fatto che va scelto il FPGA che dalla fabbrica esce con la tipologia di macroblocchi necessari per un determinato progetto, evitando di pagare il componente più del dovuto, oltre che consumare qualche mA di troppo. I macro blocchi più utilizzati sono senz'altro i convertitori PLL, i DSP, i SERDES e gli Hard-IP (ad esempio i microprocessori).

I DSP servono di solito per realizzare funzioni di elaborazione di segnali Digitali quali ad esempio il filtraggio; i PLL sono usualmente utilizzati per il trattamento e la variazione in frequenza e/o sincronizzazione di segnali provenienti da oscillatori a bassa frequenza per la realizzazione di clocks senza l'ausilio dei CLB e reti di connessione che renderebbero ritardi e fenomeni di jittering o di violazione dei tempi di setup o di hold alquanto controproducenti.

Altri blocchi molto usati sono i cosiddetti SERDES ossia blocchi di serializzazione e deserializzazione di dati paralleli (SERializer-DESerializer), con cui riuscire a creare interfacce seriali ad alta velocità come ad esempio PCIe, Ethernet, MIPI, etc.

Tutti questi blocchi sono chiamati complessivamente **Hard-IP** o **HIP** (IP: Intellectual Property) per dire che sono stati "hardened" ossia messi fisicamente dal costruttore nello FPGA e pronti all'uso per il progettista, venendo poi abilitati e parametrizzati direttamente dai/nei nostri firmwares, a differenza dei cosiddetti **Soft-IP** che non sono fisicamente presenti nello FPGA quando esce dalla fabbrica² ma vanno invece realizzati col nostro firmware.

L'obiettivo quindi del progettista di FPGA è quello di realizzare una macrofunzione digitale scrivendo il suo SOFT-IP (o più semplicemente IP) che interagisca, se vuole, con gli Hard-IP a sua disposizione (già presenti nel componente che ha scelto).

SoC

È già da almeno tre o quattro lustri che alcuni tra i costruttori di FPGA più affermati preferiscono inserire in modalità hardened un particolare macroblocco (forse tra i più importanti ed attualmente tra i più utilizzati): un microprocessore (single o multi core) per creare una piattaforma logico (il FPGA)-computazionale (il microprocessore) di cui spesso si può aver bisogno ma integrata in un unico circuito integrato. In tal caso il componente prende il nome di Soc (System On a Chip).

Ad oggi non sembra essere sufficientemente corretto dichiarare che un SoC sia in realtà una CPU con un FPGA al suo interno, oppure un FPGA che contiene una CPU. Più onestamente, in un SoC convivono oggi con pari dignità tecnologica.

In tali configurazioni si capisce subito quant'è importante la modalità (velocità) di scambio delle informazioni tra microprocessore ed FPGA, perché la velocità con cui si rende possibile farlo grazie alla loro presenza entrambi in un unico IC regala sia flessibilità, potenza di calcolo e velocità di comunicazione al progettista.

In Figura 9 vi è un esempio di SoC dove l'interfaccia tra parte logica e parte computazionale, con l'ausilio di un unico BUS di sistema che rappresenta il confine tecnologico tra i due mondi digitali all'interno di un Soc.

Filosofie di progettazione

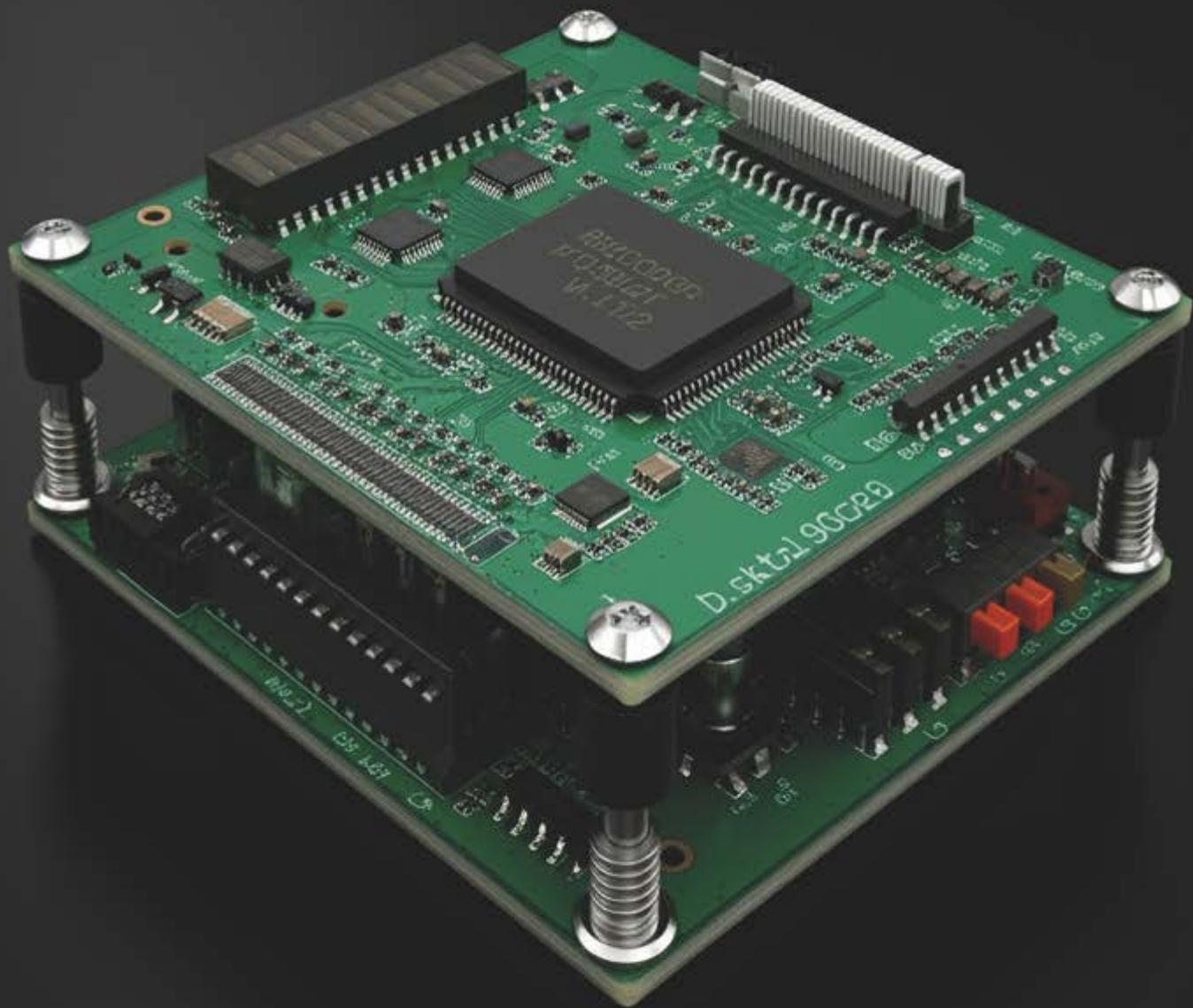
Anche per progettare un FPGA, così come si fa di solito nell'Ingegneria, per progettare un aereo, una casa od un problema complesso in una serie

di problemi più semplici interconnessi tra loro. È quindi sempre buona norma studiare il sistema nel suo insieme per poi scegliere se utilizzare una metodologia di scomposizione di un problema top-down (ossia scendere da un livello di definizione più grande ad uno immediatamente inferiore) con cui partire per esempio da un castello ci si interessa più tardi della singola finestra, oppure la metodologia inversa bottom-up con cui si può viaggiare sul percorso progettuale in direzione opposta.

Metodologie di progettazione

In passato si è scritto volutamente impropriamente il termine "programmazione" o "programmare" un FPGA (anche se spesso lo si è più correttamente chiamato "configurare"), intendendo non tanto che un FPGA si potesse progettare attraverso un listato scritto in un linguaggio di programmazione, le cui istruzioni verranno eseguite una dopo l'altra come ci si attende dai processori, quanto perché la definizione di un FPGA (la descrizione del sistema che andranno a rappresentare) si è soliti effettuarla con un linguaggio *descrittivo* i cui costrutti richiamano gli analoghi della programmazione. Tra i due linguaggi c'è però una differenza importantissima che non va assolutamente ignorata: mentre in un linguaggio di programmazione (come ad esempio il C, il Pascal, Java,...) il processore si troverà ad eseguire istruzioni una dopo l'altra con la definizione delle azioni che dovrà eseguire di volta in volta, nello FPGA il linguaggio descrive come l'hardware rappresentato dalla interconnessione di opportuni CLB opportunamente configurati dovrà aver luogo, e non necessariamente sarà composto una sequenza di azioni, ma si descriverà cosa si vuole realizzare con il nostro FPGA a partire da qualche millisecondo dopo che gli verrà data l'alimentazione. S'immagini ad un linguaggio descrittivo che possa servire per descrivere come arredare una stanza da letto: "le pareti saranno celesti, ci sarà un letto, un comodino, 3 quadri, una poltrona ed un vaso fiori freschi..." e questo dovrà valere sempre (definizioni), e non si tratterà di fatti che accadranno uno dopo l'altro (istruzioni). Nel nostro caso (FPGA) si definisce COSA bisognerà essere sempre (parallelismo della definizione), nel secondo (un Processore) cosa bisognerà FARE (un'operazione alla volta).

I linguaggi descrittivi attualmente più usati per



progettare un FPGA vengono chiamati guarda il caso **HDL** (Hardware Description Languages), e ad ognuno di essi è sempre associata una sorta di “compilatore” (anche qui la terminologia è volutamente scorretta ma utile per capire il suo compito) che tradurrà la lista di “requisiti” (le istruzioni in linguaggio HDL) che vogliamo per il nostro circuito integrato “customizzato” nella scelta di quali CLB configurare e come farlo (oltre a come interconnetterli tra loro ed ai pins del componente) affinché tutti insieme rappresentino la “stanza” coi i “mobili” scelti (ossia la funzione digitale che desideriamo implementare per mezzo dello FPGA) che desideravamo.

Modalità di progettazione

Si desidera concludere quest’articolo con un breve cenno alle modalità di progettazione oggi più utilizzate per la realizzazione di sistemi basati su FPGA. Ai giorni d’oggi si è soliti distinguere tra due principali classi di metodi progettuali: metodo **testuale** e quello **grafico**.

Progettazione in modalità testuale

Con la programmazione testuale (che abbiamo già più volte accennato in questo articolo) si è soliti descrivere il sistema attraverso una lista di caratteristiche scritta utilizzando un linguaggio che ricordiamo essere definito con l’acronimo HDL (Hardware Description Languages); i linguaggi HDL più utilizzati ad oggi sono **VHDL** e **Verilog**, anche se ultimamente si sono affacciati alla ribalta altri linguaggi come **System Verilog**, **myHDL**, **Chisel**, **Impulse C**, **SpinalHDL**, alcuni dei quali con dei costrutti derivati da linguaggi di programmazione di alto livello come C, Ada, Pascal, Java, Scala e Python. Utilizzare *Verilog* o *VHDL* come linguaggio di progettazione è probabilmente solo una questione di gusti e propensione/abitudine verso una o l’altra tipologia di sintassi. Infatti, il *Verilog* sembra essere simile al linguaggio C (forse leggermente più compatto ma altrettanto meno leggibile del VHDL), mentre VHDL lo è di più alla sintassi di Pascal o ADA (più verboso ma più leggibile del Verilog).

La comunità mondiale si divide più o meno al 50%: ognuna delle “fazioni” cerca di convincere l’altra che il suo linguaggio ha dei vantaggi maggiori rispetto all’altro: probabilmente, iniziando da zero conviene scegliere in base al linguaggio di programmazione per processori con cui ci si sente più a proprio agio.

La nostra fortuna è che praticamente tutti i tools di progettazione consentono di gestire progetti contenenti moduli misti, *Verilog* e *VHDL*; quindi, si può anche fare una mistura dei due mondi in un unico progetto.

Progettazione in modalità grafica

La programmazione grafica è la modalità con cui si interconnettono, come ci si trovasse a disegnare uno schema elettrico una serie di sottoassiemi (da semplici porte logiche fino a blocchi digitali complessi) che complessivamente rappresenteranno il sistema desiderato. Purtroppo, non esiste in tutti i sistemi di sviluppo, e soprattutto non sempre è vendor-independent, ossia ogni produttore la rende disponibile con modalità di esportazione diversa dagli altri produttori di componenti FPGA. Qualora poi questo metodo progettuale fosse impiegato per la progettazione di sistemi SoC con l’integrazione di Macroblocchi proprietari, il sistema che ne deriverebbe sarebbe fortemente vendor-dependent, ossia poco scalabile e ancor meno portabile, obbligando nel futuro il progettista che volesse riutilizzare modificandolo un determinato progetto a utilizzare FPGA dello stesso identico brand.

Inoltre, dovrebbe esser subito chiaro che per sistemi complessi (tantissime porte logiche, tantissimi sistemi di memoria...), utilizzare questa metodologia rischia di appesantire eccessivamente la gestione del progetto, anche se potrebbe agevolare quanti colleghi sono abituati a disegnare schemi elettrici con componenti digitali, aiutandoli a realizzare comunque la trasposizione di uno schema elettrico pensato per dei componenti discreti in un bitstream per un FPGA (in tal caso integrato)³.

Note

1. Il termine CLB è un termine commerciale usato da alcuni brands (costruttori di FPGA) che vendono FPGA. Altri loro competitori usano termini diversi (per esempio LAB) per intendere una struttura logica dalle funzioni simili.
2. Si dovrebbe capire rapidamente che il costo di un FPGA dipende da quanto "semiconduttore" è al suo interno, sia che esso sia già stato utilizzato dal costruttore di FPGA per degli HARD-IP, che libero per creare la funzione logica desiderata dal progettista.
3. Come si ripete ancora una volta, si prega di considerare il presente articolo come puramente introduttivo, desiderando solamente sollecitare la curiosità dei colleghi progettisti che ancora non hanno avuto l'opportunità di usare gli FPGA nei loro progetti, suggerendo caldamente ad essi di provvedere con un'integrazione di ciò che si proporrà in questo articolo, per esempio utilizzando uno o più dei testi indicati nella bibliografia presente qui a seguire. La commissione Elettronica e Micro-elettronica dell'Ordine Ingegneri di Roma ha già organizzato nel 2024 eventi per la presentazione delle principali soluzioni FPGA allo stato dell'arte, e proseguirà su questa strada nel 2025 con la presentazione di scenari applicativi dove gli FPGA si stanno sempre più distinguendo rispetto a configurazioni progettuali dove si possono trovare ASICs, DSPs o uPs.

Bibliografia

- J.F. Wakerly "Digital Design: Principles and Practices", 4th ed. (Prentice Hall)
- Rushton "VHDL for Logic Synthesis", 2nd ed. (John Wiley & Sons)
- U. Meyer-Baese "Digital Signal Processing with Field Programmable Gate Arrays" (Springer)
- E. Hwang "Principles of Digital Logic Design" (John Wiley & Sons)
- Maxfield, Clive "The Design Warrior's Guide to FPGAs: Devices, Tools and Flows" (Elsevier)
- Hideharu Amano "Principles and Structures of FPGAs" (Springer)
- Mem Unsalan & Bora Tar "Digital system design with FPGA- implementation using Verilog and Vhdl" (McGraw & Hill)
- Brock J. LaMeres "Introduction to Logic Circuits & Logic Design with Verilog" (Springer)
- Stephen Brown Z. Vranesic "Fundamentals of Digital Logic with Vhdl design" (McGraw & Hill)
- V. Taraate "Advanced HDL Synthesis and SOC Prototyping RTL Design Using Verilog" (Springer)
- Volnei A. Pedroni "Circuit Design and Simulation with VHDL" (Mit Press)
- Richard Munden "Asic and Fpga verification: a guide to component modeling" (Elsevier)
- Samir Palnitkar "Verilog HDL: A Guide to Digital Design and Synthesis" (SunSoft Press)
- Brock J. LaMeres "Introduction to Logic Circuits & Logic Design with Verilog" (Springer)
- Douglas L. Perry "Vhdl" (McGraw & Hill)
- Zainalabedin Navabi "Vhdl: Analysis and Modeling of Digital Systems" (McGraw & Hill)
- Scott Hauck André Dehon "Reconfigurable computing" (Elsevier)
- Peter J. Ashenden "The Designer's Guide to VHDL" (Elsevier)
- Peter J. Ashenden "The System Designer's Guide to VHDL-AMS" (Elsevier)
- Steve Kilts "Advanced FPGA Design Architecture, Implementation, and Optimization" (John Wiley & Sons)
- Samir Palnitkar "Verilog HDL- A guide to Digital Design and Synthesis" (SunSoft Press)



22 Feb

Departures

Time	To	Airline	Flight	Gate	Status
13:20	Berlino	ITA	601	10	On time
13:25	Malpensa	ITA	602	11	On time
13:30	Manchester	ITA	603	12	On time
13:35	Stoccolma - Suse	ITA	604	13	On time
13:40	Algeria	ITA	605	14	On time
13:45	Napoli	ITA	606	15	On time
13:50	Orly	ITA	607	16	On time
13:55	London Stan	ITA	608	17	On time
14:00	Atene	ITA	609	18	On time
14:05	London Heathrow	ITA	610	19	On time
14:10	Frankfurt	ITA	611	20	On time
14:15	Parigi Orly	ITA	612	21	On time
14:20	Dubai	ITA	613	22	On time
14:25	Doha	ITA	614	23	On time
14:30	Romolo	ITA	615	24	On time
14:35	Parigi	ITA	616	25	On time
14:40	Milano Linate	ITA	617	26	On time
14:45	Munster	ITA	618	27	On time
14:50	Vienna	ITA	619	28	On time
14:55	Berlino	ITA	620	29	On time
15:00	London Heathrow	ITA	621	30	On time
15:05	Malpensa	ITA	622	31	On time
15:10	Frankfurt	ITA	623	32	On time
15:15	Vienna	ITA	624	33	On time
15:20	Capri	ITA	625	34	On time
15:25	Barcellona	ITA	626	35	On time
15:30	Madrid	ITA	627	36	On time

Previous flights on the left
Subsequent flights on the right



a cura di:
ING. R. CARRARA, ING. A. FERRACCI, ING. S. LO SARDO
ING. F. A. MARCIANO, ING. F. CARATOZZOLO
ING. R. DALL'ALBA, ING. S. NARDONI

Revisionato da:
ING. O. FANELLI

Commissione:
MODELLI E DATI DI SUPPORTO ALLE DECISIONI



LA CENTRALITÀ DELL'INTERMODALITÀ NEL PROCESSO DI CRESCITA DELL'HUB AEROPORTUALE LEONARDO DA VINCI: IL RUOLO DALLA STAZIONE DI FIUMICINO AEROPORTO E I POTENZIALI SCENARI EVOLUTIVI

Introduzione

L'Aeroporto Intercontinentale "Leonardo da Vinci", inaugurato nel 1961, rappresenta il primo aeroporto della Capitale in termini di traffico e di tutto il Paese e si estende su di una superficie di circa 15 kmq all'interno del comune di Fiumicino. Rispetto al progetto originario, sono stati notevoli gli interventi di ampliamento che hanno trasformato la struttura di partenza, rendendolo un'opera in continua evoluzione.

Con riferimento ad un così prestigioso e complesso hub aeroportuale, obiettivo del presente articolo è quello di analizzare la relazione che lo lega al sistema ferroviario, fra le principali modalità di accesso/egresso all'aeroporto di Fiumicino, e di evidenziare come sussistano le condizioni per valutare un potenziamento infrastrutturale della stazione ferroviaria di Fiumicino Aeroporto, al fine di supportare gli incrementi dei futuri volumi di traffico passeggeri derivanti dall'implementazione dei programmi di sviluppo infrastrutturali dello scalo aeroportuale.

A tal fine, sarà presentata dapprima un'analisi di domanda volta a verificare la correlazione tra il

trend di frequentazione dell'aeroporto e quello di utilizzo della stazione ferroviaria, dimostrando come questo "legame" possa innescare, in prospettiva, l'esigenza di un incremento dell'offerta ferroviaria.

Successivamente, saranno presentati i risultati di un'analisi relativa all'offerta ferroviaria eseguita attraverso l'ausilio di un metodo matematico di tipo statistico che evidenzieranno, come tale prevedibile, la necessità di incremento dei servizi ferroviari sia ammissibile solo a fronte di un adeguato potenziamento del nodo stazione per sopraggiunti limiti di capacità. In particolare, attraverso un processo di tipo speditivo ma plausibile ed affidabile, si individuerà quella che potrebbe essere la configurazione infrastrutturale futura in termini di numero di binari di attestamento che, a condizioni di esercizio invariate o migliorative rispetto alle attuali, potrà consentire l'incremento dei servizi ferroviari di collegamento con l'aeroporto.

L'incontro tra i sistemi aeroportuale e ferroviario e la sintesi delle considerazioni riportate nelle pagine che seguono chiama in causa i due principali stakeholders, che giocano un ruolo chiave

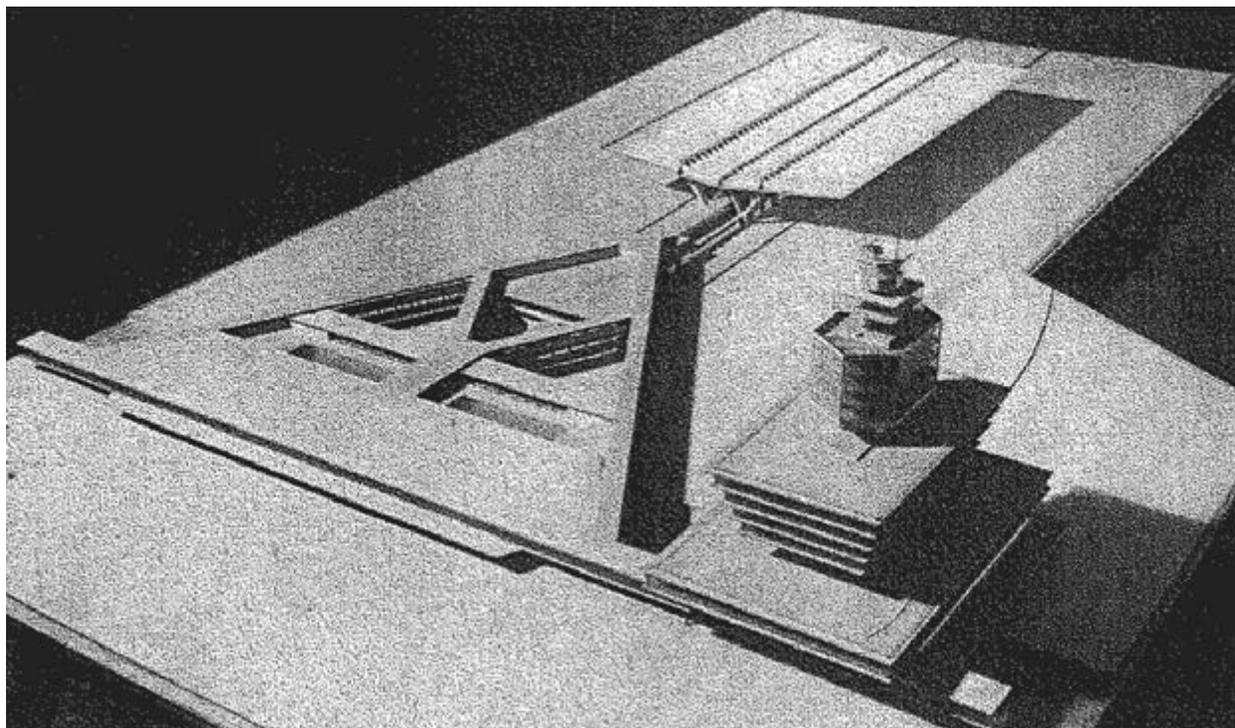


Figura 1 - Pier Luigi Nervi: veduta di uno dei bracci del terminal con la torre di controllo¹.

nel rendere possibile il processo di sviluppo negli orizzonti temporali futuri. In quest'ottica vedremo come l'avvio di un percorso di collaborazione tra Aeroporti di Roma (ADR) e il Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane (FSI) sia il naturale esito nel processo di una sempre maggiore integrazione tra le modalità treno e aereo.

Evoluzione della domanda aeroportuale

La crescita della domanda di traffico aereo è una costante mondiale che caratterizza tale modalità di trasporto dagli anni 60 ad oggi, al netto di puntuali crisi di settore. Tra i principali fattori che hanno dato luogo a tale crescita vanno certamente segnalati il boom del turismo globale e l'apertura di nuovi mercati.

In linea con il trend mondiale, anche lo scalo di Fiumicino ha visto una forte crescita del numero dei passeggeri passando dai 23,6 Milioni totali del 2000 ai 40,5 Milioni del 2023 (+72%), nonostante questo trend sia stato condizionato recentemente dal biennio 2020-2022, caratterizzato dalla crisi mondiale legata alla pandemia da COVID-19. L'andamento che si sta registrando nel corso della

prima parte del 2024 fa ritenere che la crisi sia definitivamente superata con volumi di traffico significativamente superiori a quelli ante 2020.

Ai fini dell'analisi presentata, è utile specificare che i passeggeri totali transitanti in un aeroporto possono essere suddivisi in tre cluster principali:

- **originanti**, sono i passeggeri che iniziano il loro viaggio in un determinato aeroporto, ovvero sia che hanno come punto di partenza l'aeroporto di analisi;
- **terminanti**, sono i passeggeri che concludono il loro viaggio in un determinato aeroporto, ovvero sia che hanno come destinazione finale l'aeroporto di analisi;
- **transfer**, sono i passeggeri che utilizzano l'aeroporto di analisi come punto di transito per cambiare volo facendo scalo per imbarcarsi su un altro volo che li porterà alla destinazione finale (per questa tipologia di passeggeri, quindi, non si identifica una modalità di accesso o di egresso dall'aeroporto).

Considerato che l'analisi della domanda dei passeggeri sviluppata si è focalizzata sui passeggeri che utilizzano l'infrastruttura ferroviaria, di seguito



Anno	Originanti	Originanti e terminanti	Utenti servizio ferroviario	
	(mil PAX)	(mil PAX)	Tot. (mil PAX)	Val. %
2011	13,72	27,29	7,07	25,90%
2012	13,38	26,61	7,05	26,50%
2013	13	25,80	6,68	25,90%
2014	14,24	28,36	6,66	23,50%
2015	14,77	29,46	7,69	26,10%
2016	15,38	30,74	7,41	24,10%
2017	15,36	30,74	8,61	28,00%
2018	16,1	32,26	9,16	28,40%
2019	16,42	32,92	8,49	25,80%
2020	3,58	7,19	1,21	16,80%
2021	4,86	9,79	2,24	22,90%
2022	12,84	25,71	5,48	21,30%
2023	17,22	34,38	11,31	32,90%

Tabella 1 - Serie storica dei passeggeri originanti e terminanti all'aeroporto di Fiumicino e di quelli che utilizzano il servizio ferroviario



Figura 2 - Andamento dei passeggeri aeroportuali e degli utilizzatori della stazione ferroviaria

vengono analizzate le statistiche relative ai soli passeggeri originanti e terminanti. Inoltre, l'analisi si concentra sul periodo 2011-2023, poiché solamente dal 2011 si dispone di una fonte informativa che consente di stimare gli utenti del servizio ferroviario².

Ciò premesso, si evidenzia che, in linea con la crescita della domanda globale di traffico aereo, anche i passeggeri originanti e terminanti nell'aeroporto

di Fiumicino sono fortemente cresciuti negli anni, passando da circa 27,3 M di passeggeri nel 2011 fino a 34,4 M di passeggeri nel 2023 (+26%). È interessante osservare come nello stesso lasso di tempo ancora più marcata è stata la crescita del numero di passeggeri che raggiungono o partono dall'aeroporto di Fiumicino in treno, passando da circa 7,1M di passeggeri nel 2011 a circa 11,3M nel 2023 (+59%). Nella tabella e nel grafico di seguito



Figura 3 - Rappresentazione dell'andamento degli utenti aeroportuali e della stazione ferroviaria attraverso numeri indice e relative linee di tendenza (base 2011=100)

sono riportati i volumi di traffico annuali registrati degli originanti, degli originanti sommati ai terminanti e dei passeggeri che usano il treno per l'accesso/egresso all'aeroporto di Fiumicino.

Dall'analisi del grafico della Figura 2 e della Tabella 1 si evidenzia che, al netto del periodo pandemico, il numero di originanti e terminanti è costantemente cresciuto, così come il numero dei passeggeri che utilizza il treno per gli spostamenti di accesso ed egresso presenta un trend complessivamente di crescita anche se con un andamento più altalenante. Questo fenomeno è ben evidenziato nella successiva Figura 3, dove i dati sono rappresentati in termini di numero indice³ (base 2011=100), con l'esclusione degli anni 2020-2022 che sono caratterizzati da un evento eccezionale che distorce l'andamento generale.

Questo trend, che proprio nel 2023 ha visto una importantissima crescita degli utenti del servizio ferroviario, è un primo importante indizio che suggerisce, anche alla luce dei previsti ulteriori sviluppi dell'infrastruttura aeroportuale, di approfondire con particolare attenzione il funzionamento del terminale ferroviario ed i vincoli che ne caratterizzano l'esercizio anche al fine di poter valutare l'opportunità di eventuali sviluppi infrastrutturali necessari.

Evoluzione del nodo aeroportuale

All'interno della filiera del trasporto aereo, l'aeroporto, oltre a contribuire in modo determinante allo sviluppo economico e sociale del Paese garantendo la mobilità delle persone e delle merci a livello nazionale ed internazionale, fornisce una varietà di servizi finalizzati ad assicurare il massimo livello di efficienza e sicurezza al passeggero. Tra questi servizi è fondamentale l'accessibilità per consentire agli utenti (passeggeri ed operatori aeroportuali) di raggiungere lo scalo.

Secondo le attuali previsioni di crescita, il sistema delle aerostazioni così come è stato definito nel corso degli ultimi anni sarà in grado di far fronte all'incremento di traffico erogando la stessa qualità di servizi almeno per il prossimo decennio; per gli anni a seguire è in fase di studio una possibile nuova espansione calibrata sulle previsioni di traffico al 2046, anno in cui terminerà l'attuale concessione.

La crescita dell'aeroporto Leonardo da Vinci, il cui traffico dal 1989 a oggi è triplicato, ha avuto e continua ad avere un impatto importante sul territorio circostante in termini di spostamenti legati ai passeggeri, agli operatori aeroportuali, allo spostamento delle merci.

Tra gli impegni di Aeroporti di Roma (ADR) c'è anche quello di creare sinergie con le comunità e le autorità locali al fine di supportarne l'economia e di contribuire alla ricerca di soluzioni che permettano di superare le criticità legate al traffico stradale da e per l'aeroporto, sostenendo la necessità di sviluppare le infrastrutture aeroportuali in modo integrato a quelle del territorio.

A tale scopo è stato siglato un accordo con Ferrovie dello Stato Italiane, volto a potenziare la presenza delle infrastrutture ferroviarie in aeroporto, potenziare il servizio di collegamento con la Capitale e sviluppare soluzioni integrate di mobilità, riducendo inoltre le emissioni legate all'accessibilità dei passeggeri da e verso l'aeroporto.

La costruzione del futuro del Leonardo da Vinci non parte da oggi, ma trae forza da tutto il lavoro portato avanti nell'ultimo trentennio con lungimiranza, capacità di gestire i cambiamenti, di cavalcare l'innovazione, di rispettare gli impegni presi, garantendo crescita e sviluppo nel rispetto dei viaggiatori, degli operatori aeroportuali e di tutti coloro che con il loro lavoro hanno contribuito alla trasformazione dello scalo di Fiumicino in un hub di primaria importanza a livello internazionale.

La stazione ferroviaria di Fiumicino Aeroporto

Per quanto riguarda il suo posizionamento, all'interno della rete ferroviaria nazionale e più specificatamente del nodo di Roma, l'impianto di Fiumicino rappresenta la stazione terminale della linea a doppio binario Ostiense – Fiumicino Aeroporto, che costituisce una tratta di una dorsale ferroviaria più estesa che attraversa l'intera Regione Lazio adibita principalmente al traffico regionale/metropolitano. Infatti, su questa linea è implementato il servizio

regionale FL1 che collega la parte nord-est della regione Lazio (Orte - Fara Sabina), attraversando prima la provincia di Roma (Monterotondo), poi la città di Roma (percorrendo l'arco sud-est dell'anello ferroviario) servendo le stazioni della tratta tra Tiburtina e Ostiense/Trastevere ed infine la parte sud-ovest della provincia di Roma (servendo oltre 6 fermate/stazioni) per terminare, in corrispondenza della stazione a servizio dello scalo aeroportuale. La linea, inoltre, permette il collegamento con lo scalo aeroportuale anche con altre località della provincia, in virtù delle molteplici opportunità di scambio consentite in diverse stazioni del nodo di Roma servite dal servizio FL1 e delle altre linee regionali FL.

La stazione di testa di Fiumicino presenta un layout funzionale che si compone di tre binari tronchi di attestamento serviti da due banchine ad isola per la salita e la discesa dei passeggeri. Le circolazioni all'interno dell'impianto sono gestite attraverso comunicazioni che consentono l'arrivo/partenza dei treni con itinerari a 60 km/h. Le banchine hanno un modulo utile per l'attestamento pari a 243 m (fonte Fascicolo di Linea FL112 di RFI) rendendo possibile, quindi, l'attestamento delle diverse tipologie di materiali utilizzati per i servizi regionali, alta velocità e il servizio no-stop Leonardo Express, che collega l'aeroporto direttamente con la Stazione Termini nel centro di Roma.

Nella Figura 4 è illustrato il layout funzionale attuale della stazione ferroviaria di Fiumicino aeroporto.

Nella Figura 5 è illustrata la collocazione geografica dell'impianto ferroviario di Fiumicino nell'ambito della rete ferroviaria di nodo e laziale.



Figura 4 - Layout funzionale della stazione ferroviaria di Fiumicino Aeroporto

I servizi ferroviari attuali

Con riferimento all'offerta commerciale del primo semestre del 2024, la stazione gestisce un numero complessivo di 262⁴ treni/giorno equamente ripartiti tra arrivi e partenze su 18,5 ore di servizio giornaliero e articolati su tre tipologie di servizi come di seguito riportato (fonte, P.I.C. - Piattaforma Integrata Circolazione di RFI):

- 126 treni/giorno, relativi ai servizi regionali FL1 da/per Tiburtina/Fara Sabina Poggio

Mirteto/Orte;

- 126 treni/giorno, relativi ai servizi no-stop Leonardo Express da/per Roma Termini;
- 9 treni/giorno, relativi ai servizi AV da/per Venezia e Napoli;
- 1 treno giorno per invio materiali.

Nei periodi di massimo traffico giornaliero della linea Ostiense - Fiumicino, la stazione gestisce 16 treni/ora equamente ripartiti tra arrivi e partenze che si articolano tipicamente in:



- servizi regionali FL1, 8 treni/ora;
- servizi no-stop Leonardo Express, 8 treni/ora.

I servizi AV programmati in orario nel corso della giornata utilizzano la traccia oraria del Leonardo Express nella maglia del cadenzamento orario.

Con riferimento al funzionamento dell'impianto si osserva che i tre binari di stazione sono generalmente utilizzati come segue (fonte, P.I.C. - Piattaforma Integrata Circolazione di RFI):

- per il binario I, 63 treni in arrivo e 63 treni in

- partenza al giorno del servizio FL1;
- per il binario II, 36 treni in arrivo e 36 treni in partenza al giorno dei servizi Leonardo Express e AV;
- per il binario III, 32 treni in arrivo e 32 treni in partenza al giorno dei servizi Leonardo Express.

Analisi delle potenzialità della stazione

Nel seguito si presentano i risultati di un'analisi relativa alle condizioni di esercizio della stazione



di Fiumicino Aeroporto rispetto alle attuali circolazioni giornaliere e a quelle future, individuate in coerenza con le previsioni di crescita del traffico ferroviario derivanti dai piani di sviluppo di potenziamento del nodo aeroportuale. L'obiettivo dell'analisi è quello di verificare se il regolare ed efficiente funzionamento dell'impianto ferroviario, rispetto all'attuale organizzazione dei servizi e al layout di stazione, possa essere garantito anche a seguito dell'implementazione dello scenario di traffico futuro mantenendo la medesima organizzazione funzionale, piuttosto se si intraveda la necessità di apportare degli opportuni interventi di potenziamento infrastrutturale della stazione.

Aspetti teorici e metodologici

Per poter pervenire ad una affidabile valutazione delle condizioni di esercizio di un impianto ferroviario tramite l'ausilio di strumenti quantitativi è necessario avere una buona conoscenza di tutti gli aspetti e componenti materiali ed organizzativi

che incidono sul funzionamento dello stesso come la configurazione funzionale, le caratteristiche e il posizionamento degli enti e degli impianti di segnalamento, il numero di servizi programmati e l'organizzazione e la gestione degli attestamenti sui binari.

Tipicamente nella verifica degli impianti e dei fasci ferroviari, uno dei parametri presi a riferimento per la verifica delle condizioni di funzionamento è rappresentato dalla probabilità di formazione di code. In quest'ottica l'analisi è stata eseguita stimando dapprima il valore della attuale probabilità di coda della stazione di Fiumicino Aeroporto, preso come valore di riferimento rappresentativo di una condizione di regolare funzionamento della stessa stazione (come dimostrato dall'esperienza), per poi verificare la risposta del sistema al variare dei due aspetti, il potenziamento dell'offerta commerciale tramite l'incremento del modello di esercizio (coerente con le previsioni di traffico attese) e l'upgrading infrastrutturale tramite l'incremento dei binari di attestamento.



L'analisi è stata eseguita utilizzando il metodo della Teoria delle Code che rappresenta uno dei modelli matematici più diffusi in letteratura per lo studio dei fenomeni di accodamento. È importante sottolineare come questo metodo si concentra esclusivamente sull'offerta fornita dai binari di attestamento della stazione e nulla vuole e può esprimere riguardo la correlazione del suo funzionamento con il "sistema linea", i cui principi di funzionamento sono regolati da altre variabili, valutabili eventualmente con altri metodi di analisi.

Aspetti metodologici sulla Teoria delle code

La Teoria delle code consente lo studio matematico delle code e dei processi correlati, quali il processo di arrivo in coda, l'attesa (riconducibile ad un processo di immagazzinamento) e il processo di servizio. Può essere applicata a un'ampia varietà di problemi soprattutto nel campo dei trasporti, delle telecomunicazioni, della fornitura di servizi.

La Teoria permette di calcolare varie misure di prestazione del sistema, tra cui:

- il tempo medio di attesa in coda;
- il numero medio di utenti in attesa;
- la probabilità di incontrare il sistema in alcuni stati, ad esempio libero, occupato, avente un canale disponibile o dover attendere un certo tempo prima di essere serviti.

Tutti gli elementi che definiscono un sistema a coda sono riepilogati nella notazione **A/B/s/K/m/Z detta di Kendall**, dove le lettere indicano rispettivamente:

- **A**: distribuzione degli intertempi d'arrivo;
- **B**: distribuzione dei tempi di servizio;
- **s**: numero di canali serventi;
- **K**: capacità del sistema (default: infinita);
- **m**: dimensione della popolazione (default: infinito);
- **Z**: disciplina del servizio (default: FIFO - First In First Out).

In particolare, A e B rappresentano delle variabili statistiche riconducibili alla distribuzione statistica individuata per la rappresentazione del fenomeno di accodamento del sistema. In questo caso la distribuzione impiegata e quella esponenziale (Markoviana).

Pertanto, le grandezze che caratterizzano il funzionamento di un sistema multicanale (o a più canali serventi in parallelo) sono:

- **I**: numero medio di utenti arrivati nell'unità di tempo;
- **I = 1/l**: tempo medio tra due arrivi successivi (intertempo);
- **μ**: numero medio di utenti serviti per unità di tempo da ogni canale;
- **1/μ**: tempo di servizio medio;
- **S**: numero di canali serventi;
- **r = I/sμ**: livello di utilizzo del sistema.

Il modello è risolto sotto l'ipotesi che il sistema funzioni in condizione stazionaria, ovvero che la probabilità di stato sia costante e indipendente dal tempo. Matematicamente ciò si verifica se $\lambda < s\mu$, oppure $\rho < 1$.

Il modello, inoltre, è stato applicato, coerentemente ai principi di funzionamento dell'esercizio ferroviario, rispetto alle seguenti condizioni:

- la disciplina del servizio è il primo utente arrivato è il primo servito (FIFO - First In First Out);
- il sistema non ha perdite, ovvero nessun utente abbandona il sistema come conseguenza di una lunga attesa;
- il sistema non ha errori, ovvero qualsiasi potenziale problema è incluso nel modello matematico che caratterizza il servizio.

Alla luce di queste ipotesi, gli impianti analizzati sono stati modellizzati riconducendoli ad un sistema a coda del tipo M/M/s/∞/∞/FIFO.

Il numero di canali serventi in parallelo (s) è rappresentato dal numero di binari di stazione disponibili per l'arrivo o la partenza dei treni.

Per risolvere il modello analitico in forma chiusa, si è assunto che il fenomeno degli arrivi sia casuale e che la distribuzione statistica dell'intertempo tra gli arrivi ($1/\lambda$) e del tempo di servizio ($1/\mu$) sia un'Esponenziale Negativa (come la distribuzione di Poisson). Queste ipotesi hanno il vantaggio di rendere il problema matematicamente risolvibile.

È importante evidenziare che in campo ferroviario gli arrivi in stazione, così come il tempo di stazionamento sul binario (tempo di servizio), non sono casuali, ma ovviamente programmati in orario. L'effetto è che i risultati ottenuti sono da

considerarsi cautelativi in quanto le probabilità di coda stimate dal modello saranno al più superiori a quelle effettivamente osservate.

La letteratura tecnica individua nella probabilità di coda fino a circa il 10% un valore ragionevole in fase di progettazione di nuovi impianti ferroviari. Applicando il modello in fase di verifica per un impianto esistente, una probabilità di coda più alta, tenuto conto delle cautele prese nella risoluzione del metodo secondo le assunzioni suddette, non esclude la possibilità che il sistema possa funzionare regolarmente, come dimostrato dall'esperienza.

Chiaramente una stima più precisa e realistica della probabilità di coda potrebbe essere ottenuta adottando metodologie più onerose e sofisticate e strumenti specialistici di simulazione dinamica che riproducono esplicitamente il processo degli arrivi dei treni all'interno del sistema e la loro ripartenza istante per istante, tuttavia, nel caso specifico, essendo l'obiettivo dell'analisi proposta quello di eseguire una comparazione tra scenari alternativi al netto delle stesse semplificazioni modellistiche, l'approssimazione nei valori di probabilità di coda calcolati (che come detto sono al più in cautelative) può essere considerata del tutto accettabile.

Applicazione della Teoria delle Code e risultati ottenuti

Inizialmente l'analisi è stata eseguita rispetto alle condizioni infrastrutturali e di esercizio attuali, prendendo a riferimento l'ora di massimo carico per il sistema, anche se va osservato che durante la gran parte delle ore di esercizio giornaliera la stazione gestisce un traffico comparabile a quello di massimo carico.

Nella Tabella 2 vengono riepilogati i dati di base che hanno caratterizzato l'analisi dello scenario attuale.

In particolare:

- l'intertempo degli arrivi, coerentemente con l'approccio statico del modello utilizzato, è stato calcolato distribuendo uniformemente il fenomeno degli arrivi dei treni (otto in totale) all'interno dei 60 minuti di analisi;
- il tempo medio di servizio, inteso come tempo tecnico minimo affinché un treno in arrivo su un binario (identificato da un numero pari) possa ripartire come un nuovo treno (identificato da un numero dispari), è stato assunto pari a 11 minuti, al fine di tenere conto dei tempi di formazione ed occupazione degli itinerari di arrivo e partenza del treno e delle operazioni di cambio banco (inversione di marcia del treno).

Con riferimento ai dati di cui sopra, il modello restituisce una probabilità di coda del 22,5%. Tale valore che potrebbe sembrare apparentemente elevato rientra, invece, all'interno di una soglia di accettabilità, in relazione alle suddette semplificazioni modellistiche legate alle ipotesi sulla distribuzione statistica degli arrivi e del tempo di servizio. Gli arrivi programmati e non affetti da casualità, i binari specializzati per i servizi, i tempi medi di servizio consolidati e calibrati (a volte anche superiori a quelli strettamente tecnici per esigenze commerciali e di orario), garantiscono a Fiumicino una buona regolarità di esercizio, tant'è che nelle fasi successive dell'analisi la probabilità di coda attuale è stata presa come valore di confronto nella valutazione dei possibili scenari futuri costruiti. Nel dettaglio,

Scenario di analisi	TRAFFICO DI PUNTA (TRENI/H)		BINARI DI ATTESTAMENTO	INTERTEMPO MEDIO ARRIVI (min)	TEMPO MEDIO SERVIZIO (min)
	<i>Leonardo Express</i>	<i>FL1</i>	<i>s</i>	<i>1/l</i>	<i>1/μ</i>
Attuale	8 4 treni/h in arr. + 4 treni/h in par.	8 4 treni/h in arr. + 4 treni/h in par.	3	7,5	11

Tabella 2

Riepilogo dei dati input per la verifica della probabilità di coda rispetto al traffico dell'ora di punta nello scenario infrastrutturale attuale

la risposta del sistema è stata verificata con riferimento al modello di esercizio futuro connesso al piano di potenziamento della stazione ferroviaria nell'ambito del più ampio potenziamento del nodo aeroportuale dell'Aeroporto di Fiumicino.

In particolare, il modello di esercizio possibile, coerentemente con le previsioni di crescita della domanda aeroportuale al 2046, riguarda il raddoppio della frequenza del servizio FL1, per cui nell'ora di massimo carico per il sistema si avranno:

- FL1: 8 treni/ora in arrivo e 8 treni/ora in partenza;
- Leonardo Express 6 treni/ora e 6 treni/ora in partenza.

Con riferimento all'organizzazione di servizi suddetta, quindi, la risposta del sistema è stata verificata nella configurazione funzionale attuale e rispetto a scenari infrastrutturali futuribili che prevedano l'inserimento di ulteriori binari di attestamento.

Come immaginabile, nel caso di layout funzionale attuale e carico di traffico futuro, il modello ha restituito una percentuale di probabilità di coda non consona all'implementazione dei nuovi servizi.

Pertanto, l'analisi ha preso in considerazione diverse ipotesi di potenziamento infrastrutturale, verificando la risposta del sistema a fronte di un progressivo aumento del numero di binari di attestamento e quindi valutando le prestazioni di due nuovi scenari denominati **scenario infrastrutturale A (SC_INFR_A, a 4 binari)** e **scenario infrastrutturale B (SC_INFR_B, a 5 binari)**. Nella Tabella 3 vengono riepilogati i dati di base che hanno caratterizzato l'analisi degli scenari infrastrutturali futuri ipotizzati.

Nello *Sc_infr_A*, una potenziale nuova

configurazione della stazione con 4 binari di attestamento si caratterizza per una probabilità di coda del 34%, decisamente superiore a quella attuale (22,5%) e, quindi, non consona a garantire una performance soddisfacente del sistema.

Nello *Sc_infr_B*, invece, una potenziale nuova configurazione della stazione con 5 binari di attestamento, la verifica ha restituito una probabilità di coda del 14%, inferiore anche a quella attuale (22,5%), che garantirebbe, quindi, non solo il regolare funzionamento del nodo ferroviario, ma anche più elevati margini di stabilità e regolarità del sistema nonché un surplus di capacità che consentirebbe la gestione di ulteriori incrementi di traffico, strutturati in orario e/o temporanei.

L'analisi svolta, quindi, nei limiti delle approssimazioni modellistiche accettate, ha quindi messo in evidenza come il layout funzionale della stazione di Fiumicino sia adeguato per garantire la necessaria regolarità e stabilità dell'esercizio attualmente in essere, ma insufficiente al recepimento di una crescita dei servizi ferroviari, per cui in previsione della futura attuazione del nuovo modello di esercizio connesso al piano di sviluppo del nodo aeroportuale di Fiumicino, uno scenario di potenziamento infrastrutturale della stazione appare come una condizione imprescindibile. In particolare, nell'analisi comparativa tra scenari infrastrutturali alternativi si è verificato come una configurazione con 5 binari di attestamento potrebbe risultare come la più indicata per garantire al nodo ferroviario i più elevati ed auspicabili standard prestazionali.

La collaborazione tra Gruppo FSI e ADR

Gli aeroporti sono infrastrutture strategiche chiave per il nostro Paese che fanno della connettività

SCENARIO DI ANALISI	TRAFFICO DI PUNTA (treni/h)		BINARI DI ATTESTAMENTO	INTERTEMPO MEDIO ARRIVI (min)	TEMPO MEDIO SERVIZIO (min)
	Leonardo Express	FL1			
SC_INFR_A	12 <small>6 treni/h in arr. + 6 treni/h in par.</small>	16 <small>8 treni/h in arr. + 8 treni/h in par.</small>	4	4,3	11
SC_INFR_B	12 <small>6 treni/h in arr. + 6 treni/h in par.</small>	16 <small>8 treni/h in arr. + 8 treni/h in par.</small>	5	4,3	11

Tabella 3 - Riepilogo dei dati input per la verifica della probabilità di coda rispetto al traffico dell'ora di punta nell'ipotesi di potenziamento futuro dell'infrastruttura

nazionale, internazionale e intercontinentale un fattore di competitività essenziale, specialmente nell'ottica di una spiccata vocazione turistica che è una peculiarità che caratterizza tutto lo Stivale da Nord a Sud; gli aeroporti sono moltiplicatori di indotto socio-economico che, proprio nella consapevolezza della centralità del proprio ruolo, prevedono investimenti che mirano a favorire lo sviluppo sostenibile degli scali.

In un'ottica di un'accessibilità spesso da sviluppare in conseguenza della continua crescita dell'utenza, sono centrali oltre alla sostenibilità, anche gli aspetti dell'intermodalità e della smart mobility. Nel settore degli aeroporti, questi concetti non si limitano all'esperienza di viaggio con il solo vettore aereo, ma riguardano tutta la catena dello spostamento coinvolgendo anche l'accessibilità e lo sviluppo innovativo dei servizi per i passeggeri, in considerazione del fatto che l'origine del viaggio così come la destinazione finale dell'utente possa trovarsi anche ad una notevole distanza dall'aeroporto desiderato, specie se di tipo intercontinentale come nel caso di Fiumicino.

Di fatto, l'aeroporto costituisce un nodo intermodale per definizione, pertanto deve essere collegato e interconnesso con le infrastrutture di rete sia di scala locale che di livello nazionale, al fine di soddisfare la sempre crescente domanda di trasporto osservata nei trend di utilizzo e programmata nei piani di crescita futuri dell'aerostazione.

A tal proposito nel presente articolo si è potuto osservare come, in linea con i trend globali, i dati mostrano come lo scalo di Fiumicino abbia registrato una forte crescita del numero dei passeggeri passando dai 23,6 Milioni di passeggeri totali del 2000 ai 40,5 Milioni dello scorso 2023 (+72%).

Il segmento di passeggeri che più direttamente è interessato dall'accessibilità intermodale all'aerostazione tramite le altre reti e servizi di trasporto, inclusa la modalità ferroviaria, è costituito dai cosiddetti passeggeri originanti e terminanti, escludendo quindi chi utilizza l'aeroporto di Fiumicino per il solo scalo tra due voli. L'ulteriore analisi dei dati derivanti dal monitoraggio della *Customer Satisfaction dell'aeroporto di Fiumicino per la qualità percepita* ha messo in luce come tali quote di utenza mostrano un andamento di crescita passando da circa 27,3 M di passeggeri nel 011 fino a 34,4 M di passeggeri nel 2023 (+26%).

Nello stesso arco temporale, inoltre, lo stesso set di dati indica una più marcata crescita del numero di passeggeri che si reca in aeroporto o parte da esso per raggiungere la sua destinazione finale utilizzando il treno, passando da circa 7,1M di passeggeri nel 2011 a circa 11,3M nel 2023 (+59%). Le statistiche suddette, congiuntamente ai piani di sviluppo infrastrutturale dell'aeroporto (es. realizzazione di una nuova pista) creano le condizioni per poter immaginare che negli anni a seguire l'utenza aeroportuale sia destinata a mantenere un trend crescente.

Questo ha portato a riflettere su come le infrastrutture e i servizi intermodali possano accompagnare questo processo di crescita con il loro ruolo di garantire l'accessibilità.

L'intermodalità in un hub complesso come è l'aeroporto Leonardo da Vinci, intesa come sistema di servizi e infrastrutture innovative costruiti sulle esigenze del passeggero e mirati all'incremento dell'offerta ed al miglioramento dell'esperienza di viaggio, riguarda la possibilità di utilizzare diversi sistemi di trasporto per raggiungere una destinazione, ma va anche vista all'interno di un'ottica più ampia e trasversale che interessa anche altri aspetti legati alla sua gestione.

Ecco, dunque, che le infrastrutture di trasporto si integrano con servizi veloci e digitali che vanno ad esempio dal ticketing integrato, alla realizzazione di hub informativi (GTC) sulle modalità di trasporto presenti all'interno dello scalo per raggiungere la capitale, oppure allo scambio di informazioni utili per il passeggero nei principali nodi di trasporto di Roma.

Sotto il profilo delle infrastrutture di trasporto e più specificamente sul tema della capacità della stazione ferroviaria di accompagnare il processo di sviluppo dell'aeroporto è stata valutata la risposta del "sistema infrastruttura stazione" a fronte di un incremento dei servizi ferroviari.

Tale risposta è stata simulata utilizzando il metodo statistico-matematico della teoria delle code, applicato dapprima per calcolare la percentuale di probabilità di coda rispetto all'attuale configurazione infrastrutturale e noti tutti gli aspetti e componenti fisici ed organizzativi che influiscono sull'esercizio della stazione ferroviaria. L'analisi applicata al sistema attuale, caratterizzato da una comprovata stabilità e regolarità dell'esercizio

ferroviario nel nodo, ha permesso di rilevare il valore di riferimento utilizzato per il confronto con delle possibili configurazioni infrastrutturali future rivolte all'ampliamento/potenziamento della stazione. La risposta del sistema ricercata è stata orientata all'individuazione di condizioni di esercizio migliorative in termini di probabilità di coda, questo esclusivamente nell'ottica, che è tipica dei processi di progettazione, di creare condizioni di ulteriore crescita delle potenzialità rispetto a potenziali scenari futuri di sviluppo.

La risposta del sistema ha soddisfatto le condizioni ricercate, in base ad un modello di esercizio coerente con i piani di sviluppo dell'aeroporto, che vede il potenziamento sia dei servizi Leonardo Express (6 treni/h direzione,) sia dei servizi FL1 (8 treni/h direzione), con una configurazione di stazione che prevede la realizzazione di due ulteriori binari di attestamento definendo, quindi, una configurazione di stazione a 5 binari.

Da tempo Aeroporti di Roma (ADR), promuove tavoli tecnici di concertazione con diversi stakeholder (ANAS, Comune di Roma - Agenzia Roma

Servizi per la Mobilità, Gruppo FSI, comune di Fiumicino) per promuovere soluzioni per lo sviluppo di un sistema multimodale di trasporto volto al miglioramento dell'accessibilità che ha inizio già prima del viaggio aereo, sulla modalità scelta per raggiungere o lasciare lo scalo.

Le valutazioni proposte si inseriscono in questa cornice di condivisione e collaborazione tra il Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane (FSI) e ADR, con la consapevolezza che già il solo "sottosistema" aeroporto/treno si potrebbe alimentare di ulteriori ambiti di studio e di approfondimento, non trattati in questo articolo, come ad esempio gli aspetti che caratterizzeranno la funzionalità e la fruizione degli spazi interni di un'ipotetica nuova stazione.

Il processo di pianificazione di un nodo così complesso deve contemplare necessariamente un'ampia gamma di discipline e diversi livelli di complessità e il prossimo futuro sarà caratterizzato dal percorso di studio e progettazione condivisa per raccogliere questa sfida per lo sviluppo dell'aeroporto più grande d'Italia.

Note

1. Lo schema di Nervi fa pensare ad una maggiore facilità di adeguamento allo sviluppo del trasporto aereo, salvo le grandi tettoie che potevano essere sostituite dai soli moli.
2. I dati riportati derivano dall'analisi delle risposte fornite dagli utenti intervistati nel corso del costante monitoraggio della Customer Satisfaction dell'aeroporto di Fiumicino (qualità percepita).
3. Nei casi in cui si è interessati a confrontare (nel tempo, nello spazio) grandezze economiche, sociali e demografiche, al fine di far emergere le tendenze di fondo dei fenomeni, appare utile considerare, invece dei dati di base, dei particolari rapporti statistici chiamati numeri indici che permettono una più immediata comparazione tra gli aggregati. Il numero indice, generalmente costruito prendendo una determinata "situazione" (che può essere un determinato anno, un territorio, ecc...) come base, permette di valutare immediatamente le variazioni (o, detto in termini più generali, le "differenze") tra detta base e il "momento" che stiamo analizzando, consentendo un rapido confronto tra i differenti aggregati.
4. Un treno non effettua servizio viaggiatori ma è un invio di materiale.

Bibliografia e siti web

- PARTE GENERALE FCL ROMA N°111 - RFI - <https://normativaesercizio.rfi.it/NormativaEsercizio/>
- Piattaforma Integrata Circolazione RFI – Accesso su autorizzazione
- Prospetto Informativo della rete RFI – Accesso su autorizzazione







a cura di:
ING. F. MACERA

Revisionato da:
ING. S. MINOTTI

Commissione:
CODICE APPALTI

LAVORARE NELLA PA: IL RUOLO DEL TECNICO E LE NUOVE OPPORTUNITA'

1. Analisi della situazione attuale della PA

La trasformazione della Pubblica Amministrazione prevista nel PNRR individua nella transizione digitale uno dei sei pilastri delle strategie di rilancio delle economie europee.

Vengono ricercati profili professionali con nuove competenze capaci di sostenere il cambio di rotta all'interno degli uffici pubblici. Degli oltre 13 miliardi di euro per Italia digitale 2026, ben 6,74 miliardi sono dedicati alla digitalizzazione.

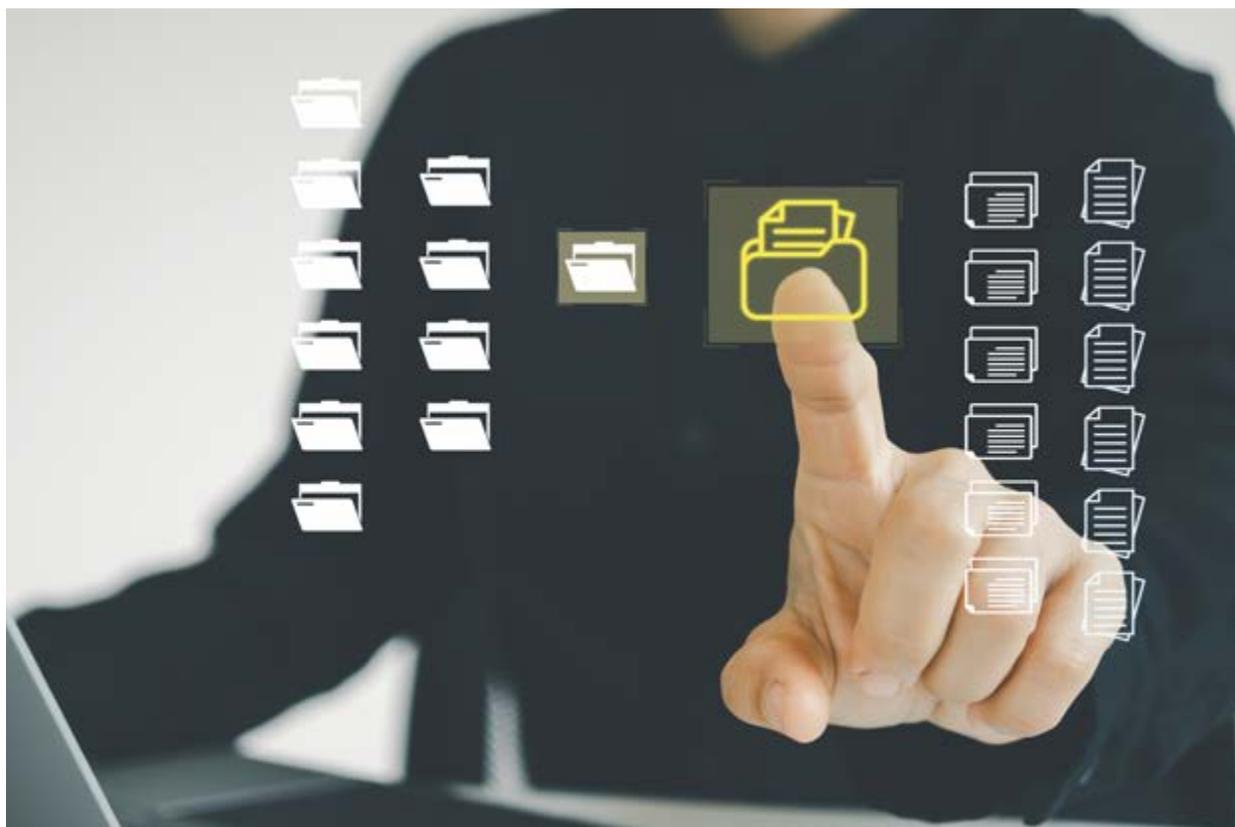
Tali interventi rappresentano l'architrave del processo di riforma e modernizzazione della macchina pubblica e sono condensati negli ambiti "Digitalizzazione, innovazione e sicurezza nella PA" e "Innovazione PA" che si focalizzano sul potenziamento della capacità amministrativa.

In questa trasformazione digitale della PA ricopriranno particolare rilevanza le *figure professionali tecniche*, dando vita ad un processo che si traduce in una progressiva riduzione delle figure amministrative senza specializzazione, a favore ad

esempio di esperti del digitale, di *e-procurement*, di transizione verde, di *project management*, *big data specialist*, etc.

Oggi le amministrazioni pubbliche, più o meno tutte, sanno di quali professionalità hanno bisogno, ma spesso non sanno attrarre "i migliori", anzi spesso si assiste alla fuga dei dipendenti più capaci verso aziende pubbliche o private che offrono migliori opportunità sia in termini di trattamento economico, sia di carriere. Strumenti come il welfare aziendale, il lavoro agile, la concreta possibilità di crescita - sia professionale sia retributiva in tempi ragionevoli - sono eccezioni in un panorama che alla fine offre solo quello che i giovani migliori non considerano più un valore: il cosiddetto "posto fisso".

Perché oggi un ingegnere dovrebbe essere attratto a lavorare nella Pubblica Amministrazione? Per poter rispondere a questa domanda bisognerebbe conoscere i vantaggi, gli svantaggi, i diritti ed i doveri, le criticità e le opportunità che la PA presenta in questo periodo storico.



2. La sfida per il futuro della PA

Dopo l'ennesimo calo registrato nel 2021, a fine 2022 il numero dei dipendenti pubblici in Italia è aumentato a 3.266.180 unità, il valore più alto dell'ultimo decennio.

Questo è il segnale positivo di una PA che dà cenni di cambiamento e torna ad assumere, ma ha ancora un numero di lavoratori troppo basso (inferiore ai principali paesi europei in proporzione sia alla popolazione che agli occupati), un'età media troppo alta, con pochi giovani, poca formazione e una carenza di tecnici e profili specialistici per cogliere le attuali sfide del PNRR.

Dai dati dell'ultimo Conto annuale a FORUM PA 2023 "Ripartiamo dalle Persone" emergono le seguenti difficoltà:

- a. le nuove assunzioni non abbassano l'età media degli impiegati pubblici stabili, che è di 50,7 anni (49,9 per gli uomini e 51,4 per le donne) mentre nel 2001 l'età media era di 44,2 anni;
- b. non decolla la formazione poiché la spesa per

la formazione dei dipendenti pubblici è quasi dimezzata dal 2008 al 2021;

- c. entro il 2033 saranno obbligati ad andare in pensione oltre 1 milione di dipendenti pubblici (1 su 3). Un numero così elevato di cessazioni nei prossimi anni renderà necessario operare numerose assunzioni per mantenere un tasso di sostituzione del personale a valori che consentano l'operatività delle amministrazioni;
- d. gli stipendi privati crescono più in fretta di quelli pubblici. Facendo un confronto vediamo che il settore pubblico era nettamente in vantaggio sino al blocco contrattuale del 2010.

Le amministrazioni pubbliche italiane si trovano oggi impreparate di fronte alle sfide complesse a cui sono sottoposte, basti pensare alla realizzazione delle attuali importanti opere infrastrutturali del Paese.

Se è vero però che questi impegni richiedono professionalità tecniche avanzate, che la PA italiana oggettivamente non possiede, è anche vero che

Graf. 1 - Totale personale dipendente delle Pubbliche Amministrazioni
(v.a.)

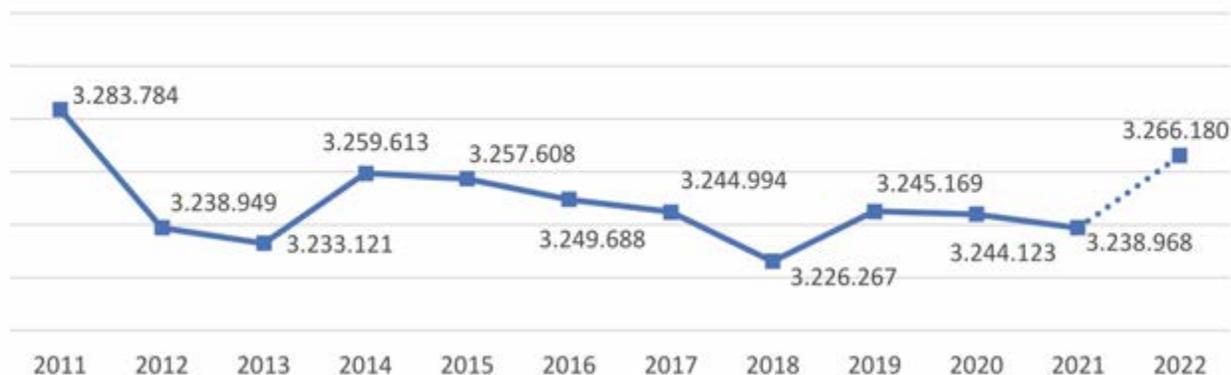


Figura 1

il settore pubblico è il più grande datore di lavoro del paese e deve operare per acquisire le competenze necessarie, assimilando un mercato del lavoro che sta velocemente cambiando.

3. L'importanza della qualificazione della PA e della formazione continua

Il presidente dell'Autorità Anticorruzione, Giuseppe Busia, sul tema della formazione afferma che: "Di fronte alle sfide del nuovo Codice Appalti, del PNRR, della digitalizzazione dei contratti pubblici, per le amministrazioni pubbliche sono indispensabili certamente risorse nuove, reclutando giovani specializzati, ma soprattutto formazione".

Parlando di formazione e di qualificazione delle Amministrazioni Pubbliche, dovremmo partire da due indicazioni fondamentali.

La prima è la Direttiva sulla Formazione emanata dal ministro per la Pubblica Amministrazione Paolo Zangrillo a gennaio 2024, che pone come obiettivo per il rinnovamento della PA la formazione e lo sviluppo delle conoscenze, delle competenze e delle capacità del personale, per essere in linea con i tempi e rispondere ai mutamenti culturali e tecnologici della società. In particolare, la valorizzazione del capitale umano delle pubbliche amministrazioni è centrale nella strategia del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza poiché è sulle persone che si gioca il successo non solo del PNRR, ma di qualsiasi politica pubblica indirizzata a cittadini ed imprese.

La seconda è l'obbligo di qualificazione delle

Stazioni Appaltanti in base al nuovo Codice degli Appalti-D.Lgs. n.36/2023, poiché dal 1° luglio 2023, per effettuare le procedure di acquisizione di forniture e servizi di importo superiore alle soglie previste per gli affidamenti diretti (140mila euro) e per l'affidamento di lavori d'importo superiore a 500.000 euro, le stazioni appaltanti devono essere qualificate dall'ANAC.

Ecco appunto che qualificazione e formazione diventano le parole chiave per una PA che vuole stare al passo con i tempi e attrarre le giuste risorse necessarie.

4. Le responsabilità del tecnico nella PA e gli incentivi per funzioni tecniche

Il Principio di Responsabilità di una Pubblica amministrazione fa riferimento all'art. 28 della Costituzione: "I funzionari ed i dipendenti dello Stato e degli enti pubblici sono direttamente responsabili, secondo le leggi penali, civili e amministrative degli atti compiuti in violazione di diritti. In tali casi la responsabilità civile si estende anche allo Stato e agli enti pubblici". Questo principio afferma che determinati soggetti che svolgono la propria attività in un determinato ufficio, devono rendere conto della loro attività, perché di quegli atti compiuti essi ne rispondono in solido con l'amministrazione:

- *iscrizione ad un albo professionale*: se si svolge una professione regolamentata è possibile eseguire l'attività soltanto se si è iscritti ad un ordine o a un collegio: per l'iscrizione bisogna

possedere qualifiche professionali specifiche. A titolo di esempio, una professione regolamentata è quella di un medico, un avvocato, un dottore commercialista, un architetto e appunto quella dell'ingegnere, che per esercitare deve essere regolarmente iscritto ad un ordine professionale. In Italia esistono 26 ordini professionali di riferimento e sono Enti Pubblici non economici autonomi, soggetti alla vigilanza del Ministero della Giustizia. In caso di esclusività di lavoro per l'ente pubblico, questo dovrebbe rimborsare l'iscrizione all'albo professionale, poiché l'iscrizione all'Albo è funzionale allo svolgimento di un'attività professionale svolta nell'ambito di una prestazione di lavoro dipendente. La relativa tassa, quindi, dovrebbe gravare sull'Ente per conto del quale l'attività medesima viene esercitata, ma questo purtroppo non avviene in tutte le Amministrazioni Pubbliche;

- *assicurazione professionale*: un professionista iscritto ad un ordine professionale che assume un incarico nei confronti di un committente pubblico o privato ha l'obbligo di stipulare

un'assicurazione per i danni derivanti dall'esercizio dell'attività professionale. Se non viene stipulata un'assicurazione c'è il rischio di essere dichiarato colpevole di illecito deontologico sanzionato dall'ordine di appartenenza, fino alla radiazione dallo stesso. L'attività svolta alle dipendenze (vale a dire, in forza di un rapporto di lavoro subordinato) di un ente pubblico, correlato alla prestazione d'opera che il professionista esegue intuitu personae nei confronti del committente esonera dall'obbligo anzidetto, ricadendo la responsabilità civile per gli eventuali danni arrecati alla committenza integralmente sui legali rappresentanti della società medesima. È possibile, peraltro, che la società, intenda tutelarsi avverso tali ipotesi, estendendo la propria copertura assicurativa nei confronti dei dipendenti muniti del potere di firma professionale, ovvero concordando con i medesimi una copertura assicurativa specifica per gli eventuali danni a costoro espressamente imputabili. In entrambi i casi, il costo supplementare della polizza dovrebbe essere comunque posto a carico





della società, salvo diverse pattuizioni con gli interessati (Rif. CNI – FAQ Assicurazioni professionali). Anche in questo caso sono rari i contesti in cui ai dipendenti pubblici viene fornita un'adeguata copertura assicurativa per la responsabilità civile;

- *gli Incentivi per funzioni tecniche tra vecchio e nuovo codice*: il Codice degli appalti pubblici prevede un'incentivazione economica per chi svolge funzioni tecniche in una PA. L'art.45 del D.lgs. 36/2023 stabilisce che le stazioni appaltanti destinino ai suddetti incentivi risorse finanziarie non superiori al 2 per cento dell'importo dei lavori, di servizi e delle forniture, poste a base delle procedure di affidamento. L'80 per cento delle risorse sarà ripartito tra i soggetti che svolgono le funzioni tecniche, con modalità indicate all'interno di un Regolamento di cui ogni amministrazione si dovrebbe dotare, e il 20 per cento delle risorse sarà destinato per acquistare beni e tecnologie funzionali a progetti di innovazione, efficientamento informatico, attività di formazione e copertura degli oneri di assicurazione obbligatoria del personale. Gli incentivi alle funzioni tecniche non sono una novità, sono stati introdotti 30 anni fa dalla legge n. 109/1994, c.d. legge Merloni, e furono inizialmente previsti solamente per lo svolgimento delle funzioni progettuali. In seguito con il D.lgs. 50/2016 viene totalmente innovato l'istituto degli incentivi, e con l'art. 113 viene esclusa la corresponsione per l'espletamento di funzioni progettuali e la mantiene per le altre attività, ovvero quelle "di programmazione della spesa per investimenti, di valutazione preventiva dei progetti, di predisposizione e di controllo delle procedure di gara e di esecuzione dei contratti pubblici, di RUP, di direzione dei lavori ovvero direzione dell'esecuzione e di collaudo tecnico amministrativo ovvero di verifica di conformità, di collaudatore statico ove necessario per consentire l'esecuzione del contratto nel rispetto dei documenti a base di gara, del progetto, dei tempi e costi prestabiliti".

In base all'attuale D.lgs. 36/2023 le attività tecniche incentivabili sono quelle individuate nell'allegato I.10 del Codice, rubricato "Attività tecniche a carico

degli stanziamenti previsti per le singole procedure" e trattasi di elencazione che riporta, seppur in maniera più analitica, le attività indicate dal previgente art. 113 del D.lgs. 50/2016, reintroducendo inoltre le funzioni progettuali. È inoltre l'attuale codice che, nella "Relazione agli articoli e agli allegati" al D.lgs. 36/2023, ne sottolinea la finalità: "stimolare, attraverso la corretta erogazione degli incentivi, l'incremento delle professionalità interne all'amministrazione e il risparmio di spesa per mancato ricorso a professionisti esterni".

È prevista anche la possibilità per le stazioni appaltanti di prevedere una modalità diversa di remunerazione delle funzioni tecniche del proprio personale. Tale possibilità non dovrà però snaturare il valore dell'art.45 del D.lgs. 36/2023 quale strumento finalizzato a valorizzare la professionalità dei pubblici dipendenti, tenendo a mente che lo stesso Codice dei Contratti parla di una corretta erogazione degli incentivi per stimolare ed incrementare le professionalità interne, le competenze e la qualità dei risultati.

Anche in questo caso si riscontrano, da anni, notevoli difficoltà da parte dei tecnici dipendenti a vedersi riconosciuto un diritto stabilito da specifiche disposizioni di legge.

5. Criticità, proposte e innovazioni

Negli ultimi anni l'attrattività del lavoro nelle PA è diminuita notevolmente e la sola garanzia del posto di lavoro non risulta più allettante. Contestualmente la domanda di lavoro delle stesse PA è aumentata per la fine del blocco del turn over, la trasformazione sociale ed economica e gli obiettivi del PNRR.

Una riflessione andrebbe fatta sul ruolo che la Pubblica Amministrazione dovrebbe avere nei processi di crescita della competitività del Paese, un ruolo mai pienamente esercitato e dove in numerosi uffici alcune funzioni di tipo tecnico spesso sono svolte da personale privo di competenze adeguate (Centro studi del CNI, "Le figure tecniche nella PA, n.155/2016 - Il caso delle posizioni apicali nella direzione dei sistemi IT").

È proprio dando la giusta importanza alla formazione continua dei dipendenti che sarà possibile superare le inefficienze degli Uffici pubblici quale principale causa della crisi che da sempre

coinvolge il settore pubblico, congiuntamente ad una ricerca di innovazione e di investimenti.

Riorganizzare il sistema della Pubblica Amministrazione appare come un percorso molto complesso e richiede un'importante trasformazione su piani diversi e certamente rimettere al centro della riflessione il ruolo delle figure tecniche come fattore di modernizzazione dalla PA garantirebbe delle opportunità di miglioramento della struttura pubblica. Per lavorare in una PA sarà necessario ampliare la propria conoscenza in ambiti non solo tecnici, ma anche più trasversali, le cosiddette soft skills, ormai da tutti considerate il vero fattore di successo

dei ruoli manageriali (problem solving, comunicazione efficace, lavoro di squadra, adattabilità, pensiero critico, leadership) ed i sistemi formativi dovranno essere orientati al rafforzamento delle competenze necessarie per coprire il ruolo e rendere efficaci i percorsi di carriera, andando a rinvigorire il management aziendale guardando anche a quanto succede nel mondo privato.

Oggi la PA è alla ricerca di figure tecniche specializzate in temi che fino a qualche anno fa erano sconosciuti come le Smart City, Energy Management, Internet Of Things, Intelligenza Artificiale, Big Data e molto altro ancora, esistono importanti



opportunità di lavoro con la possibilità di affrontare tematiche trasversali interessanti che contribuirebbero ad un accrescimento tecnico della propria amministrazione ed un miglioramento della realtà pubblica in cui tutti noi viviamo, è il momento giusto per approfittarne.

Da ultimo, ma forse primo in ordine di importanza, è necessario tornare a dare dignità al ruolo del tecnico della PA, attraverso la concreta attuazione di quel "principio della fiducia" sancito all'art. 2 comma 4, del Nuovo Codice D.lgs. 36/2023; valorizzare le figure professionali e riconoscere quanto a loro spettante non solo in base alla legge, ma

proprio in virtù di quella fiducia, indispensabile per il raggiungimento degli obiettivi programmati; migliori retribuzioni, incentivi, prospettive di carriera e assicurazioni professionali non devono costituire chimere ma certezze contrattuali in base alle quali i migliori decideranno che è più conveniente rimanere nella Pubblica Amministrazione, al servizio della collettività, piuttosto che inseguire il profitto fine a se stesso.

Noi giovani ingegneri ancora ci crediamo, speriamo per molto tempo ancora.



AREE DEL SITO WEB DELL'ORDINE



L'Homepage
<https://www.ording.roma.it>



L'Albo degli iscritti
<https://www.ording.roma.it/albo-iscritti>



L'Area degli iscritti
<https://area-iscritti.ording.roma.it/>



I seminari
<https://www.ording.roma.it/formazione/>



Sito della rivista
<https://ioroma.info>



Elenco delle Commissioni
<https://www.ording.roma.it/servizi-agli-iscritti/commissioni>



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma

Tel.: 06.487.9311 - Fax: 06.487.931.223

Cod.fisc. 80201950583

Orari di apertura al pubblico degli uffici

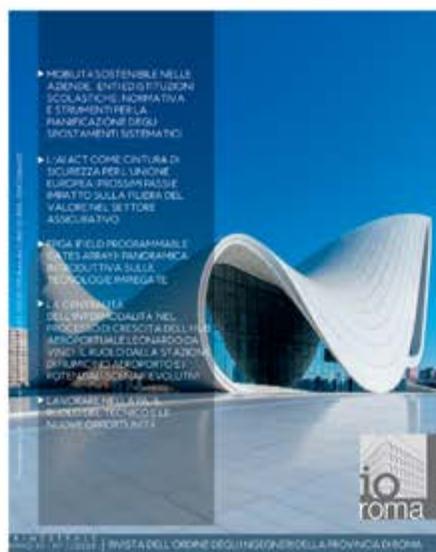
Lun 09:30/12:30 14:30/17:30

Mar 09:30/12:30 14:30/17:30

Mer 09:30/12:30 14:30/17:30

Gio 09:30/12:30 14:30/17:30

Ven 09:30/12:30



È possibile consultare
 tutti i numeri
 all'indirizzo Internet
rivista.ording.roma.it

io
roma

