



INNOVAZIONE

INFRASTRUTTURE CRITICHE

TREND RICERCA

Infrastrutture critiche in Emilia-Romagna

Trend, tecnologie e traiettorie di sviluppo

Infrastrutture critiche in Emilia-Romagna

Trend, tecnologie e traiettorie di sviluppo

Edizione: dicembre 2022

Ultimo aggiornamento: giugno 2023

A cura di **ART-ER Attrattività Ricerca Territorio**

Coordinamento e analisi

Leda Bogni, ART-ER

Serena Maioli, ART-ER

In collaborazione con

RINA Consulting

ART-ER Attrattività Ricerca Territorio è la Società Consortile dell'Emilia-Romagna per favorire la crescita sostenibile della regione attraverso lo sviluppo dell'innovazione e della conoscenza, l'attrattività e l'internazionalizzazione del territorio.

INDICE

1. Introduzione	1
Una definizione di infrastrutture critiche.....	1
Razionale.....	2
2. Infrastrutture critiche: una filiera ad alto potenziale di sviluppo	5
Il contesto europeo.....	5
Il contesto nazionale.....	6
Le infrastrutture critiche nella Strategia di specializzazione intelligente dell'Emilia-Romagna....	7
3. Trend, tecnologie e casi-studio	8
I trend che trainano l'innovazione del settore.....	8
Le tecnologie abilitanti per lo sviluppo delle infrastrutture critiche.....	10
Cinque casi-studio per approfondire le applicazione tecnologiche.....	13
Focus: data centre.....	13
Focus: aeroporti.....	17
Focus: infrastrutture energetiche.....	20
Focus: ospedali.....	22
Focus: porti.....	24
4. La filiera regionale delle infrastrutture critiche	25
La composizione della filiera: fasi, attività e competenze.....	25
Il posizionamento dei player regionali.....	28
Un approfondimento su un campione specifico.....	32
5. Traiettorie di sviluppo	34
I temi strategici per lo sviluppo della filiera.....	34
TR1: cybersecurity e sicurezza fisica.....	35
TR2: simulazione e controllo real-time e adattivo.....	36
TR3: monitoraggio satellitare.....	37
TR4: revamping delle infrastrutture critiche.....	38
TR5: system integration.....	39
6. Conclusioni	40

1. INTRODUZIONE

Una definizione di infrastrutture critiche

Le infrastrutture critiche sono tutti quegli elementi o sistemi infrastrutturali essenziali per il mantenimento delle funzioni vitali della società, della salute, della sicurezza e del benessere dei cittadini ed il cui danneggiamento o distruzione avrebbe un impatto economico e sociale significativo sulla società. Si tratta di strutture strategiche ad alta complessità tecnologica, che necessitano di sistemi di controllo avanzati in grado di monitorare e garantire con continuità lo stato degli impianti ed il loro funzionamento.

Il Ministero dell'Interno Italiano ha pubblicato un approfondimento sulle Infrastrutture Critiche, riportando i diversi ambiti in cui esse sono state suddivise secondo quanto riportato nel Libro Verde adottato a Bruxelles il 17 novembre 2005 [1]. Sono definiti "Infrastrutture Critiche":

- gli impianti e le reti energetiche,
- i sistemi di comunicazione,
- la tecnologia dell'informazione e delle reti informatiche,
- la finanza,
- il sistema sanitario,
- il sistema di approvvigionamento alimentare e idrico,
- i trasporti,
- la produzione/stoccaggio ed il trasporto di sostanze pericolose,
- l'amministrazione pubblica
- l'erogazione di servizi pubblici essenziali.

[1] Ministero dell'Interno, Approfondimento sulle Infrastrutture Critiche [\[link\]](#)



Razionale

Le infrastrutture critiche svolgono un ruolo fondamentale nella nostra vita quotidiana, ma ci accorgiamo della loro importanza solo quando se ne interrompe il funzionamento. Si tratta di edifici e infrastrutture ad alta complessità tecnologica, che necessitano di sistemi di controllo avanzati per gestire e monitorare con continuità lo stato degli impianti e il loro funzionamento, prevedere eventuali malfunzionamenti, e gestire in modo previsionale le emergenze senza conseguenze sulla regolare operatività.

La forte esposizione delle infrastrutture critiche a potenziali rischi, per via del ruolo strategico e della complessità intrinseca, rende tanto più importante la qualità e la specializzazione del lavoro in tutte le fasi di progettazione, realizzazione e gestione operativa delle infrastrutture stesse. A questa sensibilità contribuiscono le recenti crisi, quella energetica e quella sanitaria in primis, che hanno messo in luce il ruolo chiave di infrastrutture energetiche, dei sistemi di gestione dei dati e delle infrastrutture ospedaliere.

La Regione Emilia-Romagna, dal Patto per il Lavoro e per il Clima alla Strategia di Specializzazione Intelligente 2021-2027, individua la transizione digitale e sostenibile dei diversi settori produttivi e lo sviluppo di alte competenze come assi portanti. Lo sviluppo della filiera delle imprese e delle organizzazioni che intervengono nel ciclo di vita delle infrastrutture critiche riguarda soprattutto la crescita di competenze digitali e l'integrazione di queste in settori tradizionali. Per capire il potenziale di crescita di questo ambito, occorre capire quindi chi compone la filiera in Emilia-Romagna, se si può parlare di una vera e propria filiera e quali sovrapposizioni e intersezioni ci sono con le filiere strategiche regionali tradizionali (costruzioni, meccanica, innovazione nei servizi, etc.).

Obiettivo del report è restituire i risultati di un'analisi realizzata da ART-ER in collaborazione con RINA Consulting relativamente alla **consistenza** e alle **prospettive di sviluppo delle infrastrutture critiche**, indagando in particolare la composizione della filiera e i **player** più significativi, i **trend** tecnologici e le **tecnologie** abilitanti lo sviluppo, le principali **traiettorie di innovazione**, anche attraverso l'individuazione di casi esemplari. L'analisi realizzata si compone di analisi desk, quantitative e qualitative, effettuate nel corso di workshop e attraverso questionari di follow-up.

Nel primo capitolo del report "Infrastrutture critiche: una filiera ad alto potenziale di sviluppo" si presenta il contesto delle policy europee, nazionali e regionali di ricerca e innovazione sul tema delle infrastrutture critiche.

Nel secondo capitolo "Trend, tecnologie e casi studio" si caratterizzano i trend tecnologici di maggiore rilevanza per lo sviluppo del settore, presentando le applicazioni su alcune tipologie di infrastruttura critica.

In questo capitolo si riportano i risultati dei seguenti step di analisi:

- Analisi della letteratura scientifica
- Individuazione delle esigenze tipiche del settore, date dalle attività di maggiore interesse attualmente in essere in questo segmento specifico e definizione di macro-tendenze trasversali (trend), ovvero degli ambiti di evoluzione principali e a più elevata intensità di investimento.
- Individuazione delle nuove tecnologie abilitanti per rispondere alle esigenze/trend individuati

- Approfondimento del perimetro tecnologico e del mercato associato alle infrastrutture critiche, attraverso la selezione di casi studio [2] relativi a cinque tipologie di infrastrutture critiche:
 - Data Center
 - Strutture ospedaliere
 - Aeroporti
 - Infrastrutture energetiche
 - Porti

Nel terzo capitolo “La filiera regionale delle infrastrutture critiche” si presentano i risultati dell’analisi effettuata rispetto alla perimetrazione della filiera regionale e alla sua consistenza in termini di competenze, dimensioni e mercato, che ha visto i seguenti passaggi metodologici:

- Ricostruzione delle fasi della value chain dettagliata. La value chain è uno strumento che consente la segmentazione dei processi di generazione del valore (prodotti e servizi) all’interno di una filiera produttiva e attraverso la quale è possibile comprendere la sequenza delle fasi di attività e le relazioni che si stabiliscono all’interno della filiera. Nell’ambito dell’analisi svolta, la value chain è un utile strumento di visualizzazione con il quale valutare la consistenza numerica delle diverse fasi di attività sulla base della concentrazione tematica/specialistica delle imprese campione analizzate;
- Associazione tra tecnologie e fasi della value chain, funzionale all’attività di scouting di aziende regionali attive nei diversi settori rilevanti;
- Analisi delle aziende regionali, con individuazione di informazioni relative alle competenze delle singole realtà, valutate per il principio di prevalenza cioè assegnate in base all’attività prevalente dell’azienda;

- Definizione di una lista globale delle competenze maggiormente rappresentate all’interno della filiera regionale;
- Aggregazione delle competenze per radice comune per costituire i settori.

Per procedere alla mappatura dei player dell’Emilia-Romagna attivi nel settore delle infrastrutture critiche sono stati interrogati diversi database e Clust-ER di riferimento. I risultati emersi hanno consentito di leggere la consistenza della filiera regionale in termini di copertura delle diverse fasi della value chain creando spunti di riflessione su anelli forti e deboli attualmente esistenti e ponendo le basi per strategie operative future.

L’indagine condotta ha permesso l’identificazione di 411 tra imprese, centri di ricerca, enti di formazione e società di consulenza. Le fonti informative principali della ricerca sono state: attestazioni SOA, GlobalData, database dei Clust-ER regionali, ASSOBIM, elenco di merito delle imprese edili, ricerche online e database proprietari di RINA.

Le aziende individuate a partire dalle banche dati utilizzate sono quelle che avevano esperienze comprovate o potenziali nella progettazione, realizzazione, manutenzione, gestione o demolizione di infrastrutture critiche o delle attività ad esse correlate e che presentavano sedi o filiali operative rilevanti in Emilia-Romagna.

Le aziende inserite ed analizzate nel database sono state classificate sulla base delle province dell’Emilia-Romagna dove queste hanno sedi legali, sedi operative, uffici, impianti produttivi o filiali. Nei casi in cui fossero presenti in più di una provincia, sono state riportate tutte (associazione “uno a molti”). All’analisi complessiva sul campione di 411 imprese, è seguito un approfondimento su un campione

[2] La selezione di casi studio ha permesso di definire caratteristiche, comportamento e requisiti di un’infrastruttura critica, con i quali costruirla il perimetro tecnologico e il mercato e individuarne le esigenze di innovazione.

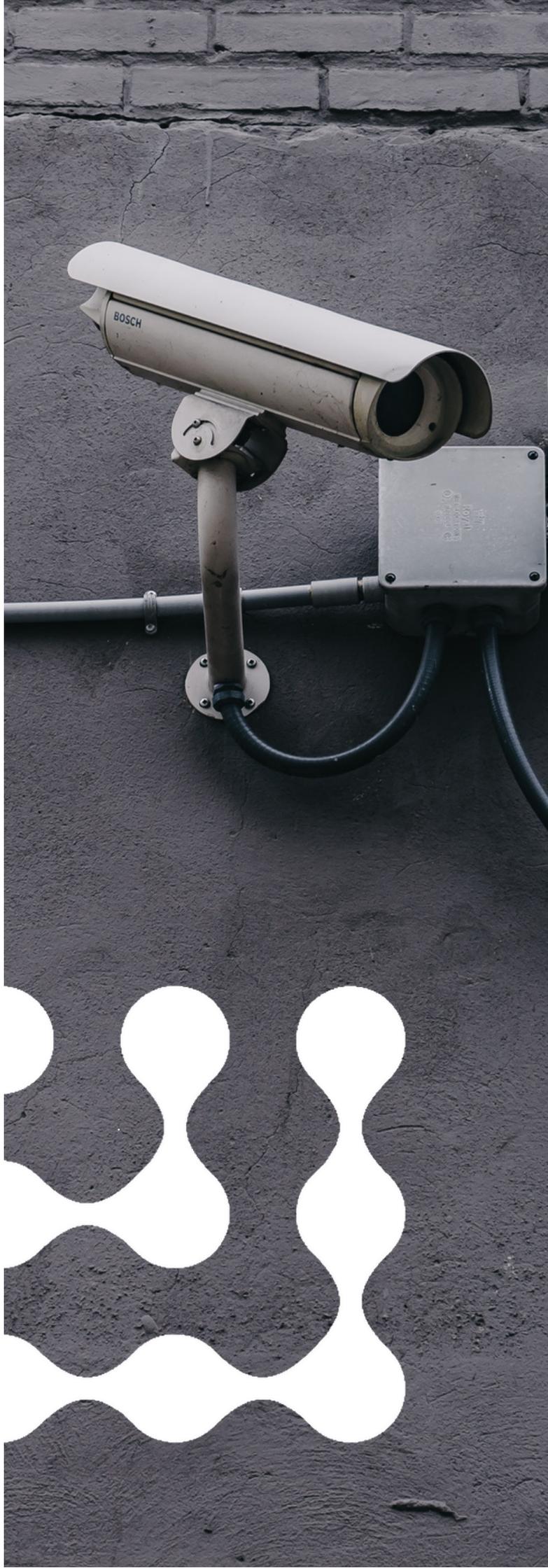
più ristretto di 31 imprese, selezionate secondo i seguenti criteri:

- Coinvolgimento diretto in progetti legati alla filiera IC o in ambiti adiacenti;
- Disponibilità dei bilanci per gli anni 2019 e 2020;
- Esclusione delle organizzazioni che non hanno scopo di lucro, inclusi i centri ricerca, pur riconoscendone il ruolo chiave all'interno della filiera;
- Rilevanza delle applicazioni tecnologiche innovative adottate dall'azienda (che riflettono, per quanto possibile, le considerazioni sulle principali tecnologie che interessano la filiera).

Infine, nel quarto e ultimo capitolo "Traiettorie di sviluppo", si propongono alcune principali linee di sviluppo per il settore.

I risultati dell'analisi sono stati presentati all'interno di un workshop a dicembre 2022 [3] durante il quale sono state somministrate delle instant poll, ovvero questionari con restituzione dei risultati in tempo reale, con le quali si è indagato il posizionamento dei partecipanti sia rispetto a trend e tecnologie emergenti, sia rispetto alle traiettorie di sviluppo per il settore, con individuazione di potenziali barriere e azioni abilitanti.

[3] Workshop "Infrastrutture critiche in Emilia-Romagna. Trend, tecnologie e traiettorie di sviluppo" [\[link\]](#)



2. INFRASTRUTTURE CRITICHE: UNA FILIERA AD ALTO POTENZIALE DI SVILUPPO

Il contesto europeo

Il numero e la rilevanza delle infrastrutture critiche è in rapida crescita. Un esempio per tutti è dato dalla crescita del numero di data center nel mondo: ad inizio 2021 era pari a circa 8.000 unità, di cui il 33% localizzato negli Stati Uniti. Nello stesso anno in Europa, il maggior numero era localizzato in Germania con 484 unità seguita dal Regno Unito con 458 unità, rispettivamente il secondo ed il terzo paese a livello globale, davanti alla Cina con 447 unità. Nel contesto Europeo l'Italia è al sesto posto, sempre in termini di numero di data center, e quarta considerando il contesto dell'Unione, dietro a Germania, Olanda e Francia.

Allo stesso tempo, con l'aumento della dipendenza della nostra economia e della nostra società dalle tecnologie digitali, i rischi connessi all'interruzione delle funzioni essenziali gestite dalle infrastrutture critiche aumentano. Una maggiore **interdipendenza tra infrastrutture e servizi**, connesso alla progressiva digitalizzazione di questi ultimi, comporta infatti una maggiore vulnerabilità delle diverse funzioni essenziali per la società: un attacco compiuto contro la produzione di energia elettrica potrebbe interrompere il funzionamento delle telecomunicazioni, degli ospedali, delle banche o degli aeroporti, mentre un attacco alle infrastrutture digitali potrebbe causare perturbazioni nelle reti energetiche o della finanza.

Per questa ragione, l'Unione Europea ha promosso una serie di documenti strategici e direttive in materia di protezione delle infrastrutture critiche, a partire dallo "**European Programme for Critical Infrastructure Protection (EPCIP)**".

Nel dicembre 2020 la Commissione europea ha presentato una proposta di direttiva sulla resilienza delle infrastrutture critiche [4] che, una volta entrata in vigore, andrà a sostituire l'attuale direttiva relativa all'individuazione e alla designazione delle infrastrutture critiche europee, adottata nel 2008.

In parallelo, la Commissione ha presentato una proposta di direttiva (NIS 2 [5]) relativa al contenimento dei rischi legati agli attacchi informatici in Europa. Il 28 novembre 2022 il Consiglio europeo ha adottato il regolamento sulla resilienza operativa digitale (regolamento DORA) che rafforzerà la sicurezza informatica di banche, compagnie di assicurazione e imprese di investimento.

[4] European Commission, "The Commission proposes a new directive to enhance the resilience of critical entities providing essential services in the EU", 2020 [\[link\]](#)

[5] European Commission, "Accordo politico su nuove norme per la cibersecurity delle reti e dei sistemi informativi", 2022 [\[link\]](#)

Il contesto nazionale

A livello nazionale, il **PNR 2021-2027** [6], il Programma Nazionale per la Ricerca del nuovo settennato che fissa le direzioni della ricerca applicata e dell'innovazione, individua un ambito tematico specifico dedicato alla sicurezza per i sistemi sociali, dentro il quale si inseriscono la Sicurezza delle Strutture, Infrastrutture e Reti, la Sicurezza dei Sistemi Naturali e la Cybersecurity, coerentemente con il Cluster 3 "Civil security for Society" del Programma Horizon Europe.

Specificamente, si intende promuovere le attività di ricerca ed innovazione tecnologica che contribuiscono alla implementazione delle direttive internazionali nel campo del Disaster Risk Management (DRM), tra cui anche la "European Programme on Critical Infrastructure Protection" citata in precedenza.

Il **Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)**, d'altra parte, individua molte linee di finanziamento dedicate alla riqualificazione, digitalizzazione e sicurezza delle infrastrutture critiche.

A partire dall'ammodernamento del parco tecnologico e digitale ospedaliero [7], per arrivare agli investimenti per la sicurezza delle infrastrutture idriche [8] ma soprattutto investimenti nell'ambito della cybersecurity [9], che hanno l'obiettivo di rafforzare i servizi di monitoraggio e gestione delle minacce cyber.

È di interesse l'iniziativa "**Mille infrastrutture**" rete di imprese, il consorzio che aggrega le eccellenze nazionali del settore con competenze nell'applicazione di modelli digitali complessi al servizio della riqualificazione e gestione delle infrastrutture, dai digital twin, alle tecniche di rilevamento automatico delle anomalie, fino al monitoraggio satellitare. Il consorzio si configura come soggetto in grado di partecipare ai bandi del PNRR e del relativo Fondo Complementare, oltre che candidarsi nell'ambito dei programmi di ricerca europei.

[6] Ministero dell'Università e della Ricerca, Programma nazionale per la ricerca [\[link\]](#)

[7] Open PNRR, Ammodernamento del parco tecnologico e digitale ospedaliero [\[link\]](#)

[8] Open PNRR, Investimenti in infrastrutture idriche primarie per la sicurezza dell'approvvigionamento idrico [\[link\]](#)

[9] Open PNRR, Cybersecurity [\[link\]](#)



Le infrastrutture critiche nella Strategia di specializzazione intelligente dell'Emilia-Romagna

La realizzazione di impianti complessi per infrastrutture critiche necessita di un'integrazione efficace di componenti (tecnologiche, settoriali, di mercato) diverse tra loro per natura e specializzazione, ma che trovano nella qualità di tale integrazione il carattere distintivo per la competizione nel contesto internazionale. L'utilizzo di tecniche basate sui dati, di metodologie di simulazione di processo e di logiche di funzionamento e gestione della conoscenza possono diminuire i tempi di realizzazione, incrementare la qualità del risultato finale e, in ultima analisi, offrire un prodotto qualitativamente più elevato e quindi migliorare la competitività della catena del valore completa. Ad alti costi di investimento ed operativi si affiancano anche alti consumi energetici e quindi la necessità di ottimizzazione delle performance. Infine, la realizzazione di tali edifici complessi richiede l'impiego di personale altamente specializzato in tutte le fasi (progettazione, costruzione, collaudo, messa in esercizio, facility management).

Con tali presupposti, la filiera delle infrastrutture critiche è stata inserita all'interno della **Strategia di Specializzazione Intelligente Regionale (S3) 2021-2027** tra gli obiettivi di sviluppo di nuove filiere ad alto potenziale, inquadrando sia gli elementi di forte strategicità che gli aspetti critici su cui lavorare con il sistema della ricerca e imprenditoriale.

La realizzazione di infrastrutture per il supercalcolo di rilevanza internazionale presso il Tecnopolo Manifattura - Data Valley Hub - a Bologna, unitamente alla consolidata e significativa presenza manifatturiera in regione che ha stimolato nel tempo la crescita di competenze diffuse e avanzate nella gestione di processi industriali complessi ed energivori, rende particolarmente strategico ragionare sui possibili effetti positivi, diretti e indiretti, di investire nello sviluppo di competenze e know-how per la realizzazione e gestione di questo tipo di strutture.

La filiera delle infrastrutture esprime una ventaglia di attività che appartengono da un lato tradizionalmente al **settore delle costruzioni o dell'impiantistica avanzata** (dalla costruzione delle infrastrutture alla progettazione e testing dei sistemi impiantistici, e alla produzione di sistemi impiantistici complessi quali sistemi di raffreddamento, riscaldamento, ventilazione e trattamento aria), dall'altro si ibridano con le nuove competenze, più trasversali, associate allo sviluppo della **green economy** (certificazioni ambientali, controllo e gestione energetica) e dell'**innovazione digitale** (tecnologie e sistemi per la gestione informatizzata di infrastrutture critiche, compresa la programmazione di software per la gestione informatizzata dei processi). A queste si aggiungono poi le attività "a valle" della gestione operativa e della manutenzione che trovano nelle infrastrutture critiche una forte spinta all'innovazione, data la necessità di lavorare nell'ottica di manutenzione predittiva e capacità di gestione in condizioni standard e di emergenza.

L'analisi presentata nei capitoli che seguono può pertanto essere un punto di partenza per affrontare alcuni punti di debolezza strutturali che impediscono ad oggi un pieno sviluppo di questa filiera specialistica: tra questi si possono individuare sia limiti connessi alla dimensione aziendale, in particolare della fetta della filiera impegnata sulle attività di progettazione, a cui si lega anche una difficoltà ad investire in formazione e nuove tecnologie; d'altro canto la mancanza di competenze avanzate nel settore pubblico, chiamato a gestire gli appalti di infrastrutture complesse, limita un pieno sviluppo del settore e l'introduzione più strutturata di innovazione nelle diverse fasi, dalla progettazione alla realizzazione fino gestione e manutenzione delle opere.

3. TREND, TECNOLOGIE E CASI STUDIO

I trend che trainano l'innovazione del settore

La progettazione, la realizzazione e la gestione delle infrastrutture critiche sono caratterizzate da molteplici esigenze fra cui, per esempio, la riduzione degli sprechi, l'aumento dell'efficienza e la riduzione delle emissioni. I trend tecnologici sono stati ottenuti tramite la rielaborazione della letteratura scientifica, partendo dall'individuazione delle esigenze (driver) tipiche del settore, espressione delle

attività di maggiore interesse attualmente in essere in questo segmento specifico.

L'aggregazione per aree tematiche di questi driver ha permesso quindi di definire una serie di macro-tendenze trasversali (trend), ovvero gli ambiti principali su cui la tecnologia si sta evolvendo, investendo e concentrando con più intensità.

I trend identificati rappresentano a tutti gli effetti gli ambiti più rilevanti in cui il settore sta investendo risorse in termini di crescita, sviluppo ed innovazione.

EFFICIENZA

OTTIMIZZAZIONE ED EFFICIENTAMENTO DI PROCESSI E FUNZIONI AZIENDALI, RIDUZIONE DEI COSTI, LEAN CONSTRUCTION E MAGGIOR COMPETITIVITÀ

Il crescente aumento della competizione nel mercato globale delle costruzioni spinge le imprese all'ottimizzazione e all'efficientamento delle proprie funzioni, perseguendo logiche di riduzione dei costi e dei tempi di realizzazione, aumentando congiuntamente la propria efficacia ed efficienza operativa attraverso l'ottimizzazione dei processi e l'applicazione di logiche di lean construction, a vantaggio della competitività e dei ricavi.

MANUTENZIONE E MONITORAGGIO

INCREMENTO DI EFFICIENZA E CONTROLLO DELLE STRUTTURE MEDIANTE INNOVAZIONI TECNOLOGICHE E DIGITALI PER SIMULAZIONI OPERATIVE E PROGRAMMAZIONE ATTIVITÀ

Nell'ottica di incremento dell'efficienza e del controllo delle strutture e degli impianti, la gestione programmatica e predittiva delle manutenzioni, nonché la gestione ed il monitoraggio delle infrastrutture realizzate, sono aspetti di interesse a rilevanza crescente, sempre più spesso affiancati da innovazioni tecnologiche e digitali in grado di condurre simulazioni e programmare con anticipo interventi, ridurre al minimo guasti e gestire le criticità.

RESILIENZA E NEUTRALITÀ CLIMATICA

RIDUZIONE DI EMISSIONI E SPRECHI, PRODUZIONI E COSTRUZIONI SOSTENIBILI, INTEGRAZIONE AMBIENTALE, ECONOMIA CIRCOLARE, DIMINUZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE

La riduzione delle emissioni, dei consumi e degli sprechi, la produzione di edifici sostenibili, l'integrazione delle strutture con gli ambienti circostanti, il perseguimento del minor impatto ambientale possibile ed il miglioramento delle performance energetiche, sono solo alcuni dei driver che guidano il trend della resilienza e neutralità climatica delle infrastrutture critiche, tema green che riscontra sempre più interesse sia a livello nazionale che internazionale.

SICUREZZA, CYBERSECURITY E CYBER-RESILIENCE

IMPLEMENTAZIONE DI SISTEMI E TECNOLOGIE DI SICUREZZA FISICA E DIGITALE PER GARANTIRE LA CONTINUITÀ OPERATIVA DI INFRASTRUTTURE E SISTEMI DIGITALI

La sicurezza è un fattore di rilevante importanza in ogni settore. Nel caso delle Infrastrutture Critiche acquisisce un ruolo chiave in quanto risulta essenziale garantire continuità operativa e protezione a queste strutture strategiche. Questo concetto passa oggi anche dalla protezione cyber che queste posseggono. Esse sono, per loro natura strategica, fortemente esposte a possibili attacchi, non solo fisici ma anche digitali. Garantire la continuità operativa delle infrastrutture è requisito fondamentale e pertanto, il potenziamento dei sistemi di cybersecurity e cyber-resilience rappresenta un trend fortemente di interesse.

NUOVE TECNOLOGIE

SVILUPPO E UTILIZZO DI INNOVAZIONI TECNOLOGICHE DIGITALI, MATERIALI INNOVATIVI E MULTIFUNZIONALI, ORIENTATI AD UN AUMENTO DELLE PRESTAZIONI, AFFIDABILITÀ, DUREVOLEZZA

La ricerca e l'utilizzo di nuove tecnologie innovative, rappresenta un trend robusto e trasversale. L'automazione dei processi, la digitalizzazione, le nuove tecnologie applicate alle costruzioni, l'utilizzo di materiali innovativi e multifunzionali, sono tematiche promosse anche dai programmi europei con l'obiettivo di incentivare lo sviluppo di tecnologie competitive ed affidabili, sempre più digitali ma con l'attenzione rivolta anche alla riduzione dei consumi e delle emissioni.

Le tecnologie abilitanti per lo sviluppo delle infrastrutture critiche

Innovare nella progettazione, realizzazione e gestione di infrastrutture critiche significa applicare tecnologie, modelli e metodologie per raggiungere almeno tre obiettivi:

- accrescere la conoscenza dello stato delle infrastrutture, il più possibile in tempo reale
- raggiungere e mantenere i requisiti prestazionali delle infrastrutture, da un punto di vista di funzionalità e performance
- simulare il comportamento delle infrastrutture e dei sistemi ad esse interconnessi.

Per fare questo si possono individuare 12 tecnologie abilitanti:

- 3D Printing
- AVR - Augmented&Virtual Reality
- Big Data Analytics
- BIM - Building Information Modeling
- Blockchain
- BMS - Building Management System
- Digital Twin
- Droni/UAVs - Unmanned Aerial Vehicles
- GIS - Geographic Information System
- GNSS - Global Navigation Satellite System
- Materiali Innovativi
- Smart Sensor.

Tra queste la Big Data Analytics può essere intesa come innovazione trasversale che concorre al raggiungimento di tutti e tre gli obiettivi.

		Accrescere la conoscenza dello stato delle infrastrutture	Simulare il comportamento delle infrastrutture e dei sistemi interconnessi	Raggiungere e mantenere i requisiti prestazionali delle infrastrutture
TREND	EFFICIENZA	x	x	
	MANUTENZIONE E MONITORAGGIO	x	x	
	RESILIENZA E NEUTRALITÀ CLIMATICA			x
	SICUREZZA, CYBERSECURITY E CYBER-RESILIENCE	x		
	INNOVAZIONE E TECNOLOGIA			x
TECNOLOGIE	3D Printing			x
	AVR - Augmented & Virtual Reality		x	
	Big Data Analytics	x	x	x
	BIM - Building Information Modelling		x	
	Blockchain	x		x
	BMS - Building Management System			x
	Digital twin		x	
	Droni/UAVs	x		
	GIS - Geographic Information System	x		
	GNSS - Global Navigation Satellite System	x		
	Materiali Innovativi			x
	Smart Sensor	x		x

Tabella. 1 Relazioni tra trend, tecnologie e obiettivi di sviluppo

Accrescere la conoscenza dello stato delle infrastrutture

Le tecnologie presenti in questo gruppo contribuiscono al livello di conoscenza dello stato e delle dinamiche che influenzano la funzionalità delle infrastrutture critiche. In particolare GIS e GNSS permettono di localizzare e sincronizzare temporalmente gli eventi che accadono sulle e intorno alle infrastrutture, al fine di monitorare i siti, sia in fasi operative che di emergenza.

Droni e Smart Sensor consentono di valutare la presenza di danni e criticità sulle strutture con acquisizione cadenzata nel tempo in funzione delle necessità dei dati relativi al funzionamento delle infrastrutture, a eventuali malfunzionamenti, guasti o attacchi informatici al fine di ottimizzare i processi, automatizzare i controlli e ridurre i costi operativi. Infine tecnologie quali la blockchain forniscono sistemi di controllo certificato di processi complessi al fine di garantire l'integrità dei dati e la possibilità di ricostruire gli eventi in caso di emergenza/crisi/blackout.

Tecnologie: Blockchain, Droni, GIS - Geographic Information System, GNSS - Global Navigation Satellite System, Smart Sensor

Trend: Efficienza, Manutenzione e monitoraggio, Sicurezza e cybersecurity

Raggiungere e mantenere i requisiti prestazionali delle infrastrutture

Le tecnologie presenti in questo gruppo consentono il raggiungimento dei requisiti prestazionali necessari al funzionamento delle infrastrutture critiche e fissati normalmente in sede di progettazione.

Il BMS - Building Management System, in connessione con la sensoristica collocata sul campo, consente la misurazione e il controllo delle proprietà fisiche all'interno degli ambienti al fine di verificare ad esempio il rispetto delle condizioni di temperatura, evidenziare eventuali danni e malfunzionamenti, facilitare la manutenzione predittiva e ripristinare le condizioni e le prestazioni attese.

In fase realizzata, la scelta di materiali innovativi e multifunzionali consente di raggiungere alte prestazioni, in termini di resistenza, impermeabilità, isolamento, durabilità, ottenere una bassa impronta carbonica e impatto ambientale (basso TVOC, riciclabilità, gestione intelligente in base alla temperatura) e incrementare l'efficienza nelle fasi realizzative, ad esempio riducendo i tempi di costruzione, i costi o richiedendo semplicemente un minore utilizzo di materiale a parità di prestazioni.

Tecnologie: 3D Printing, BMS - Building Management System, Materiali Innovativi, Smart Sensor

Trend: Resilienza e neutralità climatica, Innovazione e tecnologia

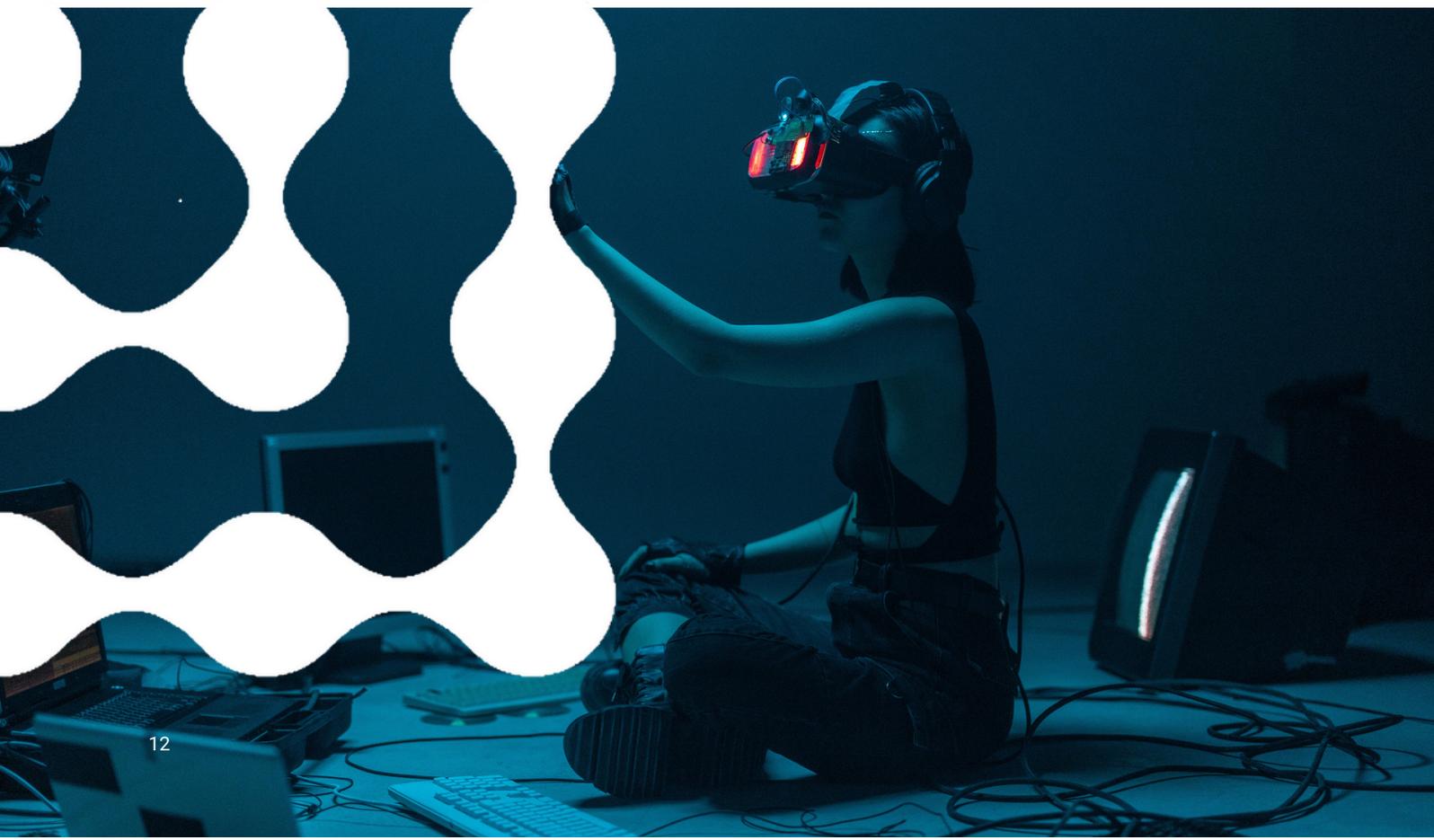
Simulare il comportamento delle infrastrutture e dei sistemi interconnessi

Le tecnologie presenti in questo gruppo permettono di simulare scenari e comportamenti dei sistemi funzionali all'operatività delle infrastrutture critiche. Un esempio sono i Digital Twin (gemelli digitali) e le tecniche legate all'utilizzo della realtà aumentata, con i quali è possibile modellare digitalmente le caratteristiche di una struttura o di un impianto o del sistema integrato edificio/impianto e simularne il comportamento in situazioni soggette a forte variabilità o in contesti complessi in cui occorre tenere in considerazione l'interazione fra molteplici variabili, al fine di individuare soluzioni correttive preventive.

Il BIM - Building Information Modeling, consente invece l'informatizzazione delle componenti dei diversi sistemi infrastrutturali/impiantistici ai fini di una migliore gestione e manutenzione, oltre a permettere, in fase progettuale, di prefigurare eventuali interferenze (tra elementi architettonici e impiantistici ad esempio) al fine di ridurre i margini di errore in fase realizzativa e ridurre le "dispute" nelle fasi di verifica e collaudo.

Tecnologie: AVR - Augmented&Virtual Reality, BIM - Building Information Modelling, Digital twin

Trend: Efficienza, Manutenzione e monitoraggio



Cinque casi studio per approfondire le applicazioni tecnologiche

Focus: Data Centre

I Data center o centri di elaborazione dati (CED) sono abilitatori tecnologici per l'erogazione di servizi e soluzioni a supporto della digitalizzazione delle imprese e dei servizi ai cittadini e in generale della filiera digitale.

Si tratta di infrastrutture critiche strategiche in quanto consentono la corretta erogazione di servizi (anche della Pubblica Amministrazione) ai cittadini e supportano la digitalizzazione dei processi di aziende e intere filiere, garantendo che queste possano operare in continuità. Per questo, un aspetto fondamentale è l'affidabilità della **continuità operativa** che viene assicurata agendo sulla manutenzione continua e sulla **sicurezza fisica e cyber** delle strutture.

Mentre i grandi data center sono realizzati in edifici progettati per ospitare queste infrastrutture; quelli più piccoli vengono invece posizionati strategicamente in aree dedicate di edifici usati anche per altre funzioni, adatte al loro funzionamento (disponibilità di grandi quantità di energia, isolate dal punto di vista termico ed energetico). Devono essere realizzati in aree non esposte a rischi ambientali, vicine a fonti di energia elettrica e a reti ad alta velocità e devono prevedere sistemi di sicurezza fisica (antincendio, antintrusione e di monitoraggio), oltre a sistemi che garantiscono la sicurezza logica (protezione, ridondanza e duplicazione dei dati).

L'evoluzione dei data center da un punto di vista tecnologico segue alcune tendenze del settore. La prima è la **domanda crescente della potenza di calcolo**, ovvero il numero di istruzioni eseguibili da un calcolatore in un secondo.

Il consumo energetico totale dei data center è aumentato del solo 6% dal 2010, tuttavia nello stesso periodo la capacità di elaborazione dei dati è cresciuta del 550% [10]. Questo è stato possibile attraverso l'aumento dell'efficienza computazionale ed energetica dei server, dei dispositivi di archiviazione, delle infrastrutture di rete e dell'hardware IT che operano all'interno dei data center.

La forte crescita dei volumi di dati ha incrementato il bisogno di maggiore potenza di calcolo confermando l'importanza strategica ed operativa dei data center, tracciando due percorsi differenti a livello globale: da un lato la realizzazione di data center di grandi dimensioni da parte dei cloud provider, dall'altro la costruzione di strutture a livello locale (perimetrale) in grado di rispondere alle necessità di elaborazione dei dati in tempi sempre più brevi [11].

In particolare, nel secondo caso, una soluzione individuata è quella dell'edge computing che permette di portare parte della potenza computazionale direttamente su dispositivi locali o finali, consentendo di eseguire in loco tutte quelle azioni che hanno bisogno di tempi di risposta veloci.

La seconda tendenza è la **maggiore densità degli apparati**: nuove tecnologie quali machine learning, big data e cloud richiedono un considerevole innalzamento della densità delle strutture interne ai data center. Ciò risulta necessario in quanto consente di incrementare la potenza di calcolo risparmiando sugli spazi e sul cablaggio impiegato.

L'aumento della densità comporta però delle criticità legate al conseguente aumento di calore generato e dei consumi energetici

Un data center ad alta densità implica cambiamenti nella progettazione delle infrastrutture, in particolar modo nella collocazione degli impianti di refrigerazione e nello sviluppo di soluzioni innovative dedicate.

[10] Datacenters.com Technology, Data Center Power Optimization: Increase Efficiency with a Data Center Audit, 2020 [\[link\]](#)

[11] Torchiani, Data Center: cosa sono e come funzionano, 2018 [\[link\]](#)

Fra queste vi sono l'aumento della larghezza dei corridoi (in grado di ridurre la concentrazione di calore fra i diversi rack), l'ottimizzazione delle unità di potenza elettrica presenti (applicando logiche di ridondanza), la redistribuzione dei corridoi caldi e freddi (in modo da favorire l'ingresso di aria fresca e l'espulsione di quella calda operando il minor numero di impianti di refrigerazione attiva) ed infine l'ottimizzazione della disposizione dei server nei rack (progettando il layout in modo da prevedere ed evitare dove si possono creare punti caldi) [12].

Un ulteriore requisito importante è l'**aumento del controllo** al fine di eliminare i tempi di fermo: l'interruzione dell'operatività del data center è una criticità rilevante in quanto comporta un costo di circa settemilacinquecento euro al minuto [13]. Per aziende come Amazon il costo salirebbe a mille centoquattro dollari al secondo di mancate vendite [14].

Per tale motivo, la gestione e prevenzione dei tempi di fermo ha acquisito notevole importanza. La **ridondanza** permette di evitare questo rischio. Si tratta essenzialmente della duplicazione di componenti o funzioni critiche di un sistema, con l'intento di aumentarne l'affidabilità.

I sistemi di ridondanza si classificano per livello di duplicazione:

- N+1: considerando N come il numero necessario di UPS (uninterruptible power supply, sistemi che consentono di gestire l'alimentazione in modo che sia sempre adeguata agli elementi essenziali connessi). I sistemi realizzati con ridondanza N+1 garantiscono la presenza di un modulo UPS in più rispetto al necessario previsto per il regolare svolgimento delle attività.

[12] Data4Group, I data center e la sfida dell'alta densità, 2021 [\[link\]](#)

[13] Nation, Data center: come risparmiare?, 2018 [\[link\]](#)

[14] Datacenters.com Technology, Data Center Redundancy N+1, N+2 vs 2N+1, 2014 [\[link\]](#)



Sebbene un sistema N+1 contenga apparecchiature ridondanti, non è tuttavia un sistema completamente ridondante e può comunque guastarsi poiché viene eseguito su circuiti comuni.

- 2N: i sistemi realizzati con ridondanza 2N garantiscono il doppio dei moduli UPS necessari per il regolare svolgimento delle attività. Funzionano in modo separato, senza punti di guasto e completamente ridondante. Questi sistemi sono molto più affidabili e consentono la continuità in caso di un'interruzione di corrente.
- 2N+1: è il livello più alto di ridondanza e permette la continuità operativa attraverso l'installazione di un numero di moduli UPS esattamente il doppio più uno.

È chiaro quindi che tra le traiettorie tecnologiche maggiormente connesse allo sviluppo di Data Center troviamo **sicurezza, cybersecurity e cyber-resilience**, nell'ottica di garantire continuità operativa.

Da un lato la sicurezza fisica si attua mediante la costruzione delle infrastrutture in località strategiche e la dotazione di sistemi di sorveglianza con telecamere, droni, smart sensor, riconoscimento biometrico e chiavi digitali per sicurezza fisica.

Dall'altro, la sicurezza digitale necessita di sistemi come crittografia, blockchain, firewall, IDS (Intrusion Detection System), SIEM (Security Information and Event Management), soluzioni cloud e di ridondanza dei rack per garantire duplicazione ed integrità dei dati, fino ad arrivare all'ottenimento di certificazioni e standard di conformità, come ISO 27001.

Un altro aspetto trainante per l'evoluzione dei data center è la **resilienza e neutralità climatica**, ovvero l'aumento dell'efficienza energetica e la diminuzione dei consumi. Le analisi sul consumo energetico e l'impatto ambientale dei data center sono iniziate da circa dieci anni.

Il carico di lavoro dei data center è cresciuto di sette volte nell'ultimo decennio [15], e, contemporaneamente, i rapidi miglioramenti apportati nel campo dell'efficienza energetica hanno permesso di limitare la crescita della domanda di energia necessaria al loro funzionamento. Nello scenario attuale, con l'aumento del costo dell'elettricità e della coscienza ambientale, le imprese hanno iniziato a concentrarsi sui requisiti di alimentazione e raffreddamento di questi sistemi senza rinunciare alle performance computazionali necessarie.

Aziende quali Intel, AMD e ARM già contribuiscono alla produzione di chip server ad alta efficienza energetica per l'impiego nei data center [16]. Secondo la ricerca condotta da MarketsandMarkets™ "Green Data Center Market worth \$140.3 billion by 2026" infatti, il mercato dei data center sostenibili è previsto in aumento dai 49,2 miliardi di dollari del 2020 ai 140,3 miliardi di dollari entro il 2026 [17].

Per affrontare questi temi si punta quindi all'adozione di alcune soluzioni green.

Tra queste il passaggio all'utilizzo di energia prodotta da fonti rinnovabili (eolico, solare) e l'utilizzo di tecniche innovative come il free cooling e il water cooling.

Il **free cooling** è una tecnica che permette di ottimizzare la climatizzazione dei data center raffreddando l'aria all'interno senza ricorrere a sistemi di condizionamento. Tale opzione viene resa più efficiente posizionando l'infrastruttura direttamente in luoghi molto freddi e progettando sistemi di ricircolo dell'aria specifici. Il **water cooling** invece consiste nell'installare i data center nei fondali marini, alimentandoli con energia rinnovabile offshore in modo da ottenere il raffreddamento dei server sfruttando la temperatura dell'acqua.

[15] IEA, Kamiya, Data Centres and Data Transmission Networks, 2022 - CC BY 4.0 [\[link\]](#)

[16] Markets and Markets, Green Data Center Market worth \$140.3 billion by 2026 - Exclusive Report by MarketsandMarkets™, 2021 [\[link\]](#)

[17] Ibidem

Altri sistemi prevedono la **gestione dell'energia con intelligenza artificiale (AI)**: l'utilizzo dell'intelligenza artificiale e del machine learning permettono, tramite lo sfruttamento di un algoritmo predittivo, di apprendere come efficientare il regolamento del sistema di raffreddamento. Google per esempio, ha ottenuto un risparmio energetico del 40% con l'applicazione dell'AI [18]. Attraverso soluzioni cloud e di edge computing è possibile inoltre distribuire e ottimizzare la potenza delle attività di calcolo.

Un'altra soluzione prevede il **recupero del calore** prodotto nei centri di calcolo e l'ottimizzazione dei sistemi di raffreddamento. Il suo potenziale riutilizzo intelligente può portare diversi benefici. Questo calore, per esempio, può essere trasmesso agli edifici adibiti ad uffici adiacenti riducendo i costi di riscaldamento, e può essere trasmesso attraverso il collegamento dei data center alle reti di teleriscaldamento permettendo il riscaldamento le acque fino a 30-45° C.

L'applicazione di soluzioni utilizzate per lo **storage di energia**, inoltre, quali tecnologie a celle a combustibile a idrogeno o batterie a ioni di litio, permettono di affrontare le incostanze tipiche delle rinnovabili e garantire la continuità del servizio. Nella sola Unione Europea, l'aumento dello storage e la gestione della domanda di energia in modo digitale, potrebbe ridurre le fluttuazioni dell'energia solare dal 7% al 1,6% nel 2040, evitando 30 milioni di tonnellate di emissioni di CO2 nel 2040 [19].

Osservando infine il mercato dei data center il valore atteso per il 2026 è pari a 26,6 miliardi di dollari, trainato da una sempre maggiore adozione di tecnologie che sfruttano grandi quantità di dati, in particolare da parte di aziende di piccole e medie dimensioni, e dalla digitalizzazione dei processi aziendali e dell'industria.

Parallelamente al mercato dei data center, esiste naturalmente un mercato dei servizi rivolti a questo tipo di infrastrutture critiche. Nel 2017, MarketsandMarkets stimava questo mercato, che comprende i servizi di manutenzione ma anche il training del personale ed altri, avrebbe raggiunto, nell'anno 2020, una dimensione pari a circa 77,5 miliardi di dollari, in rapida crescita rispetto al valore dell'anno 2017 di quasi 40 miliardi di dollari.

Correlato al mercato dei servizi, esiste poi quello della sicurezza dei data center, con un valore stimato di 11,67 miliardi di dollari nel 2020 ed un valore atteso per il 2026 pari a 26,61 miliardi di dollari, da cui si può estrarre un valore di CAGR (Compounded Average Growth Rate, ovvero tasso annuo di crescita composto) particolarmente elevato, pari a 14,73% (2020-2026), evidenziando come il tema della sicurezza sia di grande rilievo e veda un mercato in forte crescita.

I dati riportati evidenziano un insieme di mercati di primaria importanza che hanno un naturale impatto su molti settori dell'economia, maggiore in industrie fortemente digitalizzate.

Questo determina ovviamente un ruolo chiave per lo sviluppo di un territorio o di un intero paese, si prenda come esempio il caso dei Paesi Bassi. L'associazione Olandese dei data center riporta infatti che l'infrastruttura digitale creata nel paese (si ricorda che è il secondo nell'Unione per numero) ha permesso la creazione di un "ecosistema" digitale che ha attratto principali player tecnologici globali che vi hanno infatti stabilito la loro sede europea.

Il settore digitale (inclusa l'industria dei cloud) è diventato di primaria importanza nel paese, tanto da rappresentare il 25% del prodotto interno lordo e il maggiore settore target degli investimenti diretti esteri nei Paesi Bassi. A questo si affianca poi l'impatto sull'occupazione locale, con una previsione di 16.800 posti di lavoro al 2024 collegati a data center presenti sul territorio olandese.

[18] Knight, Google just gave control over data center cooling to an AI, 2018 [\[link\]](#)

[19] IEA, Digitalisation and Energy, 2017 - CC BY 4.0 [\[link\]](#)

[20] Dutch Data Center Association, What is the economic impact of data centers? [\[link\]](#)

Focus: aeroporti

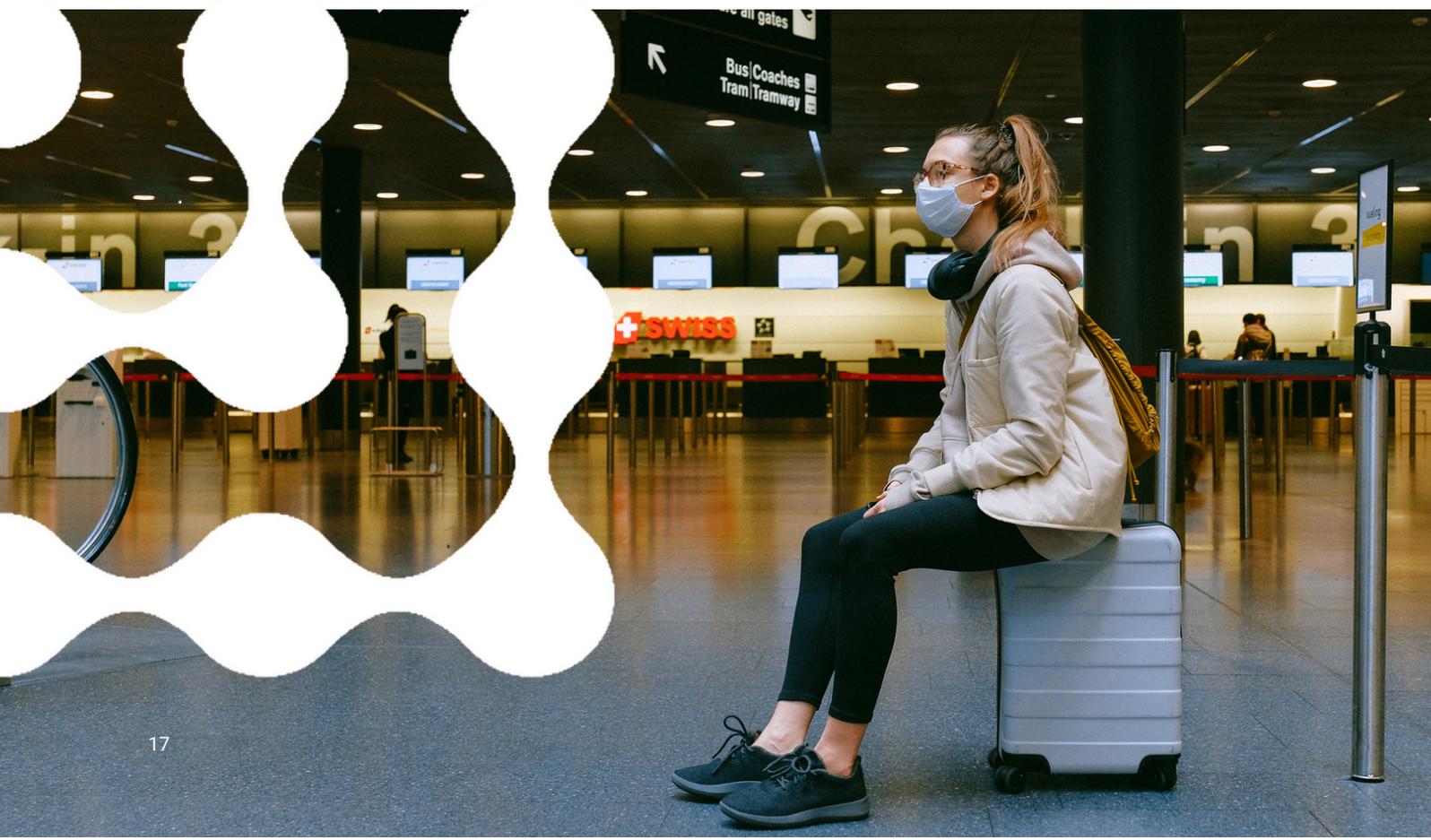
Gli aeroporti sono infrastrutture critiche attrezzate per il decollo e l'atterraggio di aeromobili, per il transito dei relativi passeggeri e per il rifornimento dei velivoli e rappresentano un importante motore di sviluppo nei territori in cui sono collocate. Il loro efficientamento determina un aumento del flusso di merci e passeggeri, portando ad un maggior posizionamento di sedi aziendali nelle vicinanze e ad una maggior competitività economica del territorio.

L'infrastruttura si distingue in due aree: lato aria (airside) e lato terra (landside). Il lato aria comprende attrezzature e servizi impiegati per la movimentazione degli aeromobili, quali piste di atterraggio, bretelle di raccordo, piazzole di sosta e sistema di controllo del traffico aereo. Il lato terra include attrezzature, strutture e servizi associati ai passeggeri, il sistema di accesso all'aeroporto, il marciapiede del terminal, i parcheggi delle automobili ed il parcheggio degli aerei.

Lo studio "Securing Smart Airports" [21] condotto da ENISA (European Union Agency for Network and Information Security) presenta una mappatura degli asset critici per gli aeroporti, individuando in particolare:

- **Sistemi di gestione dei bagagli e i sistemi SCADA** (Supervisory Control and Data Acquisition) che permettono di centralizzare il controllo e la visualizzazione dello smistamento dei bagagli. I sistemi SCADA stanno diventando sempre più interconnessi e interdipendenti con gli altri sistemi informativi aeroportuali e questo li ha resi più vulnerabili e soggetti ad attacchi. I sistemi SCADA vengono anche utilizzati per il controllo dei sistemi di illuminazione, dei sistemi HVAC - Heating, ventilation, and air conditioning, e dei servizi dell'area di stazionamento;

[21] European Union Agency for Network and Information Security (ENISA), Securing Smart Airports, 2016 [\[link\]](#)



- Check-in e imbarco dei passeggeri, soprattutto in seguito alla diffusione di strutture di “**e-ticketing self service**” che possono essere manomessi essendo in spazi pubblici causando non solo ritardi nel processo d'imbarco ma potenziali furti di dati sensibili dei passeggeri o modifiche delle carte d'imbarco;
- **Sistemi di gestione del traffico aereo**, ad esempio, ADS-B out (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast), sistemi di aiuto alla navigazione e sistemi di comunicazione che possono essere manomessi ad esempio con l'utilizzo di droni che intercettano e modificano le comunicazioni aereo-aeroporto.

Gli aeroporti sono sistemi caratterizzati da fabbisogni energetici molto elevati e molto variabili, che dipendono dalla struttura in sé, dai macchinari presenti e dal funzionamento e sono fortemente legati a strumentazione e infrastrutture ICT.

Da questo punto di vista le traiettorie di innovazione più rilevanti riguardano la **resilienza e neutralità climatica**, da un lato, connessa in particolare all'upgrade delle strutture e degli impianti di condizionamento, di ventilazione e dei sistemi di illuminazione privilegiando quelli a basso consumo e ad alta efficienza e all'installazione di fonti di energia alternativa e rinnovabile, dall'altro la **sicurezza e cybersecurity**, attraverso l'applicazione di sistemi cloud e di sistemi per la protezione di asset tecnologici del sistema aeroportuale per garantire la continuità operativa.

A questi si affiancano le tecnologie che permettono l'installazione di **sistemi touchless e soluzioni «self»** (check-in e self-boarding), l'installazione di robot automatizzati per attività routinarie e per supporto alla clientela.

Osservando l'applicazione dei nuovi trend tecnologici all'ambito dei siti aeroportuali, appare evidente la rilevanza del concetto di “smart airport” ossia di un aeroporto che adotta tecnologie quali l'IoT, il GPS e la sensoristica per

digitalizzare ed implementare attività operative e di pianificazione, per supportare il personale operativo e le attività all'interno dell'aeroporto ed ottimizzare il flusso dei passeggeri. Global Infrastrutture Hub indica una serie di applicazioni di riferimento che includono: l'automatizzazione degli accessi, il wayfinding digitale, il monitoraggio da remoto dei dispositivi, l'introduzione di robot per la manutenzione ed altre.

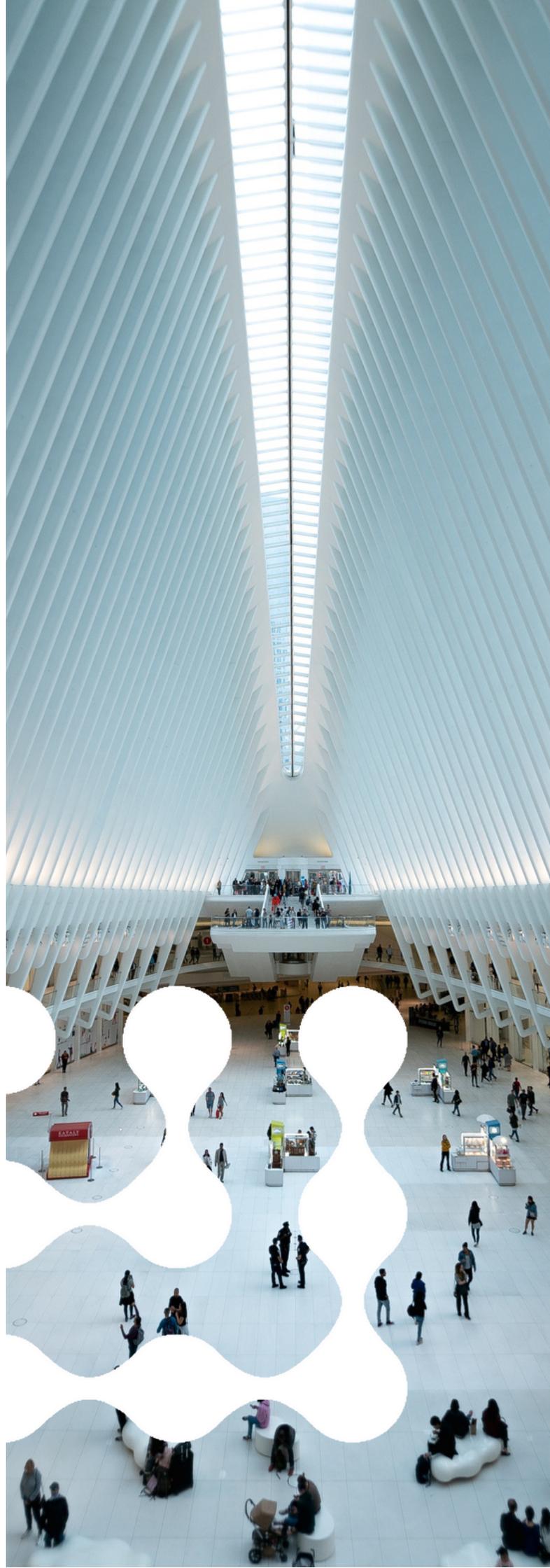
Questo tipo di applicazioni ha potenzialmente un rilevante impatto economico in relazione alla riduzione dei costi legata all'incremento dell'efficienza operativa (nell'ambito facility management e manutenzione), all'aumento di produttività e all'ottimizzazione della domanda (rappresentata dai passeggeri e dunque in riferimento alla gestione dei flussi). A questo si associa poi l'impatto associato alla “customer experience” e alla sicurezza all'interno dell'infrastruttura. Il valore del mercato associato a questo tipo di aeroporti e quindi ai dispositivi, sistemi e componenti hardware e software che ne permettono l'implementazione è stato stimato per l'anno 2021 a 27,3 miliardi di dollari. Si prevede inoltre una crescita di questo dato fino a 51,1 miliardi di dollari al 2027, implicando un CAGR (2022-2027) pari a oltre 11%.

Nonostante la rapida e significativa crescita del mercato dei sistemi per gli aeroporti intelligenti, si ritiene opportuno sottolineare che le spese in IT degli aeroporti, nell'anno 2021, sono state stimate crescere rispetto all'anno precedente ma rimanere comunque ampiamente inferiori rispetto ai livelli pre-pandemia.

Nonostante ciò, gli anni 2020 e 2021 hanno visto incrementare il rapporto tra le spese in IT ed i ricavi generati dagli aeroporti, raggiungendo livelli rispettivamente uguali a 6,28% e 6,13% (stimato), decisamente superiori al 4,77% dell'anno 2019 e comunque maggiore del 6,06% dell'anno precedente.

Si conclude dunque che mediamente, a livello globale, gli aeroporti vedono un maggiore valore aggiunto nell'investimento in sistemi IT rispetto al passato. Secondo il report 2021 di SITA, come già discusso in precedenza, le priorità di investimenti in IT degli aeroporti al 2024, riguarderà soprattutto sicurezza informatica, servizi cloud e processi self-service.

In questo contesto, si osserva un incremento del numero di "touchpoints", ossia i punti di contatto tra un'organizzazione e i suoi clienti, definiti smart nell'ambito delle infrastrutture aeroportuali. Già nel 2020, si è assistito ad una crescita degli smart touchpoints installati negli aeroporti per raggiungere il numero di 50.531 unità, in crescita dell'8,3% rispetto all'anno precedente.



Focus: infrastrutture energetiche

Le infrastrutture energetiche sono uno degli elementi portanti su cui si basa lo sviluppo della società moderna, strettamente connessa all'utilizzo di energia e sempre più esigente in termini di consumi. Esse racchiudono tutte le infrastrutture e le reti finalizzate a produzione, trasporto, stoccaggio e gestione dell'energia. Si dividono nei due macro settori delle infrastrutture **Oil & Gas** (estrazione e approvvigionamento, trasporto, stoccaggio e dispacciamento, distribuzione, gestione operativa e manutenzione delle reti) ed **Elettriche** (produzione, trasmissione su reti di altissima/alta tensione, distribuzione su reti di media tensione, trasformazione dell'energia, gestione operativa e manutenzione delle reti).

Queste infrastrutture sono molto complesse e hanno caratteristiche tipiche riguardanti l'elevata efficienza tecnica ed operativa delle soluzioni tecnologiche, la resilienza alle perturbazioni dei consumi, la compatibilità con l'ambiente. Sia la rete per il gas naturale che per l'elettricità sono capillari e necessitano di una gestione decentralizzata, anche con l'ausilio di strumentazione tecnologica e sensori; necessitano inoltre di grandi investimenti economici per tutte le fasi operative, dalla progettazione alla gestione, e per l'ottimizzazione delle strutture esistenti.

Le aziende che operano nel settore delle infrastrutture energetiche rappresentano un bersaglio in termini economici per gli attacchi ransomware, virus informatici che rendono inaccessibili i file dei computer infettati e chiedono il pagamento di un riscatto per ripristinarli. Inoltre, le utility hanno tendenzialmente una superficie di attacco sempre maggiore, dipendente dalle loro posizioni geografiche e dalle complesse relazioni di fornitura alle terze parti.

Secondo l'X-Force Threat Intelligence Index 2022 di IBM Security [22], il settore energetico è stato il quarto più colpito nel 2021 (8,2%) ed il terzo nel 2020 (11.1%).

La diversificata composizione delle infrastrutture energetiche coinvolge nel loro processo di progettazione, realizzazione e manutenzione diversi operatori con competenze strettamente legate al livello di complessità della porzione di rete di cui si occupano. Conseguentemente, le tecnologie applicate a queste infrastrutture seguono tale complessità e variano a seconda delle esigenze.

Il sistema energetico nazionale è oggi impegnato in una profonda trasformazione verso gli obiettivi di miglioramento degli standard di efficienza, raggiungibili con le tecnologie digitali, e di contenimento delle emissioni fissati dall'Unione Europea entro il 2030.

Il pacchetto Fit For 55 alza l'asticella degli obiettivi puntando alla riduzione interna netta delle emissioni di gas a effetto serra di almeno il 55% rispetto ai livelli del 1990 [23].

La direttiva RED II prevede l'aumento dell'efficienza energetica di almeno il 32,5%, obiettivo rispetto al quale l'Italia dovrà contribuire fissando la percentuale di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia pari al 30% [24].

In questo contesto, le **Smart Grid** o "reti elettriche intelligenti" emergono come soluzione innovativa in grado di rispondere alle crescenti esigenze del settore.

Si tratta dell'insieme delle infrastrutture di distribuzione di energia elettrica dotate di dispositivi e sensori IoT (Internet of Things) che ne consentono il monitoraggio continuo e la gestione real-time dei flussi di energia.

[22] IBM, X-Force Threat Intelligence Index 2022, 2022 [\[link\]](#)

[23] Regolamento (UE) 2021/1119 del Parlamento europeo e del Consiglio del 30 giugno 2021 che istituisce il quadro per il conseguimento della neutralità climatica e che modifica il regolamento (CE) n. 401/2009 e il regolamento (UE) 2018/1999 («Normativa europea sul clima»)[\[link\]](#)

[24] Camera dei Deputati, I principali contenuti della Direttiva RED II, 2022 [\[link\]](#)

Queste installazioni sono significative in particolare nelle reti a media e bassa tensione, ad oggi generalmente poco automatizzate e maggiormente fonti di inefficienza.

I trend rilevanti risultano essere **resilienza climatica, manutenzione e monitoraggio, sicurezza e cybersecurity**, particolarmente connessi tra loro in quanto le medesime soluzioni tecnologiche consentono la raccolta e l'analisi dei dati delle infrastrutture distribuite con obiettivi diversificati, ad esempio il contenimento dei consumi, il rilevamento di perdite, il controllo e la sicurezza digitale.

Mediante l'analisi di dati raccolti da sensori IoT e dispositivi di controllo per implementare reti intelligenti (smart grid, smart metering, smart asset management) possono infatti essere ottimizzati i consumi energetici nelle varie componenti dell'infrastruttura.

La **comunicazione event-driven** nelle Smart Grid prevede ad esempio l'implementazione di un metodo di misurazione del consumo elettrico basato sugli eventi in modo da rendere visibili sia i processi che i loro componenti, consentendone il rilevamento immediato per una migliore comprensione dei processi che li determinano. Per fare questo, gli eventi vengono trasmessi attraverso canali di comunicazione a banda larga, come ad esempio connessioni Internet e Wi-Fi, permettendo ai flussi informativi di utilizzare quindi i dati di misurazione interni alle Smart Grid per ottenere le informazioni necessarie a ottimizzare produzione e consumi.

Attraverso l'**utilizzo di sensori IoT, connessioni wireless, tecnologie "cloud/fog computing" e intelligenza artificiale** è anche possibile analizzare i consumi e ottimizzare i carichi energetici e la gestione degli impianti di produzione e distribuzione, al fine di individuare, prevedere e prevenire i guasti e garantire la continuità operativa.

L'installazione di sensoristica consente di monitorare da remoto gli elettrodotti, soggetti a fenomeni atmosferici di elevata severità quali la forte ventosità, garantendo un miglioramento dell'affidabilità della rete, la localizzazione reattiva dei guasti, il monitoraggio strutturale e ambientale mediante creazione di una piattaforma di centralizzazione dei dati. L'installazione distribuita di strumentazione di controllo su diversi nodi (anche secondari) della rete permette inoltre il capillare controllo da remoto.

Un'ulteriore soluzione innovativa prevede l'utilizzo di **reti wireless per il monitoraggio distribuito**: attraverso le reti wireless (come le reti 5G) è possibile infatti realizzare un collegamento delle infrastrutture energetiche distribuite sul territorio per rendere possibile il monitoraggio intelligente da siti remoti, consentendo ai decisori di esaminare lo stato delle infrastrutture energetiche da una posizione di comando centrale avviando ai problemi di distanza.

Il monitoraggio delle infrastrutture di rete può avvenire anche mediante **dati satellitari** (GAMS - Geospatial Asset Monitoring System). Un esempio è costituito dal progetto sviluppato da Terna, Snam e Gmatics e focalizzato sul monitoraggio delle infrastrutture attraverso l'utilizzo di dati satellitari elaborati con intelligenza artificiale e Big Data Analytics. L'obiettivo di questo progetto è quello di ricavare dall'analisi automatica di immagini satellitari informazioni utili alla gestione efficiente delle infrastrutture energetiche. Il GAMS raccoglie informazioni geospaziali da diverse fonti e, dall'analisi delle immagini aeree e satellitari, estrapola le informazioni di dettaglio dell'area sottoposta a indagine.

Focus: ospedali

Le strutture ospedaliere sono strutture pubbliche o private che costituiscono parte del Servizio Sanitario Nazionale.

Queste strutture rientrano nella categoria delle infrastrutture critiche in quanto la sanità è un servizio essenziale che richiede un'operatività 24/7, oltre che essere settore statale strategico con un peso economico significativo, assorbendo circa il 7% del PIL nazionale italiano (dato 2022).

Le strutture ospedaliere devono essere sicure e devono garantire la continuità delle funzioni operative, in quanto questi due aspetti permettono l'offerta di un servizio di cura totale ed accessibile. Rientrano anche tra le infrastrutture che hanno bisogno del maggior numero di risorse umane e materiali per garantirne il funzionamento e il coordinamento delle attività. Gli ospedali sono inoltre fra le strutture più esigenti per consumo energetico e sfruttamento quotidiano degli spazi.

Secondo lo studio "Health Care's Climate Footprint" di Health Care Without Harm, organizzazione globale che promuove l'utilizzo di pratiche tecnologiche sostenibili nel settore della cura sanitaria, le emissioni derivanti dai sistemi sanitari di tutto il mondo si attestano al 4,4% del totale globale [25].

Tra le traiettorie chiave per lo sviluppo delle infrastrutture ospedaliere si può individuare la **resilienza e neutralità climatica**: dalla realizzazione di edifici sostenibili e a minor impatto ambientale in tutti gli aspetti, come l'edilizia, gli arredi, la gestione operativa e la gestione dei rifiuti, allo sviluppo di studi, monitoraggi e valutazioni su qualità dell'aria e tecnologie costruttive avanzate con attenzione alla sostenibilità dei prodotti e dei processi.

Di particolare interesse è il concetto di **Smart Hospital**, un ospedale che implementa processi automatizzati e ottimizzati in un ambiente ICT di asset interconnessi, per migliorare le procedure di cura dei pazienti ed abilitare nuove funzionalità.

All'interno del concetto di Smart Hospital si inseriscono anche gli elementi derivanti dallo Smart Building quali l'utilizzo di Digital Twin per la manutenzione predittiva, il building management e l'energy management [26].

Tra i requisiti chiave: comfort acustico, termico e visivo e più in generale lo studio microclimatico indoor inclusi gli studi sulla qualità dell'aria e dell'illuminazione, lo studio del terreno e l'orientamento degli edifici. Lo sviluppo e la validazione di modelli di valutazione per la **localizzazione strategica** delle strutture sanitarie è infatti un aspetto importante per la migliore integrazione struttura-contesto, inserendosi all'interno di un modello più ampio di ospedale user-centered e sostenibile.

È di particolare interesse anche lo sviluppo di **materiali innovativi** per il settore e tecnologie costruttive avanzate orientate alla salubrità degli ambienti di cura e di lavoro, riguardanti in particolare l'applicazione di materiali altamente performanti e igienici, soprattutto similpietre, policarbonati e gres porcellanati (ignifughi, resistenti ad alte frequenze di utilizzo e in condizioni di emergenza, idrorepellenti, battericidi o batteriostatici, di facile manutenzione e pulizia, con porosità assente o limitata).

Rilevante anche la spinta alla digitalizzazione del settore, che coinvolge la parte infrastrutturale, sia da un punto di vista gestionale (controllo degli impianti e degli edifici), sia da un punto di vista della sicurezza informatica.

[25] Karline, Slotterback, Boyd, Ashby, and Steele, Health care's climate footprint, 2019 [\[link\]](#)

[26] Alkhalidi, Smart hospitals: market overview, trends, and considerations, 2022 [\[link\]](#)

Il settore healthcare è infatti atteso essere il secondo dopo quello degli edifici commerciali per utilizzo di **BMS - Building Management System** e dispositivi connessi con una crescita annuale del 13,9% nel periodo 2018-2023 ed un valore, al 2020, di 1,9 miliardi di dollari. In Italia, nel 2021, il segmento sanitario è il terzo più colpito da attacchi informatici (13%), dopo l'ambito governativo/militare/delle forze dell'ordine e al settore ICT (escludendo gli attacchi con obiettivi multipli).



Focus: porti

I porti sono le infrastrutture che permettono l'attracco e la partenza di navi, favorendo così la logistica di merci e persone attraverso mari e oceani. Il sistema portuale è uno degli snodi fondamentali per il commercio e per la circolazione delle merci e delle persone: la logistica marittima vale circa il 12% del PIL globale e il 90% delle merci viaggia infatti su mare, mentre, nella prospettiva 2025, la movimentazione container a livello mondiale crescerà a ritmi del 4,8% medio annuo [27]. L'Italia risulta in linea con questi trend.

I porti, spesso inseriti in contesti densamente abitati, hanno forti ricadute sugli insediamenti circostanti in termini di inquinamento: il trasporto marittimo causa inquinamento acustico ed inquinamento dell'aria e l'Italia risultava nel 2018 il paese più inquinante per attività portuali all'ormeggio [28].

Secondo uno studio dell'International Maritime Organization (IMO), mantenendo invariata la situazione attuale, le emissioni del trasporto marittimo potrebbero crescere tra il 90% e il 130% rispetto alle emissioni del 2008 entro il 2050 [29].

Di particolare interesse la traiettoria di sviluppo dei cosiddetti **Green Port**, verso una sempre maggiore sostenibilità di tali infrastrutture: tra le soluzioni utilizzate si possono citare il cold ironing, ovvero l'uso della rete elettrica della terraferma durante i periodi di attracco delle navi, e di combustibili alternativi per la propulsione in mare aperto (GNL, batterie, idrogeno e ammoniaca), la produzione di energia elettrica da fonti sostenibili nei pressi dei porti e l'utilizzo di mezzi elettrici per la mobilità intra-portuale ed altri interventi di efficientamento.

A queste si affiancano le nuove tecnologie e soluzioni che supportano lo sviluppo degli **Smart Port**: tra queste l'adozione di tecnologie data-driven come Intelligenza Artificiale (AI), Big Data Analytics, IoT e blockchain per monitorare e migliorare le prestazioni, ad esempio efficientando le operazioni di carico e scarico digitalizzando le procedure di sdoganamento; l'adozione di Digital Twin per la simulazione delle attività portuali e la previsione delle tempistiche; l'utilizzo di network digitali integrati per facilitare la connettività con i partner globali e migliorare la supply-chain, usando strumenti di cybersecurity per la protezione dei dati utilizzati, evitarne la perdita e mantenere elevata l'affidabilità dei porti stessi.

Il concetto di smart port include anche i processi di automatizzazione dei terminal e l'adozione di sistemi di gestione del traffico.

[27] SRM Centro Studi e Ricerche, Italian Maritime Economy, Rapporto 2021

[28] Open Polis, La sfida della sostenibilità dei porti, 2022 [\[link\]](#)

[29] IMO, Fourth Greenhouse Gas Study 2020 [\[link\]](#)

4. LA FILIERA REGIONALE DELLE INFRASTRUTTURE CRITICHE

La composizione della filiera: fasi, attività e competenze

L'analisi della filiera di attori operanti nel contesto, ampio e diversificato, delle infrastrutture critiche, deve inevitabilmente tenere in considerazione il settore più adiacente a tale filiera, ossia quello delle costruzioni [30]. Si tratta di un settore che in Italia, secondo le stime di GlobalData di aprile 2022, presentava un valore dell'output (ossia l'ammontare esigibile dai clienti di lavori di costruzione ed ingegneria civile, esclusi i pagamenti ai subappaltatori e l'applicazione dell'IVA) pari a 208,75 miliardi di euro nell'anno 2021.

A livello regionale, il 31% delle imprese di costruzione a fine 2021 dichiara di aver effettuato degli investimenti, che principalmente hanno riguardato l'acquisto di impianti e/o macchinari uguali a quelli esistenti (49,5%), seguito dall'acquisto di computer e software (44,9%), mentre l'introduzione di impianti e/o macchinari innovativi è stata segnalata dal 36,1% di imprese. Risultano quasi nulli gli investimenti relativi all'acquisto di marchi e brevetti. Si tratta quindi di un settore poco incline all'innovazione, dove le classi di attività più rappresentative risultano i lavori di costruzione specializzati (Ateco F43, pari al 75% del totale nel 2021), seguiti dalle costruzioni di edifici (Ateco F41 - 24%), mentre l'ingegneria civile (Ateco F42) rappresenta il rimanente 1%.

Il territorio regionale dell'Emilia-Romagna presenta un buon posizionamento nazionale in riferimento alla presenza di grandi aziende di contractor, con 26 attori rappresentanti il 19,9%. Rispetto alle aziende di ingegneria, la regione nel 2020 si posiziona soltanto all'ottavo posto con una quota, rispetto al totale della classifica, del 3%. Infine, rispetto alla presenza di studi di architettura e progettazione, l'Emilia-Romagna risulta quarta tra le regioni italiane, con il 7,5% delle aziende (per confronto, la Lombardia che vanta una quota superiore al 50%).

Per completare la fotografia per settore è utile richiamare anche la natura giuridica delle imprese: per la maggioranza il settore è rappresentato da ditte individuali (pari al 66,3%), seguite dalle società di capitali (pari al 23%), le società di persone e le altre forme societarie costituiscono il rimanente 10% circa.

Se quindi è vero che la filiera delle infrastrutture critiche può in parte sovrapporsi alla filiera delle costruzioni, con una declinazione su alcune tipologie di infrastruttura caratterizzate da determinati requisiti realizzativi e operativi, come è stato visto nei precedenti capitoli, questa però richiede l'introduzione di alte competenze nelle diverse fasi realizzative e operative, una dotazione strumentale e una propensione all'investimento in R&D da parte delle organizzazioni coinvolte di molto superiore alla media del settore costruzioni in sé stesso.

[30] ART-ER, Andamento e scenari del settore costruzioni, 2022 [\[link\]](#)

Per questo occorre includere nell'analisi anche quelle attività e competenze connesse alle tematiche IT ed energetiche: i segmenti che, in maniera più o meno diretta, rappresentano il contesto delle infrastrutture critiche sono infatti quello delle infrastrutture per la mobilità, quello dell'energia e utility ed in parte quello degli edifici istituzionali (per quanto concerne gli ospedali).

La filiera che si va a determinare è quindi una filiera ibrida, di cui possiamo andare a definire alcune fasi essenziali, riportate per semplicità in una visualizzazione lineare che non evidenzia la complessità e le inter-relazioni tra ogni fase.

Le macro fasi identificate sono:

- **Design & Engineering:** fase di pianificazione delle attività come lo sviluppo, la progettazione e l'ingegnerizzazione del progetto.
- **Construction:** fase operativa, generalmente la più lunga, complessa e costosa nel caso delle IC.
- **Testing & Commissioning:** fase di verifica delle funzionalità e delle conformità della struttura a quanto indicato nelle specifiche e prescritto dalle normative.

- **Operation Management:** fase che si occupa dell'operatività e della gestione dell'IC, che può essere definita come le attività di supporto a funzioni, sicurezza e sostenibilità dell'intero complesso in condizioni ordinarie di funzionamento.
- **Maintenance:** attività di manutenzione per garantire che le IC mantengano o accrescano la funzionalità rispetto agli standard prestazionali e di qualità previsti dal progetto iniziale o aggiornati nel tempo.
- **Demolition & Recycling:** ultima fase che comprende demolizione e riciclo delle IC o di una singola parte di esse giunta a fine vita.

Alle differenti fasi della value chain precedentemente descritte sono state associate le tecnologie più innovative emerse dall'analisi dei trend emergenti e dei casi studio.

Questa attività ha permesso di individuare quali tecnologie vengono applicate in quali fasi di realizzazione e gestione delle infrastrutture critiche, riportate nella figura che segue.

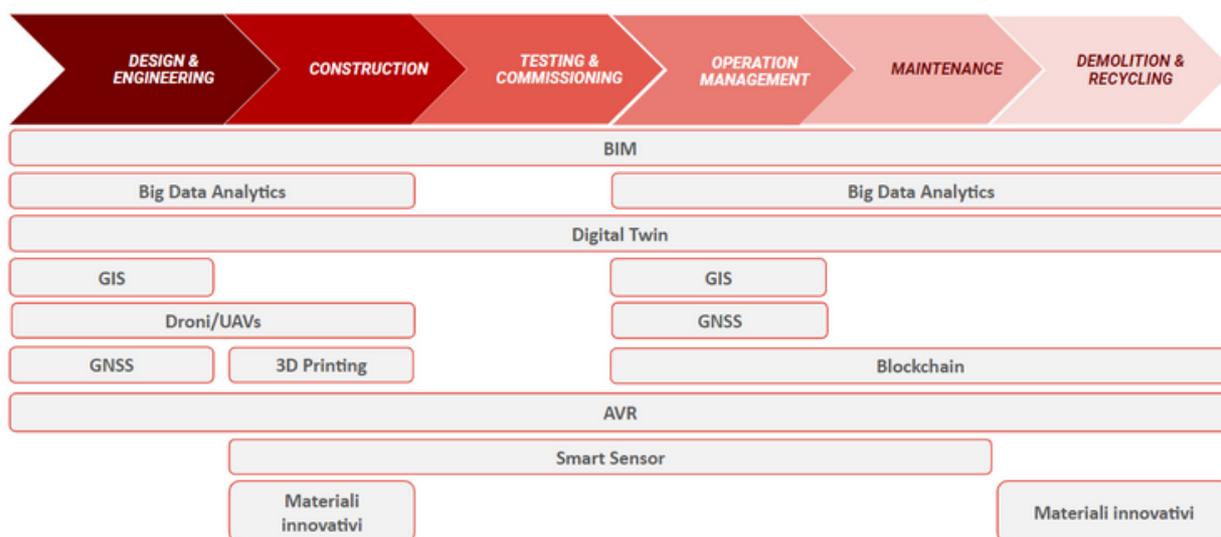


Grafico 1 | Fasi della filiera delle infrastrutture critiche e relative tecnologie chiave

Utilizzando questa metodologia, risulta dunque possibile identificare alcuni settori industriali e di servizi principalmente coinvolti nelle IC, oltre che le relative competenze:

- Servizi di consulenza;
- Impiantistica: impianti elettrici, meccanici e strumentali, impianti telecomunicazioni, impianti di climatizzazione, impianti idrici, impianti tecnologici e sanitari, impianti energetici;
- Informatica: IoT/Big Data/Analytics, sistemi informatici, software e applicazioni IT, servizi di sicurezza ICT;
- Materiali: materiali ceramici, materiali edili, materiali compositi, conglomerati bituminosi;
- Opere edili e infrastrutturali: edifici civili e industriali, strade, autostrade, ponti, viadotti, ferrovie, metropolitane, opere marittime;
- Energia: produzione e distribuzione energia, servizi energetici;
- Meccatronica: componentistica/ macchinari e strumentazione elettrica ed elettronica;
- Facility Management: gestione trasporti, servizi di pulizia, servizi ospedalieri, servizi accessori, sorveglianza, sicurezza e antintrusione.

Oltre a questi settori produttivi (industriali e di servizi), sono stati considerati separatamente enti di formazione e centri di ricerca in quanto risultano collegati e necessari allo sviluppo (anche regionale) delle infrastrutture critiche.



Il posizionamento dei player regionali

L'indagine condotta ha permesso l'identificazione di 411 tra imprese, centri di ricerca, enti di formazione e società di consulenza. Le aziende mappate risultano localizzate maggiormente nella provincia di Bologna, seguita da Modena, Parma e Ravenna, Reggio Emilia, Forlì-Cesena e Rimini, Ferrara e infine Piacenza.

All'interno del campione si osserva una limitata presenza in regione di studi di ingegneria di grandi dimensioni, che può incidere sulla limitata capacità di operare anche a livello internazionale, oltre che sulla capacità di lavorare su opere complesse come le infrastrutture critiche, che richiedono infatti un certo numero di figure professionali specializzate, oltre che il coordinamento tra queste. Il **posizionamento delle aziende nella value chain** definita negli step precedenti ha permesso di valutare la copertura globale delle diverse fasi. In particolare, le fasi maggiormente coperte numericamente risultano essere quelle di Design & Engineering e Construction, che insieme rappresentano il 72,9% delle aziende analizzate.

Di contro, la fase di Testing & Commissioning è la minor rappresentata. Questo risultato potrebbe essere legato alla natura stessa della fase in quanto le attività caratterizzanti le fasi di testing impiantistico e collaudo sono infatti spesso internalizzate alle aziende con business unit dedicate, motivo per cui non emergono come attività core dell'azienda.

Per quanto riguarda la fase di Demolition & Recycling, anche in questo caso il numero di aziende individuate risulta essere ridotto mantenendo comunque lo stretto legame con il settore delle costruzioni, seppur in misura contenuta, a causa della difficile individuazione di aziende che hanno questa come attività preponderanti.

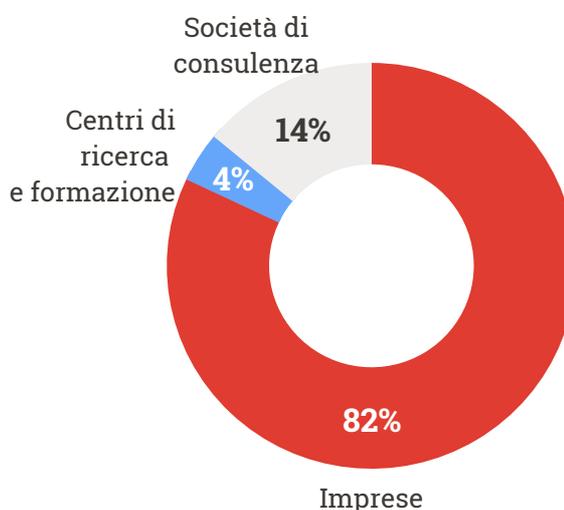


Grafico 2 | Tipologia di organizzazioni analizzate

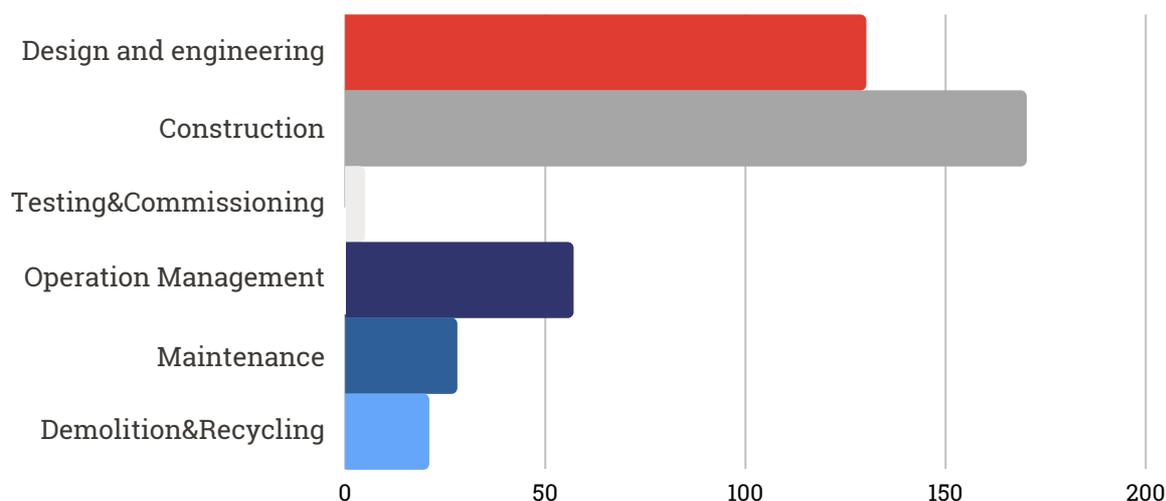


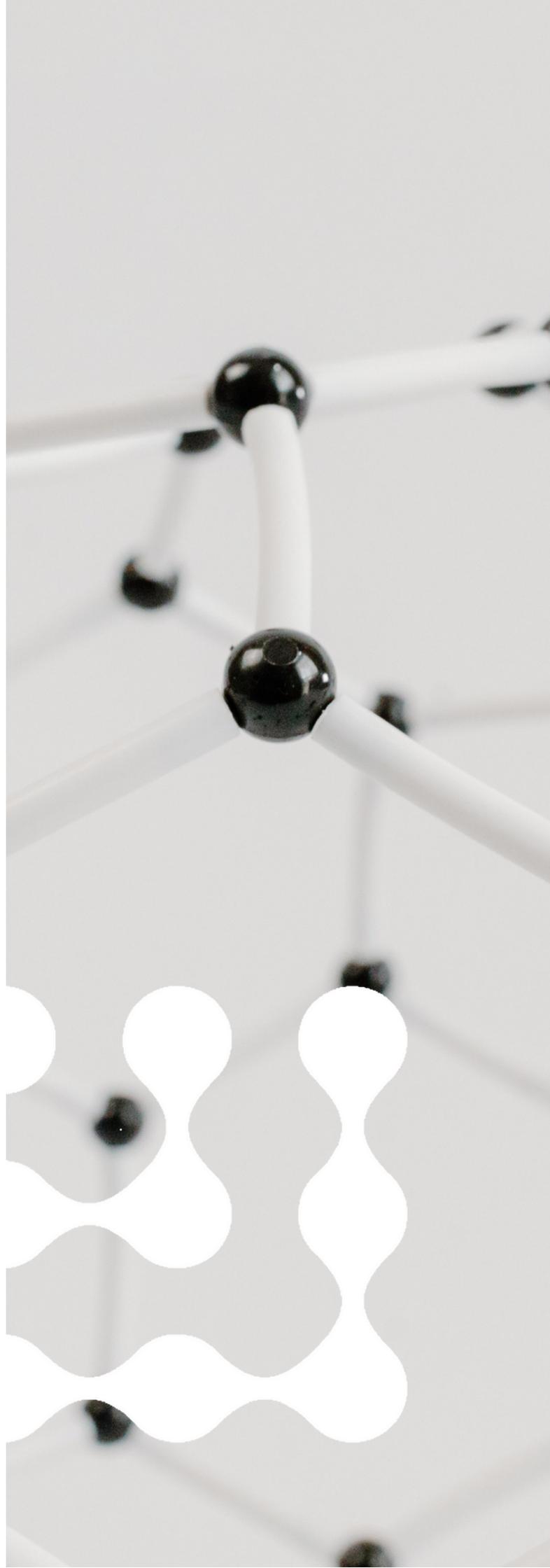
Grafico 3 | Posizionamento delle organizzazioni analizzate per fase della value chain

Rispetto al campione analizzato, su 411 imprese 130 non risultano avere esperienza o competenze evidenti rispetto a nessuna specifica infrastruttura critica analizzata, sebbene posseggano le potenzialità per svilupparle in futuro. L'11% del campione dimostra di avere più di una specializzazione su infrastrutture critiche, mentre il restante 57% risulta avere una specializzazione prevalente su almeno una delle infrastrutture critiche individuate come casi studio (Tabella 2).

Rispetto a queste la quota maggioritaria risulta avere esperienza nell'ambito delle infrastrutture energetiche, al secondo posto si trova la specializzazione su ospedali, mentre in misura minoritaria si ritrovano specializzazioni prevalenti su data center, aeroporti e porti.

Tipologia di specializzazione su infrastrutture critiche	n. aziende	% aziende su totale
Nessuna specializzazione	130	32%
Più di una specializzazione	45	11%
Una specializzazione prevalente	236	57%
Aeroporti	19	5%
Data Center	35	9%
Infrastrutture energetiche	103	25%
Ospedali	57	14%
Porti	22	5%
Totale generale	411	100%

Tabella 2 | Numero e quota di aziende sul totale del campione per tipologia di specializzazione su infrastrutture critiche



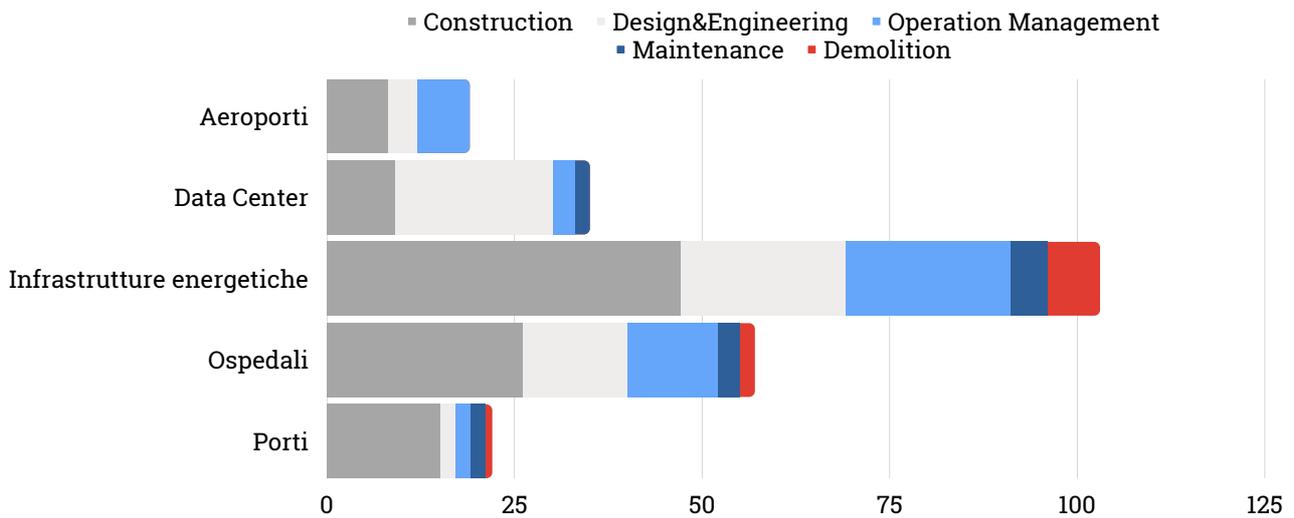


Grafico 4 | Distribuzione delle aziende rispetto alla specializzazione e alla fase di value chain

Se si osserva inoltre il posizionamento delle aziende rispetto alle diverse fasi di value chain (Grafico 4), si evince che la gran parte delle aziende con specializzazione su infrastrutture energetiche svolge attività prevalente nell'ambito della fase di Construction, Design & Engineering e Operation Management e in maniera simile tale suddivisione avviene anche rispetto alla realizzazione di ospedali. Si può osservare una buona specializzazione su data center all'interno della fase di Design & Engineering, dimostrando quindi la copertura del caso studio rispetto alle attività di progettazione.

Andando ad approfondire i **settori di attività prevalenti all'interno delle diverse fasi di value chain**, si possono individuare nella fase Design & Engineering le attività di Ricerca e formazione e l'Informatica, con aziende specializzate nello sviluppo di tecnologie IoT, Big Data e Analytics e nello sviluppo di software e applicazioni IT, in forte connessione ai trend dell'efficienza operativa, della sicurezza e cybersecurity.

In generale, la fase di Design&Engineering vede competenze ben distribuite in quasi tutti gli ambiti di attività, dalla consulenza ai materiali all'impiantistica.

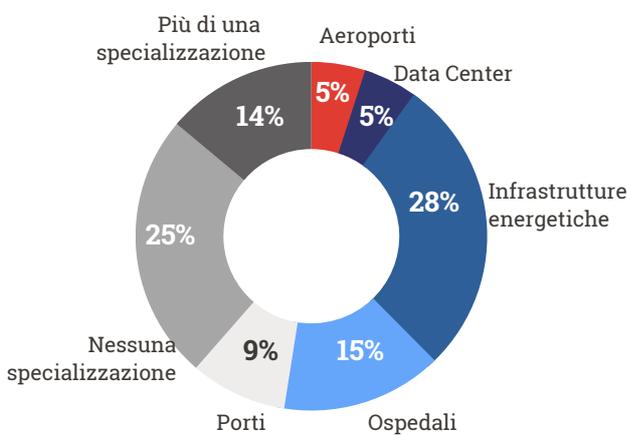


Grafico 5 | Posizionamento su specializzazione prevalente da parte delle aziende collocate nella fase Construction

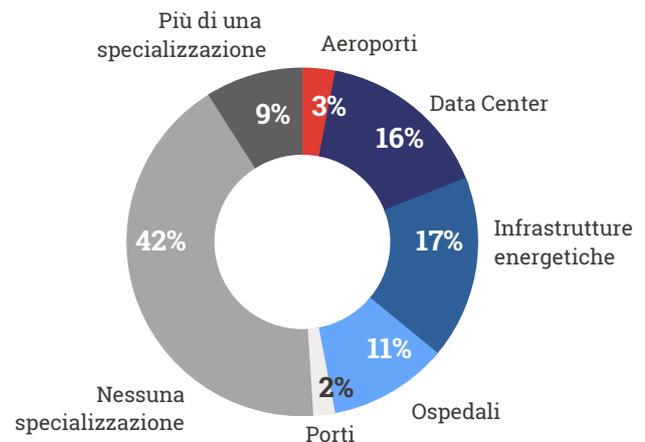


Grafico 6 | Posizionamento su specializzazione prevalente da parte delle aziende collocate nella fase Design&Engineering

Nella fase Construction, i settori di attività prevalenti riguardano l'impiantistica e le opere edili e infrastrutturali, che formano il cuore della filiera edile regionale e comprendono da soli circa il 73% della fase. Nelle altre fasi, spicca l'applicazione di competenze in ambito energetico e facility management durante la fase di gestione operativa. La fase di Operation Management è in particolare la terza per numero di aziende all'interno del database con cinquantasette aziende.

Nello specifico emergono come numericamente più rappresentate le competenze connesse alla gestione dei trasporti (società tipiche delle infrastrutture portuali e aeroportuali) ed ai servizi ospedalieri.

Complessivamente, il settore delle Opere edili e infrastrutturali presenta aziende competenti nella progettazione e realizzazione di edifici civili e industriali e infrastrutture quali strade, autostrade, ponti, viadotti, ferrovie, metropolitane; il settore dei Materiali presenta 9 aziende sulle totali 24 del settore operanti nell'ambito dei materiali ceramici e materiali compositi, vicine quindi al trend dell'innovazione e tecnologia.

Il settore Impiantistica risulta essere quello numericamente più ampio sia nella fase di Construction che nella totalità del database regionale analizzato. Al suo interno emergono come maggiormente rappresentate le competenze quali la realizzazione di impianti elettrici, meccanici e strumentali (30 aziende su 99 del settore) e la produzione / installazione di impianti energetici (19 aziende su 99).

La fase di Testing & Commissioning è quella numericamente meno coperta all'interno del database regionale analizzato. La numerosità in questo caso è di sole cinque aziende, tutte collocate nel settore dei centri di ricerca e formazione con competenze principalmente riscontrate su ricerca e sviluppo in ambito edilizia e materiali o meccatronica. La scarsa numerosità di questa fase potrebbe essere legata alla presenza di specifiche business unit dedicate a queste attività all'interno di aziende che, per principio di prevalenza, emergono nel database per competenze chiave diverse dal Testing & Commissioning.

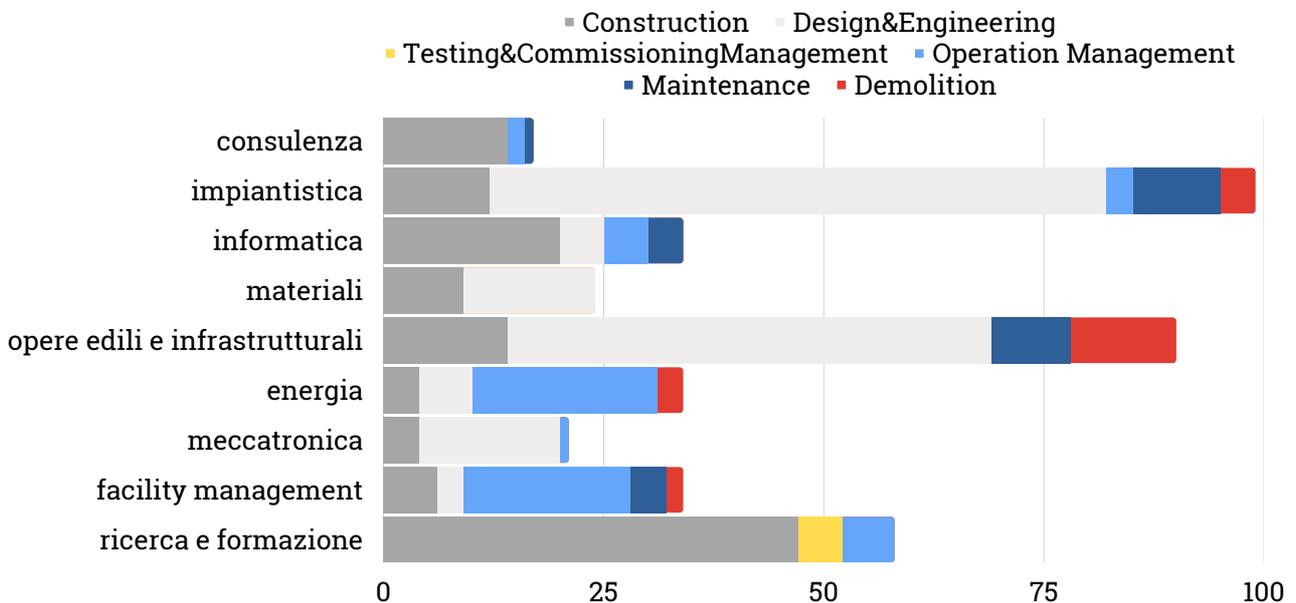


Grafico 7 | Distribuzione delle aziende rispetto ai settori di attività e alla fase di value chain

Un approfondimento su un campione specifico

L'analisi ha individuato un campione di approfondimento costituito da 31 aziende, selezionate secondo i criteri descritti nel Rationale, localizzate in Emilia-Romagna operative nel segmento "infrastrutture critiche" e anche in molteplici contesti adiacenti. Di queste 11 operano in prevalenza nella fase di Construction, 9 nella fase di Design & Engineering, 5 nella fase di Maintenance.

L'analisi di questo campione restituisce alcune indicazioni utili circa le dimensioni delle aziende, i trend economico-occupazionali e di spese in ricerca e sviluppo, utili a leggere alcune dinamiche interne alla filiera.

Rispetto alla fase Design & Engineering, l'**analisi dei bilanci delle aziende campione** mette in evidenza valori della produzione mediani compresi tra 1 milione di euro e 1.2 milioni di euro e dati sull'occupazione mediani di 7 e 8 unità. Si osserva quindi che il valore della produzione medio all'interno di queste aziende è diminuito durante il triennio considerato (2018-2020).

In riferimento al numero medio di dipendenti, questo appare particolarmente elevato.

Si tratta però di un risultato credibile considerando che alcune fasi della value chain analizzata, come quella di Construction, tendono ad essere a più elevata intensità di manodopera rispetto ad altri contesti/settori. Inoltre, i valori medi del numero di impiegati per il 2019 ed il 2020, risultano particolarmente elevati in quanto sul territorio regionale hanno sede importanti gruppi operanti nel settore delle costruzioni e di dimensioni notevoli.

Nonostante ciò, si sottolinea che, ad esempio in riferimento all'anno 2019, in Italia, il settore delle costruzioni sia costituito principalmente da aziende di piccole dimensioni, così come evidenziato anche a livello regionale ad inizio capitolo.

La fase di gestione operativa delle infrastrutture include aziende diversificate la cui attività spazia dalla gestione diretta dell'infrastruttura a servizi di energy management e servizi collegati alla gestione immobiliare: è in questa fase che è collocata la maggiore tra le aziende del campione in termini di fatturato e numero di addetti.

Se si prendono in considerazione i valori di mediana rispetto al numero di dipendenti, questi risultano decisamente inferiori attestandosi a 67 e 47 unità, rispettivamente nel 2019 e nel 2020. In questo senso, la filiera appare estremamente diversificata in termini di attori che vi operano: si sottolinea comunque che le imprese analizzate non operano unicamente nel contesto delle infrastrutture critiche e si tratta dunque di dati sul valore della produzione e sull'occupazione generati in ambiti molteplici e differenti. Il valore minimo pari a 0 è invece tipico di aziende di piccole dimensioni o start-up in cui operano unicamente i titolari o sono coinvolti collaboratori.

Considerando unicamente le imprese operanti in prevalenza nella fase di Design & Engineering, rappresentato nel campione da 9 imprese, si osserva un valore della produzione medio decisamente inferiore a quello riferito all'intero campione.

Dato	Valore mediano	Valore medio
Ricavi (€) 2018	10.524.025	134.560.376
Ricavi (€) 2019	8.099.882	128.505.257
Ricavi (€) 2020	5.712.319	121.727.327
Numero dipendenti 2019	67	1.571
Numero dipendenti 2020	47	1.356

Tabella 3 | Ricavi e numero dipendenti medi delle aziende del campione

Anche in termini di numero di dipendenti il valore medio scende radicalmente con 11 e 12 unità rispettivamente nell'anno 2019 e 2020 (dunque in crescita). In questo senso, si comprende chiaramente che mediamente le aziende che si occupano di progettazione, in quanto attività a bassa intensità di manodopera, tendono ad essere di limitate dimensioni se confrontate con i valori medi riferiti all'intera value chain.

Nella fase di manutenzione operano infine attori di limitata dimensione, alcune realtà di recente formazione, che adottano tecnologie innovative (building automation, smart sensor, IoT, BMS, GIS, droni).

Nonostante le dimensioni limitate delle aziende e la scarsa numerosità di questa fase nel campione, si riscontrano molteplici competenze legate alle tecnologie innovative applicabili e di rilievo per la filiera delle infrastrutture critiche; si trovano infatti applicazioni di building automation, smart sensor, IoT, BMS, EMS e smart building oltre che l'utilizzo di GIS e di droni.

Considerando infine l'indicatore di **R&D intensity** (Tabella 4), dato dal rapporto tra spese in ricerca e sviluppo per l'anno / ricavi per l'anno di riferimento, si osservano in entrambi gli anni 2019 e 2020, valori che si attestano attorno al 6%. Se si considera tale valore in relazione allo step di Construction, il valore medio dell'indicatore, calcolato rispetto a 6 realtà aziendali su 12, è decisamente inferiore, attestandosi nel 2019 e nel 2020 rispettivamente a 0,85% ed a 1,09%. Questi dati sono attribuibili alla presenza di realtà che non hanno investito in ricerca e sviluppo nel periodo considerato, o hanno investito un ammontare limitato rispetto al valore della produzione. In tal senso, si conferma la limitata propensione all'innovazione delle aziende di costruzione menzionata in precedenza, anche nel contesto regionale.

In generale, le aziende del campione appaiono al passo con le principali innovazioni che caratterizzano lo sviluppo recente del settore delle costruzioni e quindi in parte anche relativamente al contesto delle infrastrutture critiche.

Considerando il solo campione estratto per la fase di Design & Engineering, si comprende che la regione dispone già di una serie di attori innovativi che implementano una parte delle tecnologie innovative associate precedentemente a questo step della value chain; è infatti il caso del BIM e del concetto di Digital Twin (fortemente legato al primo) ma anche di GIS e GNSS collegati alla geomatica e all'informatica geospaziale.

Anche l'innovazione sui materiali è un ambito di lavoro di cui si trova riscontro nel campione analizzato, in particolare su materiali funzionalizzati, materiali ecocompatibili, ceramici, e soluzioni innovative come superfici autopulenti e con funzionalità di cattura dell'inquinamento oltre che pavimentazioni antibatteriche, con applicazioni anche nell'ambito ospedaliero. Rispetto alla fornitura di materiali e prodotti, il campione include competenze su dispositivi e impianti per la sicurezza, in particolare per la videosorveglianza intelligente, sistemi per climatizzazione (hardware-software).

Dato	Valore medio	Max	Min
R&D intensity 2019	6,52%	31,88%	0%
R&D intensity 2020	6,91%	40,46%	0%

Tabella 4 | R&D intensity delle aziende del campione

5. TRAIETTORIE DI SVILUPPO

I temi strategici per lo sviluppo della filiera

Tracciare le traiettorie per lo sviluppo della filiera delle infrastrutture critiche significa individuare le direzioni lungo le quali le tecnologie evolvono per rispondere alle specifiche esigenze maturate rispetto alla realizzazione e gestione operativa di questi sistemi complessi e che possono essere influenzate da variabili sia di natura tecnica che economica, oltre che da tendenze sociali di tipo globale.

Le esigenze di contenimento dei costi e di aumento dell'efficienza da un lato, e l'effettiva capacità di ottenere risparmi sia nei processi aziendali sia nella realizzazione e gestione operativa delle infrastrutture dall'altro possono influenzare positivamente l'adozione di determinate tecnologie che consentono peraltro anche l'adeguamento agli standard dei concorrenti. Altre direzioni di sviluppo possono essere determinate dalla crescita di esigenze in termini di competenze e nuovi profili professionali, così come dalla presenza di opportunità di finanziamento.

L'analisi delle tecnologie e dei trend, oltre che del contesto locale e internazionale, porta all'individuazione di alcune traiettorie potenziali che individuano specifiche "domande di innovazione" e possibili ambiti di sviluppo.

Queste sono:

- **Cybersecurity e sicurezza fisica**
- **Simulazione e controllo real-time/adattivo**
- **Monitoraggio satellitare**
- **Revamping delle infrastrutture critiche**
- **System integration**

Le indagini effettuate individuano in particolare nel Revamping, nella Simulazione e Controllo Real time adattivo e nella System Integration, le tre più promettenti.

Queste tendenze sono coerenti con quelle incluse nelle politiche di ricerca e sviluppo anche a livello europeo.

Di seguito ciascuna traiettoria viene brevemente elaborata e per ciascuna vengono presentate alcune opportunità tematiche offerte dal programma Horizon Europe, indicando in particolare i "cluster" intersettoriali di riferimento all'interno del pilastro "Sfide Globali e Competitività Industriale europee", e le "destination" che identificano l'impatto previsto a cui le attività di ricerca e innovazione devono tendere.

TRI: cybersecurity e sicurezza fisica

Le infrastrutture critiche si caratterizzano per una forte correlazione tra la gestione dei sistemi fisici e il funzionamento dei sistemi cyber da cui deriva una forte fragilità ed esposizione al rischio di attacchi in relazione alla progressiva digitalizzazione delle tecnologie di supporto all'operatività (ad esempio sensori): d'altra parte, tali sistemi complessi richiedono una garanzia di continuità operativa, onde evitare la compromissione dei servizi essenziali, il furto della proprietà intellettuale o di informazioni cruciali per la sopravvivenza di aziende e il mantenimento di asset nazionali.

Per tali ragioni la gestione della sicurezza cyber e fisica degli apparati è tra gli ambiti a potenziale maggiore sviluppo. Nello specifico si tratta di sviluppare metodi di valutazione e metriche avanzate per la sicurezza e la gestione del rischio e progettare la resilienza delle infrastrutture sin dalle primissime fasi attraverso modelli distributivi più affidabili.

Un ulteriore ambito di sviluppo sono gli strumenti e i metodi auto-diagnostici ed autoriparatori (self diagnosis and accommodation), oltre che i metodi di intrusion detection e all'applicazione di tecniche di intelligenza artificiale e deep learning all'identificazione e la prioritizzazione dei rischi.

Gli stakeholder consultati durante il workshop di dicembre 2022 e attraverso il successivo questionario di approfondimento considerano la traiettoria di interesse (il 67% dei partecipanti ha espresso un medio-alto interesse) e individuano soprattutto nella mancanza di competenze la barriera più forte al suo sviluppo, auspicando un maggiore coinvolgimento delle Università e dei centri di ricerca regionali.

Per la traiettoria si individua un orizzonte di sviluppo a medio e lungo termine.

BOX 1 - Opportunità europee | Horizon Europe

Cluster: Civil Security for Society

- Destination Resilient Infrastructure:
 - Garantire la resilienza dei sistemi infrastrutturali interconnessi su larga scala
 - Sistemi avanzati per la resilienza degli operatori e la protezione delle infrastrutture critiche
 - Città intelligenti resilienti e sicure
- Destination Increased Cybersecurity:
 - Infrastrutture, sistemi e processi digitali più resilienti
 - Maggiore sicurezza del software, dell'hardware e delle catene di fornitura
 - Secured disruptive technologies

Cluster: Climate, Energy and Mobility

- Destination Sustainable, secure and competitive energy supply: approcci efficienti alla gestione delle reti energetiche, intelligenti e cyber-sicure

TR2: simulazione e controllo real-time e adattivo

La limitata disponibilità di risorse economiche per la sicurezza e la resilienza delle infrastrutture da un lato e la necessità di conoscere e controllare in modo rapido lo stato delle infrastrutture e dei relativi sistemi tecnologici dall'altro, pone le innovazioni connesse alla simulazione e al controllo real-time e adattivo di grande interesse per la filiera delle infrastrutture critiche.

Sul fronte dei software, i sistemi di valutazione rapida dello stato delle strutture consentono la rilevazione e previsione dell'evoluzione di degradi e comportamenti anomali, con l'obiettivo di effettuare rapidamente controlli e programmare con efficacia la manutenzione preventiva. L'utilizzo di modelli e tecniche diagnostiche avanzate contribuiscono ad evidenziare le vulnerabilità delle infrastrutture: tra questi si possono citare i modelli per quantificare la pericolosità e l'esposizione delle strutture ai rischi, le tecniche di data analysis che integrano dati sismici, idraulici, idrogeologici e meteorologici per la rilevazione anticipata di pericoli incipienti, la diagnostica di cause di pericolo, la previsione dell'evoluzione del pericolo e il ripristino delle prestazioni iniziali.

Sul fronte hardware, invece, di grande rilevanza è l'applicazione della sensoristica per edifici e infrastrutture "responsive": questi si caratterizzano come strumenti collocati in campo per la misurazione in tempo reale del comportamento di impianti e sistemi integrati in servizio, e per l'individuazione di possibili condizioni di criticità. Possono anche configurarsi come dispositivi "non intrusive", wireless, ovvero che consentono la misurazione senza contatto e a distanza.

La consultazione con gli stakeholder mostra una netta prevalenza delle preferenze per questa traiettoria, con il 72% dei partecipanti che esprime un medio-alto interesse e il 44% un alto interesse, individuando anche in questo caso nella mancanza di competenze la barriera più forte al suo sviluppo e suggerendo un maggiore coinvolgimento e sensibilizzazione del sistema della ricerca.

Tra le altre barriere allo sviluppo di queste innovazioni segnalate dagli stakeholder si segnalano anche il livello di maturità delle tecnologie.

Per la traiettoria si individua un orizzonte di sviluppo a medio termine.

BOX 2 - Opportunità europee | Horizon Europe

Cluster: Digital, Industry and Space

- Destination Climate neutral, Circular and Digitised Production:
 - tecnologie predittive, digital twin, realtà aumentata per la manutenzione e riparazione delle infrastrutture
 - materiali e tecnologie avanzate sostenibili per la doppia transizione

Cluster: Climate, Energy and Mobility

- Destination Efficient, sustainable and inclusive energy use: BIM e digital twin
- Destination Safe, Resilient Transport and Smart Mobility services for passengers and goods: resilienza e digitalizzazione delle infrastrutture per i trasporti (IoT, sensori, digital twin e modelli di analisi rischio e vulnerabilità)

TR3: monitoraggio satellitare

L'estensione geografica e l'interconnessione dei sistemi infrastrutturali con i contesti circostanti determina in larga parte la vulnerabilità delle infrastrutture critiche ad eventi catastrofici (naturali o antropici) e, allo stesso tempo, la potenziale fragilità dei contesti in cui queste sono inserite rispetto a guasti/malfunzionamenti che possono accadere alle infrastrutture stesse. Da qui la necessità di monitorare nello spazio e nel tempo lo stato e il comportamento dinamico delle infrastrutture nel proprio contesto ambientale. Da questo punto di vista la tecnologia spaziale e la mobilità aerea innovativa possono contribuire alla protezione delle infrastrutture critiche a livello regionale e nazionale in caso di incidenti su larga scala.

Il monitoraggio tramite sistemi satellitari, aeromobili a pilotaggio remoto (APR) o "Unmanned Aerial Vehicle" (UAV) è un ambito che connette la filiera delle infrastrutture critiche a quella aerospaziale, con notevoli prospettive di sviluppo nei settori difesa e sicurezza. Le opportunità di ricerca in questo ambito riguardano le tecniche di "image processing and recognition" e l'utilizzo dei dati satellitari al servizio di infrastrutture multiple (elettricità, acqua, gas, agricoltura, etc.): in quest'ultimo caso il monitoraggio delle tendenze nel tempo in combinazione con osservazioni complementari consente di controllare non più solo un singolo evento, ma un gran numero di infrastrutture con conseguenti economie di scala. A questo si affiancano anche i sistemi di posizionamento globale (GPS), quali i sistemi "Wide Area Measurements and Control", con cui controllare gli effetti a cascata in una determinata area geografica.

Un esempio di applicazione dei dati satellitari per monitorare i movimenti del suolo è il progetto realizzato da Planetek e dall'Agenzia Regionale Strategica per lo Sviluppo Sostenibile del Territorio ASSET (Puglia) che hanno testato una soluzione pilota per l'utilizzo di dati satellitari per monitorare 16 siti vulnerabili al rischio idrogeologico [31]. Il progetto ha testato un servizio automatico di geoinformazione che utilizza sia dati in situ che dati prodotti da Copernicus o COSMO-SkyMed.

Complessivamente la consultazione degli stakeholder vede una preferenza minore per questa traiettoria (il 33% ha espresso preferenze medio-alte), evidenziando diverse barriere quali il digital-divide e la mancanza di competenze e possibili azioni a supporto quali iniziative di trasferimento tecnologico per supportare l'introduzione sul mercato delle tecnologie e l'integrazione nella filiera.

Per la traiettoria si individua un orizzonte di sviluppo a medio termine.

BOX 3 - Opportunità europee | Horizon Europe

Cluster: Digital, Industry and Space

- Destination Open Strategic Autonomy in Developing, Deploying and Using Global Space-Based Infrastructures, Services, Applications and Data: ricerca e innovazione per la gestione ed elaborazione dei dati satellitari.

[31] Eurisy, Space 4 Critical Infrastructure, 2022 [\[link\]](#)

TR4: revamping delle infrastrutture critiche

Il revamping delle infrastrutture critiche, ovvero l'ammodernamento ed efficientamento da un punto di vista prestazionale, è una tipologia di intervento che punta in particolare alla riduzione dei costi operativi e l'aumento dell'efficienza energetica. L'obsolescenza fisica e tecnologica delle componenti e dei sistemi infrastrutturali si scontra con i tempi, più lunghi, di vita utile dell'infrastruttura stessa e con la necessità d'altra parte di stare al passo con l'evoluzione tecnologica e di ottenere una sempre maggiore flessibilità nell'utilizzo degli apparati tecnologici e nell'uso delle risorse energetiche.

Tra gli ambiti di sviluppo si possono quindi includere gli interventi di ammodernamento e adeguamento per l'ottimizzazione dei costi operativi ed energetici, l'applicazione di tecnologie digitali per il controllo e la gestione efficiente dell'energia, l'applicazione di modelli analitici, sperimentali e tecnologici di supporto alla definizione delle priorità degli interventi e l'uso razionale delle risorse disponibili e infine l'utilizzo della data analytics come leva per ottimizzazione, efficienza, sicurezza e sostenibilità.

Dal confronto con gli stakeholder regionali emerge come questa traiettoria venga ritenuta tra le più promettenti (il 72% dei partecipanti al workshop ha espresso una preferenza medio-alta per il revamping), individuando al contempo alcune barriere chiave per il suo sviluppo, in particolare la complessità delle procedure di appalto e la mancanza di competenze adeguate. Per alcuni stakeholder le criticità riguardano soprattutto le Stazioni Appaltanti pubbliche che si trovano a rincorrere una evoluzione metodologica oltre che tecnologica, che porta ad esempio a fraintendere scopo e modalità di gestione di tecniche di BIM.

Tra le azioni auspiccate per superare tali barriere vi sono innanzitutto la formazione e la promozione della cultura del project management e della digitalizzazione: la realizzazione di formazioni tecnico-pratiche per la PA che si trova a dialogare con operatori privati possono supportare nella crescita di una cultura dell'innovazione negli enti pubblici, che possono poi più facilmente collaborare con gli operatori nelle varie fasi di adozione delle tecnologie, dall'individuazione di requisiti prestazionali, alla gestione collaborativa dei processi di progettazione.

Per la traiettoria si individua un orizzonte di sviluppo a breve e medio termine.

BOX 4 - Opportunità europee | Horizon Europe

Cluster: Climate, Energy and Mobility

- Destination Efficient, sustainable and inclusive energy use: riqualificazione del patrimonio, economia circolare in edilizia.

TR5: system integration

La molteplicità, eterogeneità e interdipendenza degli elementi costituenti il funzionamento di un'infrastruttura critica (hard-cyber-humanware) richiede una maggiore capacità di integrazione dei sistemi e una crescente domanda di servizi interoperabili e gestiti da soggetti diversi. Per soddisfare questi fabbisogni occorre adottare un approccio strategico di alto livello in tutte le fasi della filiera, utilizzando metodi di project management evoluto.

La gestione di tali infrastrutture complesse richiede un approccio multi-hazard/multi-rischio, la capacità di verificare e controllare le interdipendenze e interferenze tra componenti delle infrastrutture e tra queste e l'ambiente circostante. In buona sostanza l'adozione di competenze multidisciplinari: questa traiettoria è percepita come molto promettente dal 75% dei partecipanti alla consultazione. Tra le azioni auspicate per superare le difficoltà allo sviluppo di tali competenze vi sono ad esempio la promozione di iniziative integrate di filiera, anche attraverso gli strumenti di programmazione regionale PR FESR, con l'obiettivo di superare la scomposizione per silos delle competenze.

Per la traiettoria si individua un orizzonte di sviluppo a breve termine.



6. CONCLUSIONI

Lo sviluppo della filiera delle infrastrutture critiche è a tutti gli effetti un'occasione per spingere il settore delle costruzioni verso la digitalizzazione e fertilizzarlo di competenze provenienti da altri settori tecnologicamente più maturi. La strategicità delle infrastrutture critiche alza il livello delle sfide, richiedendo una capacità di controllo dei processi realizzativi e delle prestazioni dal progetto all'operatività, non paragonabili con altre applicazioni costruttive: sviluppare queste capacità progettuali e gestionali può consentire ad uno dei comparti più storicamente rilevanti dell'Emilia-Romagna di evolvere e confrontarsi sul campo nazionale e su quello internazionale.

Gli stakeholder consultati nel corso dell'indagine individuano alcune barriere chiave allo sviluppo di progetti, prodotti e servizi all'interno della filiera delle infrastrutture critiche: primo tra tutti la complessità degli **appalti**, sia per quanto riguarda l'insieme delle procedure, che la creazione delle giuste partnership con cui sviluppare tali progetti complessi e garantirne una gestione efficiente. A questo corrisponde parallelamente l'invito ad integrare aspetti di innovazione negli appalti: il settore pubblico può fungere da traino per l'innovazione nel settore, consentendo l'ingresso e la sperimentazione di nuove tecnologie sia nelle fasi di realizzazione delle infrastrutture (lavori) sia nelle fasi di gestione (servizi) anche tramite lo strumento degli appalti per l'innovazione.

L'adozione di **piattaforme e strumenti interoperabili e collaborativi** da un lato e la promozione dell'uso di standard e di indicatori di prestazione e controllo dei processi dall'altro

(dalla progettazione alla gestione), può inoltre consentire una maggiore qualificazione dei lavori e un maggiore controllo di questi: la diffusione di appalti basati sul raggiungimento di determinati requisiti energetici e di risparmio (performance based procurement), l'integrazione di TCO (Total Cost of Ownership) e dell'analisi dei costi per l'intero ciclo di vita dell'opera (life-cycle cost) nei requisiti di gara possono aiutare il settore nel suo complesso ad innovare anche sotto il profilo della gestione progetto.

La mancanza di **competenze** è avvertita come il secondo elemento ostativo che non consente un pieno sviluppo delle innovazioni nella filiera: la promozione di una cultura del project management e della digitalizzazione deve innanzitutto coinvolgere i player che occupano alcuni "posti strategici" nella filiera, a partire dai contractor che si occupano di gestire gli appalti di lavori e che dovranno sempre più svolgere il ruolo di attivatori della cosiddetta system integration.

A questi si devono affiancare anche tutte le organizzazioni (numerossime in regione) che si occupano di impiantistica specializzata e gli studi di ingegneria e architettura che, innovando i propri modelli di business, possono compiere un salto di scala e maturità svolgendo un ruolo di connettore all'interno di filiere più integrate e internamente parlanti in un'ottica di industry collaboration. Da questo punto di vista supportare lo sviluppo di studi/imprese che offrono soluzioni innovative e know-how tecnologico per la filiera può aiutare a portare nuove competenze anche all'interno degli appalti.

WWW.ART-ER.IT

INFO@ART-ER.IT

