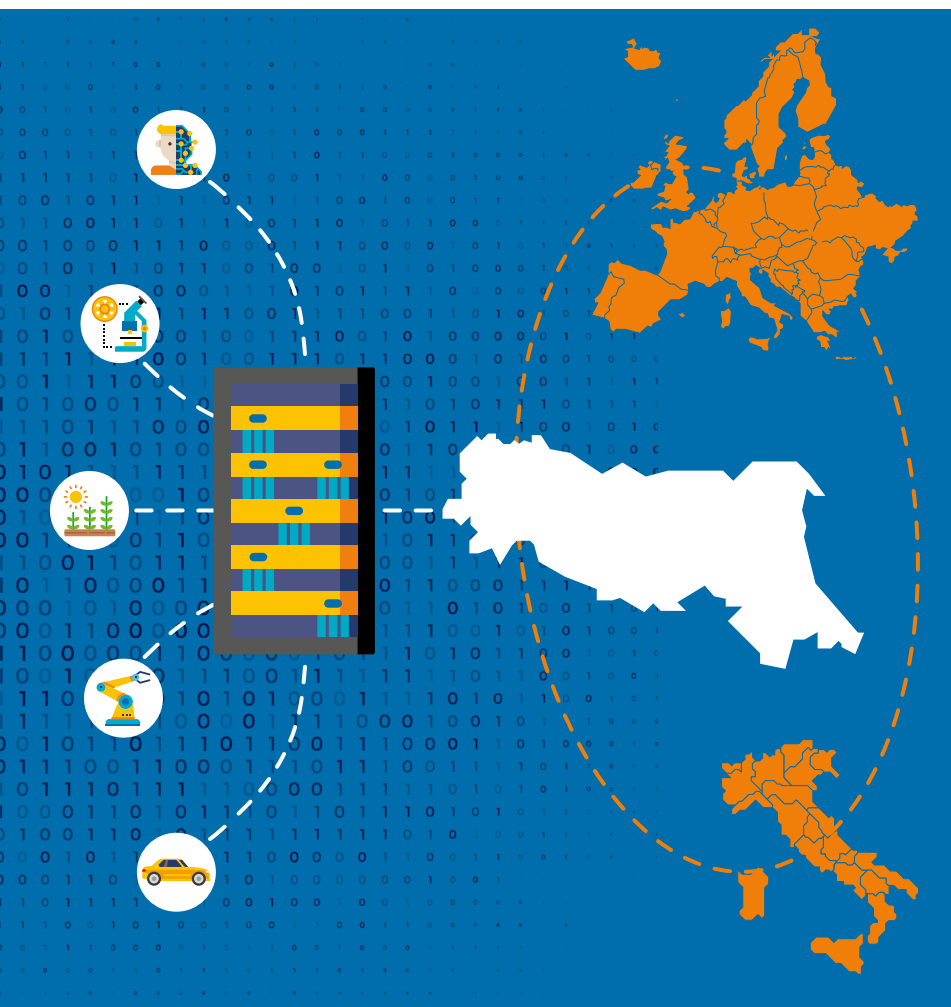




The European House
Ambrosetti

High Performance Computing (HPC): impatti e sviluppo

Edizione 2023



Partner



High Performance Computing (HPC): impatti e sviluppo

Settembre 2023

Indice

Prefazione di Giuseppe Di Franco	6
Nota esplicativa	10
La strategia europea di sviluppo dell'HPC	12
Lo sviluppo dell'HPC in Italia	16
HPC a livello global: Stati Uniti in vetta alla classifica e gli obiettivi della Cina per il 2025	18
I challenge delle imprese per un HPC sostenibile e applicazioni pratiche concrete	19
Prefazione di Valerio De Molli	24
Introduzione	28
I. Gli attori della ricerca: l'Advisor e il Gruppo di Lavoro	29
II. Perché questa ricerca	31
III. La struttura della ricerca	34
01 Cos'è l'High Performance Computing e quali sono i benefici ad esso associati	38
1.1 Introduzione	39
1.2 La definizione di High Performance Computing	42
1.3 La composizione e le modalità di utilizzo di un sistema HPC	55
1.4 Le applicazioni delle soluzioni di HPC in alcuni settori chiave	61
02 La situazione dell'Unione Europea nel contesto mondiale del supercalcolo: evoluzione della capacità di calcolo installata, politiche, strategie e Player mondiali	66
2.1 La situazione di partenza che ha spinto l'Unione Europea ad intraprendere programmi di investimento nell'HPC	67
2.2 Il ruolo dell'HPC nella strategia dell'Unione Europea	72
2.3 La situazione al 2020 dell'HPC nell'Unione Europea	90
2.4 I principali Player mondiali: strategia e situazione attuale	103

03	L'Emilia-Romagna quale hub europeo del supercalcolo: azioni, attori e contesto di riferimento	116
3.1	L'Italia quale attore chiave nella strategia europea	117
3.2	L'ecosistema del super calcolo in Emilia-Romagna	121
3.3	I Distretti dell'Emilia-Romagna	131
04	Gli impatti dell'High Performance Computing per il Paese e per i territori, per l'industria e per l'ecosistema dell'innovazione	136
4.1	Introduzione e modello logico delle analisi	137
4.2	Quantificazione degli impatti	138
4.3	Casi studio paradigmatici dell'adozione di tecnologie HPC e dei benefici connessi	145
4.4	I singoli casi studio	147
05	Le proposte di The European House - Ambrosetti	162
5.1	La visione alla base delle proposte	163
5.2	Framework logico delle proposte e opportunità connesse al fondo Next Generation EU	166
5.3	Le 6 proposte di The European House - Ambrosetti	167
5.4	Ruolo e progetti bandiera per la Regione Emilia-Romagna	176



Prefazioni

Questo volume è stato edito per la prima volta nel febbraio del 2021, quando ancora Lutech ed Atos erano leader distinti nel settore dell'innovazione e della digitalizzazione. Oggi i due brand in Italia hanno unito le proprie forze integrando le rispettive competenze ed eccellenze dando vita a un Gruppo leader, capace di guidare al meglio la transizione digitale e l'innovazione tecnologica nazionale ed europea.

Facendo tesoro dell'esperienza già maturata da Atos Italia con importanti progetti come i Supercomputer gestiti da CINECA presso il Tecnopolo di Bologna, o il "Davinci" dell'azienda Leonardo, il Gruppo Lutech mette a disposizione l'High Performance Computing (HPC) "made in Europe" con un accordo di mutua esclusività con Atos/Eviden, a tutela della sovranità tecnologica europea e a supporto dei necessari investimenti su questa tecnologia.

A distanza di due anni, la riedizione di questo studio offre l'opportunità di porre alcune considerazioni su una tecnologia che, in brevissimo tempo, ha già mostrato sorprendenti applicazioni, introducendo integrazioni nei diversi ambiti dell'Information and Communications Technology.

Nell'era della digitalizzazione, l'HPC costituisce una risorsa preziosa per il progresso tecnologico e la crescita della società e possiede il potenziale – ancora in parte inespresso – di rivoluzionare interi settori, accelerando l'innovazione e migliorando la comprensione del mondo. Il calcolo ad alte prestazioni consente infatti di elaborare enormi quantità di dati e risolvere complessi problemi computazionali in tempi incredibilmente ridotti. Questo è possibile grazie a potenti infrastrutture hardware tra cui cluster di server, unità di elaborazione grafica (GPU) e architetture specializzate. Grazie a questi strumenti, l'HPC supera i limiti delle capacità di calcolo dei tradizionali computer, aprendo la strada a nuove frontiere scientifiche e industriali. Nel contesto della digitalizzazione, l'HPC consente alle aziende di analizzare grandi quantità di informazioni in tempo reale. Ciò si traduce in decisioni più consapevoli e tempestive, ovvero in un vantaggio competitivo strategico all'interno di settori come il commercio, la finanza o la ricerca di mercato.

Il calcolo ad alte prestazioni rivoluziona anche il processo di simulazione e modellazione, rendendo possibili scoperte scientifiche in campo medico, climatico e delle scienze dei materiali.

Settori chiave come l'intelligenza artificiale (AI), la realtà aumentata (AR) e la realtà virtuale (VR) dipendono direttamente dalla potenza di calcolo offerta dall'HPC poiché sfruttano l'elaborazione di grandi dataset per l'addestramento di reti neurali profonde, consentendo la creazione di sistemi intelligenti capaci di apprendere e migliorare continuamente.

Ma, se le opportunità non mancano, l'HPC pone anche sfide significative: le enormi quantità di dati elaborate richiedono sistemi di archiviazione e sicurezza adeguati a garantire la protezione dei dati sensibili e la privacy degli utenti. L'aumento delle capacità di calcolo implica anche una maggiore domanda di energia, che sempre di più dovrà tenere in considerazione questioni ambientali e stimolare soluzioni sostenibili.

Lutech lavora per rispondere a questi quesiti in un centro dedicato allo sviluppo di competenze in ambito HPC, realizzando soluzioni applicative in grado di sfruttare le alte capacità elaborative e sviluppando competenze relative a servizi di progettazione e gestione della piattaforma che, data la complessità delle macchine, costituiranno elementi distintivi. Il Gruppo mette a disposizione le proprie competenze, sviluppate grazie al supporto di tecnologie innovative e dedicate quali l'uso estensivo dell'AI per ottimizzare la gestione delle piattaforme anche con modalità predittive, con un programma di Ricerca & Sviluppo esteso su scala nazionale ed europea e un progetto di formazione e recruiting di talenti in collaborazione con le principali università del Paese.

Le pagine che seguono esaminano con puntualità gli scenari che ci attendono e le opportunità che l'HPC offre ad aziende e pubbliche amministrazioni. Potenzialità enormi e, forse, ancora in parte difficili da immaginare.

Buona lettura a tutti voi.

Giuseppe Di Franco,
Managing Director, Lutech

Nota esplicativa

Settembre 2023

Il trend che vede l'High Performance Computing come forza trainante per la crescita e l'innovazione nei settori dell'industria, della ricerca scientifica e delle Scienze della Vita, si è ulteriormente rafforzato nel tempo trascorso dalla prima pubblicazione di questo studio, nel 2021.

Ma a che punto è oggi, settembre 2023, la strategia di sviluppo dell'HPC a livello italiano, europeo e mondiale? Quali sono gli attori che stanno indirizzando lo sviluppo del settore e con quali strumenti?

Tra i fattori che influenzano le risorse a disposizione vi sono le politiche relative alle fonti degli investimenti, che cambiano sensibilmente da un paese all'altro: in Europa, ad esempio, diversamente dagli Stati Uniti, dove si registra un notevole afflusso di investimenti privati, la corsa verso il quantum computing è prevalentemente guidata dai centri di ricerca finanziati dal settore pubblico. Secondo un rapporto del 2022 del World Economic Forum, l'Europa si posiziona come la seconda area geopolitica per investimenti pubblici in questo settore, con una somma totale di 7,2 miliardi di dollari. La maggior parte di tali investimenti proviene dalla Germania (42%), seguita dalla Francia (28%) e dai Paesi Bassi (14%). Al vertice della classifica globale degli investimenti pubblici si trova la Cina, con un investimento totale dichiarato di 15,3 miliardi di dollari. La cifra si riduce a 1,9 miliardi per gli Stati Uniti e 1,8 miliardi per il Giappone.

In questa breve nota esplicativa, il Gruppo Lutech mette a fuoco i principali passi fatti negli ultimi due anni negli investimenti e nelle ricerche per l'evoluzione dell'HPC, per cogliere le crescenti opportunità che il settore offre.

La strategia europea di sviluppo dell'HPC

Dai Supercomputer agli Exascale

A livello europeo, gli investimenti e le attività in corso confermano gli obiettivi di coordinamento e ottimizzazione della gestione delle risorse finanziarie per l'evoluzione degli studi HPC, per sviluppare la prossima generazione di supercomputer Exascale e rendere l'Europa autonoma dal punto di vista della potenza computazionale installata.

Per costruire un'infrastruttura di supercalcolo leader a livello mondiale, l'EuroHPC Joint Undertaking (JU), la principale iniziativa di settore avviata nel 2018, può contare otto supercomputer, dislocati in Europa: LUMI (Finlandia), Leonardo (Italia), Vega (Slovenia), MeluXina (Lussemburgo), Discoverer (Bulgaria), Karolina (Repubblica Ceca), Daedalus (Grecia) e Deucalion (Portogallo) già operativi, mentre il supercomputer MareNostrum5 sarà inaugurato in Spagna nell'autunno 2023. Ad oggi, LUMI e Leonardo sono tra i primi quattro più potenti supercomputer al mondo, rispettivamente al terzo e al quarto posto della classifica Top500.

Questi computer sono chiamati “super” poiché possono effettuare calcoli in parallelo, suddividendo il compito tra vari server, ognuno responsabile di una porzione del problema da risolvere. Agiscono come un acceleratore per l'innovazione scientifica e tecnologica, a beneficio di tutto l'ecosistema economico e sociale.

L'ambizione della EuroHPC JU è offrire prossimamente funzionalità exascale agli utenti europei, ovvero supercomputer in grado di eseguire almeno un miliardo di miliardi di calcoli al secondo. Attraverso l'integrazione della simulazione numerica, l'analisi di enormi quantità di dati ad alte prestazioni provenienti da dispositivi distribuiti (satelliti, telescopi, sequenziatori genetici biologici, microscopi, dispositivi IoT e telefoni cellulari), l'applicazione su larga scala dell'Intelligenza Artificiale e, in un prossimo futuro, l'informatica quantistica, i supercomputer exa-

scaie saranno in grado di affrontare sfide che vanno al di là delle possibilità della generazione attuale di supercomputer.

A questo scopo, dal 2022, la EuroHPC JU progetta la realizzazione di sistemi exascale in Europa ed è già in corso l'implementazione di due sistemi exascale EuroHPC in Germania e Francia.

Jupiter (Germania) sarà il primo sistema in Europa a superare la soglia del miliardo di miliardi di calcoli al secondo: con una capacità senza precedenti sosterrà lo sviluppo di modelli ad alta precisione di sistemi complessi e aiuterà a risolvere questioni sociali chiave riguardanti, ad esempio, il cambiamento climatico, le pandemie e la produzione di energia sostenibile, consentendo al tempo stesso l'uso intensivo dell'Intelligenza Artificiale e l'analisi di grandi volumi di dati. Il Jules Verne Consortium ospiterà in Francia il secondo supercomputer exascale EuroHPC, che sarà gestito da GENCI (come entità ospitante), l'agenzia nazionale francese per il calcolo ad alte prestazioni, presso il centro di calcolo TGCC dal CEA, la Commissione francese per le energie alternative e l'energia atomica.

Questi due sistemi europei contribuiranno in modo sostanziale alla crescente domanda di potenza di calcolo europea e avranno un notevole influsso sull'attività scientifica: promuoveranno scoperte più avanzate basate sui dati, forniranno supporto in real time per i processi decisionali e, nel complesso, apriranno nuove prospettive per la ricerca scientifica, lo sviluppo industriale e il progresso sociale, essendo disponibili per servire gli utenti europei, indipendentemente da dove si trovino in Europa.

Gli sviluppi del progetto HPCQS e l'accordo EuroHPC JU per sei nuovi computer quantistici

L'HPCQS "High-Performance Computer and Quantum Simulator" è stata, dalla fine del 2021, la prima iniziativa di calcolo quantistico ad essere supportata dalla EuroHPC JU per consentire alle comunità di ricerca europee di sviluppare algoritmi e applicazioni pionieristici utilizzando HPC "ibridi" frutto della combinazione di sistemi classici e quantistici. HPCQS mira a sviluppare e coordinare un'infrastruttura federata

europea basata sul cloud, integrando strettamente due simulatori quantistici, ciascuno dei quali controlla oltre 100 qubit, nei due supercomputer HPC europei esistenti, ovvero i sistemi HPC Tier-0 Joliot-Curie di GENCI, in Francia, e il supercomputer modulare JUWELS presso il Julich Supercomputing Center, in Germania.

HPCQS si sta dedicando anche all'implementazione di un completo stack software ibrido che comprenderà l'integrazione con il cloud, la gestione delle risorse per carichi di lavoro ibridi e una serie di strumenti e librerie, tra cui benchmarking e analisi di certificazione/prestazioni. HPCQS è una infrastruttura aperta e flessibile che si propone di espandersi in futuro, includendo una varietà di piattaforme di calcolo quantistico in diversi stadi di sviluppo tecnologico. L'HPCQS rappresenta concretamente un primo passo verso un'infrastruttura europea che integri computer e simulatori quantistici, l'EuroQCS (Quantum Computing&Simulation), migliorando in maniera significativa la capacità di calcolo dell'intero ecosistema. Ad aggiungersi a questi due simulatori quantistici analogici ci saranno, infatti, sei nuovi computer quantistici che saranno integrati nei supercomputer esistenti in Repubblica Ceca, Francia, Germania, Italia, Polonia e Spagna. Questo risultato si otterrà grazie agli accordi stretti a giugno 2023 da EuroHPC JU che finanzia fino al 50% dell'investimento totale previsto di oltre 100 milioni di Euro.

La scelta di questi enti ospitanti, che avranno il compito di gestire i sistemi a nome della EuroHPC JU, è stata effettuata con l'obiettivo di assicurare una varietà di tecnologie e architetture quantistiche in grado di sfruttare la potenza del calcolo quantistico per affrontare problemi complessi che i supercomputer tradizionali risolvono con difficoltà. Questo approccio darà vita a un ecosistema collaborativo per la ricerca sul calcolo quantistico, offrendo all'Europa l'opportunità di mantenere una posizione di leadership in questo campo ancora emergente con servizi europei che consentono agli utenti di accedere a diverse e complementari tecnologie quantistiche.

L'EuroQCS-Italia sarà ospitato nel datacenter del CINECA situato nel Tecnopolo di Bologna e integrato nel supercomputer pre-exascale EuroHPC Leonardo.

Nello scenario di evoluzione dell'HPC si colloca anche il progetto di ricerca Open Superconducting Quantum Computers (OpenSuperQPlus) confermato a marzo 2023, parte del progetto "Quantum Technology Flagship", finora la più grande inizia-

tiva dell'Unione Europea, che, con fondi di circa un miliardo di euro dal 2018, mira a portare un sistema quantistico versatile e realizzato in Europa.

Evoluzione naturale dell'OpenSuperQ, l'OpenSuperQPlus riunisce 28 partner di ricerca europei provenienti da 10 paesi, con l'obiettivo di sviluppare un computer quantistico da 1.000 qubit.

In questo contesto la Germania si colloca ancora una volta come uno dei paesi europei più attivi e all'avanguardia, con il Leibniz Supercomputing Centre (LRZ) che sarà una delle hosting entities per i computer quantistici dell'EuroHPC-JU e parte del progetto OpenSuperQPlus, per studiare l'integrazione di processori quantistici ai supercomputer e affrontare i problemi di ricerca e sviluppo sull'integrazione per l'hardware e il software.

Rhea, il microprocessore HPC europeo ad alta efficienza energetica per i futuri computer exascale

All'inizio del 2024 è previsto il lancio commerciale di Rhea, il primo microprocessore al mondo specificamente progettato per l'HPC ad alta efficienza energetica, concepito per funzionare in sinergia con vari acceleratori di terze parti come GPU, Intelligenza Artificiale e computazione quantistica. Rhea sarà in grado di elaborare enormi volumi di dati strategici in una frazione di secondo, pur mantenendo un consumo energetico molto basso, ed equipaggerà innanzitutto i futuri supercomputer exascale.

Questo microprocessore sarà sviluppato da SiPearl, la società francese nata nel 2019 e cuore dell'ecosistema EuroHPC JU, e contribuirà a garantire la sovranità tecnologica dell'Europa, affrontando con successo sfide cruciali nelle aree della ricerca medica, dell'Intelligenza Artificiale, della sicurezza, della gestione dell'energia e della mitigazione dei cambiamenti climatici, il tutto con un impatto ambientale minimo. Il progetto sarà realizzato grazie al finanziamento di 90 milioni di euro raccolto da SiPearl da parte di importanti partner industriali e di investitori europei e francesi.

Lo sviluppo dell'HPC in Italia

Il ruolo chiave del CINECA

Il 24 novembre 2022 è stato inaugurato, presso il Tecnopolo CINECA di Bologna, il supercomputer pre-exascale Leonardo, realizzato con tecnologia Atos Bull, che attualmente occupa il quarto posto nella classifica Top500 tra i calcolatori più potenti del mondo e il secondo in Europa.

Il progetto fa parte delle azioni che l'Unione Europea sta mettendo in atto per sostenere la diffusione dell'High Performance Computing come forza trainante per la crescita e l'innovazione, con il 50% della potenza di calcolo generata da Leonardo che sarà infatti a disposizione degli istituti di ricerca e delle università italiane, il resto sarà utilizzato dai ricercatori europei.

Il nuovo capitolo per il supercalcolo in Italia viene dal progetto EUROfusion, il consorzio europeo per la ricerca sull'energia da fusione al quale aderiscono 31 organizzazioni di ricerca di 29 paesi europei e 164 tra università e aziende, che ha l'obiettivo di costruire un prototipo di impianto per la produzione di energia dalla fusione nucleare. Una parte essenziale dell'attività di ricerca è legata alle simulazioni numeriche del fenomeno della fusione nucleare e allo studio dei materiali. Per entrambe queste attività, CINECA ha raggiunto un accordo con ENEA e EUROfusion per l'installazione di un cluster di calcolo parallelo a Bologna.

Un investimento di 50 milioni di euro che sarà destinato a un periodo quinquennale per sviluppare una nuova struttura di HPC in grado di eseguire 47 milioni di miliardi di operazioni al secondo. Questa infrastruttura all'avanguardia sarà operativa entro la fine del 2023 e si focalizzerà sulla simulazione numerica della fisica del plasma e sull'analisi strutturale di materiali avanzati destinati alla fusione nucleare. Grazie a questo nuovo progetto, il CINECA si consolida come uno dei centri di supercalcolo di maggior rilevanza a livello internazionale e l'ecosistema del Tecnopolo di Bologna si afferma come una delle principali concentrazioni di sistemi di calcolo ad alte prestazioni a livello

mondiale. Questo accordo rappresenta una naturale estensione di una collaborazione iniziata nel 2016, che ha permesso di mettere a disposizione della comunità scientifica della fusione nucleare una porzione del supercomputer Marconi. Nel 2020, il sistema Marconi è entrato nella prestigiosa classifica dei primi 10 supercomputer più potenti del mondo, aprendo la strada alla realizzazione del progetto Leonardo. Ora, questa collaborazione si traduce nella creazione di un nuovo supercomputer dedicato esclusivamente alla ricerca sulla fusione nucleare.

Un altro importante passo per lo sviluppo degli studi HPC nel nostro paese è stato segnato dalla realizzazione del Centro Nazionale HPC, Big Data e Quantum Computing (ICSC), che risale a fine novembre 2022. Il centro ha avviato la creazione di un'infrastruttura digitale a livello nazionale e elaborerà metodologie e applicazioni per supportare la ricerca e le imprese. Questo ambizioso progetto sarà finanziato con un budget che si avvicina ai 320 milioni di euro, provenienti dai fondi del programma Next Generation EU all'interno del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza.

ICSC condurrà attività di Ricerca e Sviluppo a livello nazionale e internazionale, concentrandosi sull'innovazione nel campo delle simulazioni, del calcolo e dell'analisi dei dati ad alte prestazioni. Queste iniziative saranno possibili grazie a un'infrastruttura HPC e Big Data all'avanguardia che metterà in sinergia le risorse esistenti e promuoverà l'integrazione di nuovi centri di calcolo e tecnologie emergenti, tra cui i computer quantistici.

Questa piattaforma digitale sarà a disposizione della comunità scientifica e delle imprese private, offrendo risorse e servizi di calcolo che oggi rivestono un ruolo fondamentale nello sviluppo di numerosi settori strategici per la crescita economica del Paese e per la società nel suo complesso.

ICSC contribuirà a creare un sistema di risorse computazionali su scala nazionale senza precedenti a livello internazionale, accrescendo la competitività dell'Italia e la leadership dell'Europa nel panorama mondiale. Inoltre, oltre alla missione scientifica e tecnologica, il Centro si impegnerà a investire nelle iniziative volte a promuovere le carriere delle donne e dei giovani, ed a contribuire al rilancio delle regioni meridionali del Paese. Questi sforzi saranno coerenti con le priorità trasversali del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).

HPC a livello global: Stati Uniti in vetta alla classifica e gli obiettivi della Cina per il 2025

Nella Top500 gli Stati Uniti si confermano leader indiscussi grazie a Frontier, installato all'Oak Ridge National Laboratory, che rimane saldo in vetta alla classifica, forte di essere l'unico vero sistema exascale attualmente esistente. Sviluppato presso il laboratorio del Ministero dell'Energia nel Tennessee, questo supercomputer, con una potenza di calcolo di 1,102 exaflop, troverà impiego anche nelle operazioni della US Air Force. Equipaggiato con una CPU AMD EPYC e una piattaforma HPE, ha raggiunto il secondo posto della classifica Green500, che riconosce i dispositivi più efficienti dal punto di vista energetico ed è guidata ancora dall'Henri, installato presso il Flatiron Institute negli Stati Uniti.

Gli Stati Uniti stanno guardando avanti con due nuovi supercomputer "post-exascale", Aurora ed El Capitan, entrambi con una potenza di calcolo di oltre 2 exaflop. Questi sistemi saranno presto aggiunti alla flotta di risorse computazionali messe a disposizione della comunità scientifica, della difesa e delle imprese per promuovere l'innovazione e la ricerca avanzata.

Frontier è riuscito a segnare una velocità 2,5 volte superiore a quella del numero due della classifica Top500, ovvero il giapponese Fugaku, installato presso il Riken Center for Computational Science (R-CCS) di Kobe, con una potenza di 442 petaflops.

Anche se oggi gli Stati Uniti sono la nazione con il numero maggiore di supercomputer al mondo, ben 150, mentre la Cina cede la prima posizione fermandosi a 134, secondo informazioni trapelate dal direttore dell'Asian Technology Information Program e diffuse dai media statunitensi, sembra che la Cina abbia raggiunto un'eccezionale potenza di picco compresa tra 1,3 e 1,7 exaflop con due sistemi di supercalcolo. L'obiettivo della Cina, entro il 2025, sarebbe di realizzare un numero significativo di altri supercomputer, con l'intento di posizionarsi come il Paese al mondo con la maggiore presenza di supercomputer nella classifica Top500.

Seppure non sia stato ufficialmente dichiarato, inoltre, si dà per assodato che la Cina sia già approdata al livello exascale da almeno un anno, anche se al momento conferma “solo” due posizioni nelle prime dieci della Top500, la prima al settimo posto con i 93 petaflop del Sunway TaihuLight. Quello che è certo è che il trend cinese continua ad essere la realizzazione di macchine 100% “made in China”, una scelta che riflette la volontà di raggiungere il prima possibile la piena autonomia tecnologica.

I challenge delle imprese per un HPC sostenibile e applicazioni pratiche concrete

Queste innovazioni tecnologiche si presentano come strumenti in grado di trasformare radicalmente la nostra abilità nel risolvere problemi complessi, accelerare il processo di scoperta scientifica, ottimizzare le attività aziendali e conferire un notevole vantaggio competitivo.

Nonostante ciò, per cogliere appieno le opportunità offerte da questi progressi, le aziende devono dedicare risorse alla comprensione e all’implementazione di queste nuove tecnologie e affrontare sfide complesse, quali:

- **Energia e impatto ambientale:** l’energia richiesta per alimentare gli HPC, così come il calore generato da queste macchine, richiede soluzioni innovative per ridurre i costi operativi e l’impatto ambientale.
- **Architetture eterogenee:** le architetture HPC stanno diventando sempre più complesse, con l’uso crescente di acceleratori grafici (GPU), Field-Programmable Gate Arrays (FPGA) e altre tecnologie. Ottimizzare le applicazioni per sfruttare appieno queste architetture è cruciale per sfruttarne le potenzialità.
- **Scalabilità delle applicazioni:** le applicazioni HPC devono essere progettate per funzionare su migliaia di core di calcolo parallelo e pertanto la progettazione di algoritmi alta-

mente scalabili sta diventando una priorità del settore.

- **Memoria ad alte prestazioni:** la gestione efficiente della memoria per minimizzare i tempi di accesso è essenziale per le applicazioni HPC.
- **Sicurezza:** con l'aumento della potenza di calcolo, la sicurezza dei dati e delle infrastrutture HPC per proteggersi dagli attacchi informatici è uno dei punti di massima attenzione e concentrazione degli investimenti delle aziende.
- **Accessibilità e linguaggi di programmazione:** sviluppare linguaggi di programmazione e strumenti accessibili per i computer quantistici è importante per democratizzare l'accesso a questa tecnologia.
- **Errore quantistico:** i qubit sono solitamente particelle subatomiche mantenute in uno stato che può essere rotto anche dalla minima interazione con il mondo esterno, come una vibrazione o un cambiamento di temperatura. In termini quantistici, questo è noto come “decoerenza” e genera la maggior parte degli errori quantistici. La sfida chiave della tecnologia è mantenere i qubit “intatti” abbastanza a lungo da poter effettuare calcoli, insieme allo sviluppo di tecniche di correzione degli errori quantistici per assicurare il raggiungimento delle prestazioni attese sul piano della teoria.

L'evoluzione delle applicazioni concrete dell'HPC è nel pieno del suo fervore e le aziende dovranno quindi raccogliere innanzitutto la sfida di concentrarsi su una strategia di adozione del calcolo quantistico in grado di tradurre concretamente le potenzialità in concreto vantaggio competitivo, l'unica in grado di tramutare la “visione” in innovazione.

Dati aggiornati al settembre 2023

La nota esplicativa è a cura del Gruppo Lutech ed in particolare:

- Giuseppe Di Franco, Managing Director, Lutech
- Giorgio Ancona, Chief Delivery Officer Industry Capabilities, Lutech
- Vincenzo Cammarata, Client Executive Partner, Lutech
- Alice Di Prisco, Head of Marketing & Communications, Lutech
- Franco Prampolini, Head of Advanced Industry Solutions, Lutech
- Marco Briscolini, Consultant
- Michela Nazzaro, IT Consultant, Lutech
- Monica Panzavolta, Communication & Content Consultant, Lutech
- Ivano Pullano, Consultant

Bibliografia

https://eurohpc-ju.europa.eu/exascale-coming-europe-what-does-mean-2023-07-26_en

26 July 2023 | Exascale is coming to Europe, but what does that mean?

https://eurohpc-ju.europa.eu/way-open-building-eurohpc-world-class-supercomputer-greece-2022-11-28_en

28 November 2022 | The way is open to building a EuroHPC world-class supercomputer in Greece

https://eurohpc-ju.europa.eu/one-step-closer-exascale-eurohpc-ju-and-forschungszentrum-julich-sign-hosting-agreement-exascale-2022-12-14_en

14 December 2022 | One step closer to exascale: EuroHPC JU and Forschungszentrum Jülich sign the hosting agreement for exascale supercomputer JUPITER

https://eurohpc-ju.europa.eu/jules-verne-consortium-will-host-new-eurohpc-exascale-supercomputer-france-2023-06-20_en

20 June 2023 | The Jules Verne Consortium Will Host the New EuroHPC Exascale Supercomputer in France

<https://www.top500.org/news/frontier-remains-sole-exaflop-machine-and-retains-top-spot-improving-upon-its-previous-hpl-score/>

Frontier Remains As Sole Exaflop Machine And Retains Top Spot, Improving Upon Its Previous HPL Score

<https://digital-strategy.ec.europa.eu/it/news/new-european-supercomputer-inaugurated-portugal>

06 Settembre 2023 | Nuovo Supercomputer europeo inaugurato in Portogallo

<https://www.european-processor-initiative.eu/dissemination-material/sipearl-has-raised-e90m-in-financing-which-will-allow-the-commercialisation-of-rhea/>

SiPearl has raised €90m in financing which will allow the commercialisation of Rhea

<https://www.cineca.it/temi-caldi/Leonardo>

Leonardo supercomputer pre-exascale

<https://www.industriaitaliana.it/cineca-il-supercomputer-leonardo-e-quarto-al-mondo-per-potenza-di-calcolo/>

16 Novembre 2022 | Cineca: il supercomputer Leonardo è quarto al mondo per potenza di calcolo

<https://www.ilsole24ore.com/art/bologna-accende-supercomputer-e-presto-sara-sede-dell-universita-dell-onu-AE-g8EVEC>

5 novembre 2022 | Bologna accende il supercomputer e presto sarà sede dell'Università dell'Onu

https://www.hwupgrade.it/news/server-workstation/classifica-supercomputer-frontier-allunga-l-italiano-leonardo-consolida-la-quarta-posizione_116966.html

23 Maggio 2023 | Classifica supercomputer: Frontier allunga, l'italiano Leonardo consolida la quarta posizione

<https://tech4future.info/supercomputer-cosa-sono-come-funzionano/>

4 Gennaio 2023 | Supercomputer: cosa sono e a cosa servono gli elaboratori più potenti del mondo

<https://www.digitalworlditalia.it/data-center/high-performance-computing-hpc/supercomputer-piu-veloci-del-mondo-151921>

21 Novembre 2022 | Il supercomputer più veloce del mondo è ancora l'americano Frontier

<https://www.zerounoweb.it/cio-innovation/la-nuova-geografia-dei-supercomputer-usa-primatisti-cina-stand-alone-europa-piu-sovrana/>

17 Giugno 2022 | La nuova geografia dei supercomputer: USA primatisti, Cina “stand alone”, Europa più sovrana

<https://www.linkiesta.it/2023/08/quantum-computing-europa/>

A che punto siamo con il quantum computing in Europa

<https://magazine.unibo.it/archivio/2022/11/28/pnrr-apre-a-bologna-il-centro-di-supercalcolo-per-le-sfide-del-futuro>

28 Novembre 2022 | PNRR: apre a Bologna il Centro di Supercalcolo per le sfide del futuro

Altre risorse consultate:

<https://www.hpcwire.com/>

<https://insidehpc.com/>

<https://quantumcomputingreport.com/news/>

<https://www.frontiersin.org/journals/quantum-science-and-technology>

“Sulla strada per eccellere non ci sono limiti di velocità”

David J. Johnson

L'Italia si trova oggi in una fase particolarmente complessa e critica. Il Paese è inserito in un contesto globale caratterizzato da una velocità del cambiamento e da una portata dei suoi impatti sul tessuto economico e sociale senza precedenti, che impongono una risposta efficace da parte di tutti i decisori nazionali, senza che alcuna opportunità vada sprecata. La crisi innescata dal Covid-19 è in questo senso paradigmatica: mai, dal secondo dopoguerra, il nostro Paese e l'Europa si erano trovate così minacciate nel proprio profondo.

A livello economico, le stime più recenti del Fondo Monetario Internazionale prevedono che la crisi causerà la peggior contrazione del PIL mondiale dal Dopoguerra ad oggi, con un rallentamento dell'economia globale atteso nel 2020 del - 3,5% (contro una crescita per lo stesso anno prevista nel 2019 del +3,4%). Per quanto riguarda l'Italia la contrazione attesa del PIL nel 2020, stimata dal modello proprietario The European House – Ambrosetti, prevede un calo del 10,8%, il terzo peggiore degli ultimi 150 anni. Allo stesso modo, secondo le ultime rilevazioni Istat, il numero degli occupati è calato in Italia di oltre 440.000 unità nel 2020, con un tasso di disoccupazione tra i giovani tornato a crescere al 29,7% (+0,3 punti).

Per contrastare la crisi innescata dal Covid-19 la Commissione Europea ha messo a disposizione degli Stati Membri risorse economiche fino alla cifra di 2,4 trilioni di Euro. Considerando il canale di finanziamento più rilevante, il Recovery and Resilience Facility, l'Italia è il primo beneficiario con €196 miliardi complessivi. È un'occasione che non può andare sprecata, soprattutto perché l'Italia è entrata in questa nuova fase di crisi con una crescita inferiore rispetto alla media UE (-2,1% nella variazione del PIL costante per il periodo 2008-2019 contro +14,2% del resto dell'UE-27) e una performance degli investimenti calante in tutti i settori: nell'ultimo decennio, - €200 miliardi di investimenti pubblici e - €624 miliardi di investimenti privati dal 2007 a oggi.

Occorre individuare strategie efficaci su cui convogliare lo sforzo e le risorse messe a disposizione, ponendo al centro gli

investimenti capaci di correggere gli squilibri di lungo periodo dell'economia italiana, con l'obiettivo di dotare il Paese delle infrastrutture più strategiche per le proprie imprese, la propria ricerca e i propri territori.

Tra i più importanti asset che devono essere considerati vi è senz'altro l'infrastruttura di supercalcolo (High Performance Computing – HPC). Questa tecnologia, infatti, è essenziale per consentire al Paese e alle sue imprese di disporre di capacità computazionale sufficiente per cogliere i benefici connessi all'economia dei dati.

I supercomputer sono importanti acceleratori di R&D: grazie all'elevata capacità computazionale e di modellizzazione permettendo di ridurre tempi e costi associati a queste attività. A titolo di esempio, tra i tanti campi di applicazione già oggi possibili, i supercomputer sono stati essenziali per mappare il genoma del Covid-19 e aprire la strada per il rapido sviluppo dei vaccini. I supercomputer diventeranno inoltre sempre più cruciali in ambito industriale e manifatturiero, alla luce delle riconfigurazioni delle catene del valore globale, consentendo di sviluppare prototipi e di simulare processi e modelli che incrementano l'efficienza e riducono i costi, con impatti positivi sulla produttività multifattoriale, che è il grande vulnus della crescita nel nostro Paese. Infine, le infrastrutture di supercalcolo generano benefici per i territori in cui vengono insediate, portando alla creazione di veri e propri hub della data economy, in grado di attrarre imprese e talenti a livello nazionale e internazionale.

Già oggi l'Italia è tra i best performer europei del supercalcolo: terza in Europa per potenza di supercalcolo (HPC) installata e sesta al mondo – complessivamente l'Italia detiene il 3,2% della potenza di supercalcolo mondiale. Nei prossimi anni il nostro Paese diventerà ancor più centrale grazie all'aggiudicazione dell'HPC Leonardo – infrastruttura finanziata all'interno della più ampia strategia UE del supercalcolo – che sarà insediata nel tecnopolo di Bologna, in un territorio, quello dell'Emilia-Romagna, che è a tutti gli effetti baricentro nazionale del supercalcolo,

contribuendo alla complessiva strategia europea e alla competitività futura delle sue imprese e della sua ricerca. Una volta completo il supercomputer Leonardo farà aumentare la potenza di supercalcolo italiana di 4,2 volte, posizionando l'Italia al quarto posto mondiale per capacità computazionale. A livello della Regione Emilia-Romagna il supercomputer Leonardo determinerà la concentrazione dell'82,6% della potenza di calcolo nazionale e del 20,9% della potenza di calcolo europea nella Regione.

Gli investimenti in progetti di R&D basati su tecnologie di supercalcolo generano inoltre elevati ritorni: quasi 80 volte in media a livello globale per le imprese manifatturiere che vi investono. Permettono inoltre di ridurre i costi per valori medi pari a circa 20 volte l'investimento nella progettualità di supercalcolo. In media si creano inoltre 20 posti di lavoro qualificati. L'investimento in Emilia-Romagna, in particolare, creerà 70 posti di lavoro qualificati e attiverà su territorio forniture per c.a. €515 milioni, cui si aggiungeranno gli effetti catalizzati dall'attrazione di investimenti e talenti che si insedieranno sul territorio grazie alla presenza di un hub del supercalcolo tra i più competitivi e sviluppati d'Europa e a livello internazionale.

The European House – Ambrosetti, insieme ad ATOS, ha quindi deciso di realizzare uno studio che, primo nel suo genere, tracciasse lo stato dell'arte di questa tecnologia, identificasse lo scenario competitivo dell'UE e analizzasse impatti e benefici connessi all'introduzione di tecnologie di supercalcolo per le imprese, la ricerca e i territori.

Il presente rapporto, basato su rigorose analisi quali-quantitative, desidera essere uno strumento di conoscenza e indirizzo per i decisori politici, industriali ed economici, al fine di promuovere una vera comprensione dei benefici sistemici associati alle tecnologie di supercalcolo. Lo studio propone inoltre una visione-Paese di cui l'Emilia-Romagna potrà essere protagonista. Perché questa possa realizzarsi abbiamo formulato sei proposte concrete per il Paese e identificato poche e chiare priorità per l'Emilia-Romagna, che, in questa fase senza precedenti e alla luce delle opportunità connesse al Recovery Fund, possono contribuire al rilancio del Paese e dei suoi territori, risolvendo le contraddizioni di lungo periodo e le inefficienze che caratterizzano il Sistema-Italia.

Desidero ringraziare per i contributi alla realizzazione della presente iniziativa Roberto Cingolani (Chief Technology & Innovation Officer, Leonardo S.p.A.), i numerosi AD della Community Club di The European House – Ambrosetti intervistatati, i vertici della Regione Emilia-Romagna e i vari Manager di Lutech coinvolti: Giuseppe Di Franco (Managing Director), Giorgio Ancona (Chief Delivery Officer Industry Capabilities), Vincenzo Cammarata (Client Executive Partner), Alice Di Prisco (Head of Marketing & Communications) e Pasquale Maroni (Institutional Relationship).

Un sentito ringraziamento va anche al Gruppo di Lavoro The European House – Ambrosetti composto da Corrado Panzeri (Associate Partner & Head of InnoTech HUB), Matteo Zaupa (Project Coordinator), Paola Pedretti, Andrea Soldo, Federico Jarach, Gherardo Montemagni e Giulia Ercole (Secretary Leader).

Valerio De Molli

Managing Partner & CEO

The European House – Ambrosetti

Introduzione

I.

Gli attori della ricerca: l'Advisor e il Gruppo di Lavoro

Questo rapporto riassume e sintetizza i risultati della ricerca “Gli impatti dell’High Performance Computing (HPC) e la centralità per il posizionamento dell’Emilia-Romagna come Hub di riferimento in Europa per la ricerca e lo sviluppo sui Big Data”, realizzata da The European House – Ambrosetti in partnership con Atos Italia.

La ricerca si è avvalsa del contributo, nel ruolo di Advisor scientifico, di Roberto Cingolani, Chief Technology & Innovation Officer di Leonardo S.p.A., già Fondatore e Direttore Scientifico dell’Istituto Italiano di Tecnologia (IIT).

Il Gruppo di Lavoro di Atos Italia ha visto la partecipazione di Giuseppe Di Franco (Atos Group Executive Vice President, Global Head of Resources & Services di Atos e CEO di Atos Italia), Giorgio Ancona (Head of Big Data & Cybersecurity e Head of UCC), Vincenzo Cammarata (Head of Financial Services and Insurances), Alice Di Prisco (Head of Marketing & Communications), Pasquale Maroni (Direttore Relazioni Istituzionali).

Lo studio è stato curato dal Gruppo di Lavoro The European House - Ambrosetti guidato da Valerio De Molli (Managing Partner & CEO) e composto da Corrado Panzeri (Associate Partner & Head of Innovation and Technology Hub), Matteo Zaupa (Project Coordinator), Paola Pedretti, Andrea Soldo, Federico Jarach, Gherardo Montemagni e Giulia Ercole (Secretary Leader).

Per lo sviluppo delle analisi e degli approfondimenti della ricerca, il Gruppo di Lavoro The European House - Ambrosetti ha inoltre realizzato un ciclo di interviste riservate, finalizzate a raccogliere il punto di vista di importanti enti ed aziende sulle modalità di utilizzo dell’High Performance Computing (HPC), sui razionali che hanno portato alla necessità di utilizzare la tecnologia HPC e sui risultati ottenuti post-implementazione.

Si desidera ringraziare in particolare per la disponibilità e per i contributi offerti:

- Clara Andreoletti, Head Geosciences & Subsurface Operations Data Management, Eni;
- Enrico Andrini, Chief Digital & Information Officer, Bonfiglioli Riduttori;
- Renzo Giovanni Avesani, Chief Risk Officer and the Chief Innovation & Economist Officer, Gruppo Unipol;
- Sanzio Bassini, Director of SuperComputing Applications and Innovation Department, CINECA;
- Pierre Bernabé, Senior Executive Vice-President, Head of the Global Division Big Data & Cybersecurity, Atos;
- Patrizio Bianchi, Direttore Scientifico, IFAB - International Foundation Big Data;
- Andrea Cavalli, Vicedirettore dell'area "Computational Sciences", Istituto Italiano di Tecnologia;
- Carlo Cavazzoni, Head of Computational R&D, Leonardo;
- Francesco Conti, Responsabile Comunicazione, Medtronic Italia;
- Sergio Dompé, Presidente, Dompé;
- Andy Grant, Group Vice President e Head of HPC Strategic Projects, Atos;
- Natalia Jimenez, Director HPC, AI e Quantum Life Sciences, Atos;
- Salvatore Molè, Direttore Centrale Innovazione, Hera;
- Alessandro Pasini, Product Marketing and Innovation Director, Technogym;

- Giovanni Piazza, Chief Information Officer, Mutti;
- Maria S. Perez-Hernandez, Head of Big Data / HPC, BDVA;
- Andrea Pontremoli, Amministratore Delegato, Dallara;
- Ivano Pullano, Quantum Computing Solutions Architect, Atos Italia;
- Massimo Proverbio, Chief IT Digital and Innovation Officer, Intesa Sanpaolo;
- Fabrizio Rauso, Direttore People, Organization & Digital eXperience, SOGEI;
- Andrea Sottoriva, Director of the Centre for Evolution and Cancer at the Institute of Cancer Research, London; Professor of Cancer Genomics and Evolution;
- Antonio Zoccoli, Presidente, Istituto Nazionale Fisica Nucleare.

I casi di studio raccolti e analizzati hanno permesso di dare al lavoro una valenza applicativa, appunto grazie all'analisi di realtà italiane ed internazionali – di varia natura (private e pubbliche) e dimensione (piccole, medie e grandi imprese, amministrazioni locali e centrali) – note per aver implementato con successo soluzioni di HPC.

II.

Perché questa ricerca

In un ecosistema sempre più connesso dove viene generata una quantità sempre maggiore di dati, si va via via affermando l'importanza della cosiddetta “Data Economy” – ossia un modello economico che basa la creazione del valore sulla capacità degli attori di raccogliere, gestire ed elaborare una grande quantità di dati.

Nel contesto sopra delineato, il dato assume una valenza strategico-competitiva, diventando uno dei fattori capaci di posizionare un'azienda in una situazione di vantaggio competitivo nei confronti dei concorrenti. La crescente mole di dati a disposizione degli attori economici richiede, per poter essere sfruttata e messa nelle condizioni di generare valore, un altrettanto importante aumento nella capacità di calcolo. Nell'era digitale i dati rappresentano una risorsa di grande valore che necessita strumenti di analisi capaci di elaborare grandi moli di input al fine di creare informazioni ad alto valore aggiunto.

Il cambio di paradigma in termini di potenza computazionale è oggi reso possibile dal cosiddetto calcolo "in parallelo", che permette a diversi processori di elaborare dati contemporaneamente, rendendo disponibile una capacità di calcolo altrimenti irraggiungibile e abilitando modelli / algoritmi in grado di estrapolare informazioni e di creare modelli da grandi quantità di dati (sia strutturati che non strutturati). Questa tecnologia prende il nome di High Performance Computing (HPC).

L'Emilia-Romagna e il territorio bolognese vantano una grande tradizione nel supercalcolo. Infatti, sin dal 1961 la Regione ha assunto un posizionamento centrale nel supercalcolo italiano, europeo e mondiale, in seguito all'installazione del centro di supercalcolo del Comitato nazionale per la energia nucleare - Cnen (ora Ente nazionale per l'energia e lo sviluppo economico sostenibile - Enea). Questo posizionamento si è ulteriormente rafforzato quando nel 1967 è stato istituito il CINECA, un Consorzio interuniversitario dedicato al calcolo elettronico. Il ruolo dell'Emilia-Romagna come hub italiano ed europeo del supercalcolo sarà ancora maggiore una volta che il progetto Leonardo, sviluppato nell'ambito della strategia europea sull'HPC (EuroHPC Joint Undertaking), sarà completato.

Occorre quindi massimizzare la consapevolezza da parte degli attori del sistema-Paese in modo da diffondere i benefici e le potenzialità legate all'infrastruttura tecnologica della Regione.

L'iniziativa «Gli impatti dell'High Performance Computing (HPC) e la centralità per il posizionamento dell'Emilia-Romagna come Hub di riferimento in Europa per la ricerca e lo sviluppo sui Big Data» intende quindi:

- Attivare una piattaforma integrata di comunicazione,

advocacy e sensibilizzazione di alto livello per ribadire e rafforzare il posizionamento di Atos quale operatore di riferimento dell'High Performance Computing, in grado di contribuire all'identificazione di soluzioni innovative per affrontare e vincere le sfide decisive per il futuro del nostro Paese;

- Generare occasioni di riflessione per comprendere le distintività e gli impatti dello sviluppo dell'High Performance Computing attraverso l'utilizzo di una narrativa altamente comunicativa;
- Massimizzare la conoscenza dell'HPC e della posizione di leadership dell'Italia e dell'Emilia-Romagna, favorendo la comunicazione con il mondo della ricerca e del business e massimizzando i benefici legati al progetto Leonardo e alla nuova capacità di calcolo che sarà disponibile per gli attori nazionali e territoriali;
- Misurare gli impatti per il territorio dell'Emilia-Romagna e per l'Italia di questo investimento anche in termini di ricadute della tecnologia disponibile per il mondo dell'impresa e della ricerca;
- Identificare settori industriali e/o specifici player che possano investire ed insediarsi in Emilia-Romagna grazie alla maggiore attrattività legata all'HPC;
- Realizzare e alimentare un momento di confronto e dibattito sul tema dell'HPC e dei suoi benefici indirizzato ad interlocutori selezionati del Paese e del Territorio.

Figura 1 |

Il percorso del lavoro di ricerca. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti, 2020

Gli incontri che hanno indirizzato i lavori si sono tenuti da ottobre 2020 a febbraio 2021.



La struttura della ricerca

Come descritto precedentemente questo documento mira a stimolare delle riflessioni che coinvolgano tutti gli attori dell'ecosistema italiano. Per questa ragione, si è scelto di utilizzare un linguaggio “non tecnico” così da facilitare la comprensione del tema anche a figure che, in posizione di responsabilità, non abbiano una formazione e/o un linguaggio tecnico proprio dell'Information and Communication Technology (ICT).

A questo fine il Rapporto è stato organizzato in 5 capitoli, di seguito descritti:

Capitolo 1: Cos'è l'High Performance Computing e quali sono i benefici ad esso associati

In questo capitolo viene fornita la definizione che The European House - Ambrosetti ha utilizzato sull'High Performance Computing (HPC). Viene poi inquadrato il contesto di riferimento, in particolare quello della Data Economy, che ha fatto assumere alla capacità di elaborazione di grandi moli di dati il valore di asset strategico per gli attori del contesto economico. In questo senso sono poi rappresentati i principali benefici delle tecnologie HPC, desunti da un'analisi approfondita della letteratura manageriale e accademica. Conclude questa prima sezione un'analisi circa alcune particolari applicazioni delle tecnologie HPC.

Capitolo 2: La situazione dell'Unione Europea nel contesto mondiale del supercalcolo: evoluzione della capacità di calcolo installata, politiche, strategie e Player mondiali

In questo capitolo viene analizzata l'evoluzione dell'HPC nel contesto mondiale tramite l'elaborazione dei dati forniti dalla Classifica Top-500 dei supercomputer più potenti al mondo – classifica elaborata da The European House - Ambrosetti in 4 estrazioni temporali (1993, 2003, 2017 e 2020): da questa

analisi è emersa l'evoluzione della potenza di calcolo mondiale e dei Paesi leader. È stata poi posta una particolare enfasi sul ruolo dell'Unione Europea nel contesto mondiale e sulle strategie adottate dalla Commissione Europea per sviluppare e promuovere la crescita della potenza installata nel Continente – in questo senso si è fatto particolare riferimento a EuroHPC Joint Undertaking. Sono stati poi analizzati tre casi studio di Paesi europei (Germania, Francia e Regno Unito) e cinque casi studio extra-EU (Stati Uniti d'America, Cina, Giappone, Canada e Corea del Sud). Questa analisi è stata svolta per far emergere il posizionamento e le strategie adottate dai diversi Paesi.

Capitolo 3: L'Emilia-Romagna quale hub europeo del supercalcolo: azioni, attori e contesto di riferimento

In questo capitolo viene descritta la situazione dell'Italia in riferimento al mondo del supercalcolo, evidenziando il ruolo del Paese quale leader nel contesto europeo. Vengono poi analizzate due componenti chiave dell'ecosistema italiano: Emilia-Romagna e CINECA. La combinazione delle caratteristiche di questi due sistemi ha permesso all'Italia di aggiudicarsi una parte del bando EuroHPC. A Bologna sarà infatti costruito “Leonardo”: il primo HPC pre-Exascale italiano. Il supercomputer sarà ospitato presso il CINECA e sarà realizzato da Atos.

Capitolo 4: Gli impatti dell'High Performance Computing per il Paese e per i territori, per l'industria e per l'ecosistema dell'innovazione

In primis il capitolo intende descrivere gli impatti potenziali legati allo sviluppo / all'implementazione di soluzioni HPC: i risultati delle analisi sono stati divisi a seconda della tipologia di attori presi in considerazione, in particolare tra industria e centri di ricerca / accademia. Oltre agli impatti diretti, connessi con l'implementazione dell'HPC, sono stati calcolati alcuni impatti indiretti e catalizzati che generano ricadute positive sul territorio. Nella seconda parte del capitolo sono descritti alcuni casi studio emersi dalle interviste svolte da The European House – Ambrosetti nel corso del progetto. Questa sezione intende

descrivere casi di successo di aziende che hanno implementato soluzioni di HPC e, al tempo stesso, casi in cui le aziende non hanno adottato l'HPC a causa di mancata conoscenza o non percezione dei benefici ottenibili.

Capitolo 5: *Le proposte di The European House - Ambrosetti*

Alla luce delle analisi effettuate e delle indicazioni raccolte nel ciclo di incontri condotti, il capitolo finale è dedicato alle proposte elaborate da The European House - Ambrosetti e indirizzate ai policy maker e alle aziende al fine di stimolare una maggiore riflessione sulle potenzialità e i benefici offerti dall'High Performance Computing e promuovere, conseguentemente, una maggiore adozione di questa tecnologia.

DI

**Cos'è l'High Performance
Computing e quali sono
i benefici ad esso associati**

1.1

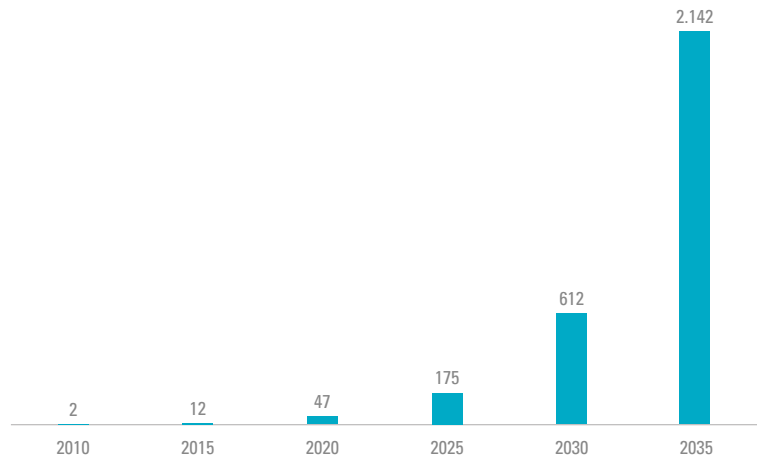
Introduzione

Nel contesto economico mondiale la Data Economy si è ormai affermata come uno dei principali modelli economici¹. Cittadini, aziende e altri attori generano un enorme quantità di dati ogni anno. Si pensi ad esempio che, rispetto al 2010, la quantità di dati generati annualmente è cresciuta del +2.250%, raggiungendo nel 2020 quota 47 Zettabytes. Nei prossimi 5 anni si prevede una crescita del +272,3% della quantità di dati generati, arrivando a circa 175 Zettabytes all'anno. Questo valore è destinato ad incrementare ulteriormente nei successivi 10 anni, superando i 2.100 Zettabytes di dati nel 2035².

Figura 1 |

Volume di dati generati ogni anno, Zettabytes = 1 miliardo di Terabyte, 2010 - 2035e.

Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Statista, 2020



- 1 Si parla di uno dei modelli economici perché The European House – Ambrosetti ritiene che un altro modello economico che si sta affermando sempre più, in aggiunta / in sinergia a quello della Data Economy, sia quello della Platform Economy: l'economia di piattaforma è la rappresentazione del modello di business di piattaforma (Platform Business Model) che sta assumendo una rilevanza sempre più centrale nelle scelte organizzative delle aziende. Ad agosto 2020 sette delle 10 principali aziende al mondo per capitalizzazione di mercato sono basate su questo modello. Per ulteriori approfondimenti si rimanda al Position Paper “Il Nuovo Futuro” di The European House – Ambrosetti, 2020.
- 2 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Statista, 2020.

In questo contesto lo sviluppo delle tecnologie ha permesso e sta permettendo alle aziende di elaborare una quantità sempre maggiore di dati, estrapolandone valore. Le informazioni derivanti dall'analisi dei dati permettono agli attori economici di sviluppare nuovi prodotti / servizi, nuove strategie di business e orientare le scelte organizzative. Così sempre più l'elemento "dato" assume una rilevanza nell'ecosistema economico, acquisendo valore di input produttivo al pari di capitale e lavoro – gli input considerati dagli economisti alla base del processo produttivo e di creazione del valore.

Oltre ad una rilevanza sul piano produttivo (lato business), la capacità di elaborare e creare valore dai dati sta assumendo un'importanza crescente anche nel contesto geopolitico internazionale (a livello di enti governativi e pubblici). Sempre un maggior numero di agenzie governative ed enti di ricerca (sia pubblici che privati) stanno basando lo sviluppo delle politiche economiche e sociali, della ricerca di base e degli avanzamenti tecnologici su modelli quantitativi basati sull'analisi dei dati. Non a caso la Commissione Europea parla di "race to Exascale" e della necessità di creare una sovranità tecnologica circa le tecnologie HPC³⁴.

Nello scenario descritto le tecnologie di computing tradizionali non sono più sufficienti per gestire ed elaborare la grande mole di dati. Per questa ragione gli scienziati hanno puntato sullo sviluppo delle tecnologie di High Performance Computing (HPC), ossia su dei supercomputer capaci di calcolare milioni di miliardi di operazioni al secondo. I sistemi HPC rivestono un ruolo fondamentale nell'abilitare l'impiego di modelli di analisi dei dati avanzati. Nel contesto della Data Economy la tecnologia HPC assume quindi un valore fondamentale quale elemento alla base dell'innovazione e della crescita sociale ed economica. La diffusione dei sistemi di calcolo HPC, in un primo momento limitata ad enti governativi e a grandi agenzie di ricerca, si sta allargando ad una platea sempre più ampia di attori: ad oggi diverse aziende private hanno scelto di investire in questa tecnologia, riconoscendo l'enorme potenziale, in termini di aumento della capacità di elaborazione e modellazione dei dati, offerto dai sistemi HPC.

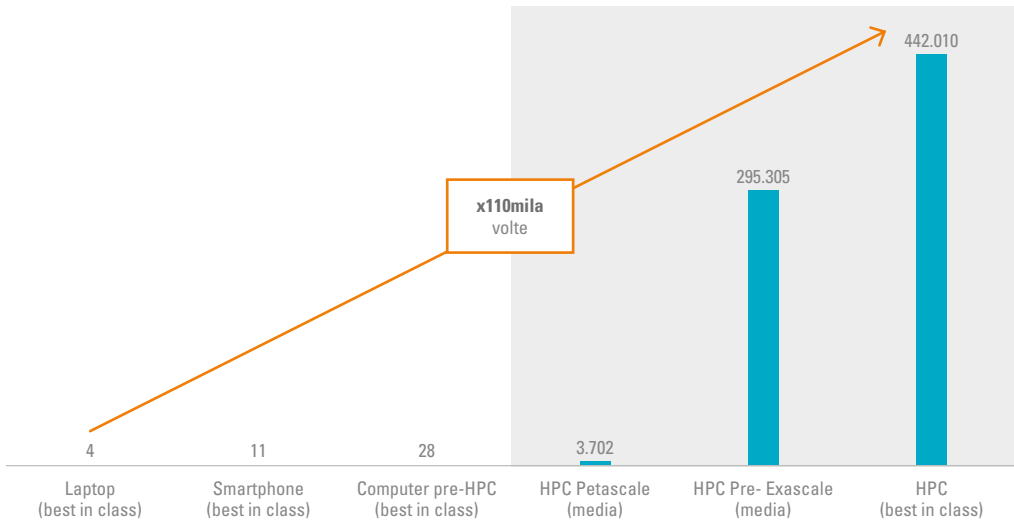
3 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su Commissione Europea, 2020.

4 Per ulteriori approfondimenti si rimanda al secondo capitolo del presente Rapporto.

Nella seguente immagine The European House – Ambrosetti ha voluto dare una rappresentazione della potenza di calcolo di un sistema HPC, confrontandola con quella di diversi sistemi, da un laptop a un computer pre-HPC. La differenza è significativa: il miglior HPC al mondo (il “Supercomputer Fugaku” a novembre 2020⁵) ha una potenza di calcolo superiore di oltre 110 mila volte quella del migliore laptop disponibile sul mercato (MacBook Pro 2019)⁶.

Figura 2 |

Confronto tra le potenze di calcolo di diversi dispositivi, TFlop/s⁷, 2020. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati classifica Top-500, Apple e Fastweb, 2020



⁵ Per maggiori approfondimenti si rimanda al secondo capitolo del presente Rapporto.

⁶ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati classifica Top-500, Apple e Fastweb, 2020.

⁷ Nel mondo del computing i FLOPS o Flop/s (floating point operations per second), numero di operazioni che possono essere la potenza e la performance di un hardware. Unità di misura: GFlop/s equivale ad un valore di 10^9 (Gigascale); TFlop/s è pari a 10^{12} (Terascale); PFlop/s è pari a 10^{15} (Petascale); EFlop/s equivale a 10^{18} (Exascale); ZFlop/s è pari a 10^{21} (Zettascale). Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su fonti varie, 2020.

⁸ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Classifica Top-500 e Fastweb, 2020.

Nel prosieguo del capitolo è data la definizione del concetto di High Performance Computing (HPC), utilizzata da The European House – Ambrosetti in questo Position Paper. Successivamente sono descritte le componenti e il funzionamento di un sistema HPC. Infine, sono rappresentati alcuni esempi applicativi delle tecnologie HPC in diversi settori.

La definizione di High Performance Computing

1.2

Con il termine High Performance Computing (HPC) si fa riferimento a “sistemi computazionali dotati di una potenza di calcolo estremamente elevata e capaci di analizzare una grande quantità di dati per risolvere problemi estremamente complessi”⁹. In particolare, i sistemi di HPC sono “costruiti usando un elevato numero di processori che funzionano in parallelo (cosiddetto “parallel processing”) per risolvere problemi troppo complessi per un singolo processore”¹⁰.

Da un punto di vista pratico un HPC si differenzia da un computer tradizionale per la modalità di elaborazione dei dati. Infatti, i sistemi di calcolo tradizionali svolgono le operazioni di calcolo “in serie” – ossia tramite un processo lineare di analisi e risoluzione dell’input iniziale. Questo significa che una serie di algoritmi elabora, sfruttando una singola Computational Power Unit (CPU, l’unità centrale di elaborazione¹¹), gli input forniti al calcolatore. Il problema iniziale viene quindi analizzato secondo una sequenza lineare da una serie di algoritmi fino ad arrivare all’ottenimento di un risultato finale.

Al contrario un HPC utilizza un sistema di calcolo “in parallelo”: il problema iniziale viene frammentato in tanti piccoli

9 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su definizione Commissione Europea, 2020.

10 Ibid.

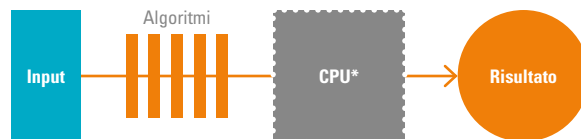
11 “La componente di un calcolatore (detta anche processore) che carica le istruzioni dei programmi in memoria, le interpreta e manipola i dati di conseguenza”. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su definizione Dizionario Treccani, 2020.

sotto-problemi che vengono analizzati contemporaneamente da diversi algoritmi, afferenti a più unità computazionali – in particolare in un sistema HPC, la potenza di calcolo e la capacità di modellazione vengono create tramite la combinazione di CPU e GPU (Graphics Processing Unit, unità di elaborazione grafica¹² necessaria per la creazione di modelli digitali, ad esempio per la modellazione CAE – Computer-aided Engineering)¹³. La scomposizione e l'elaborazione in parallelo del problema genera benefici sia in termini di riduzione di tempo che di aumento della capacità elaborativa – ossia è possibile ottenere dei risultati elaborando grandi moli di dati¹⁴. I risultati dei diversi algoritmi sono poi riaggregati nella fase finale di elaborazione al fine di ottenere il risultato del problema¹⁵.

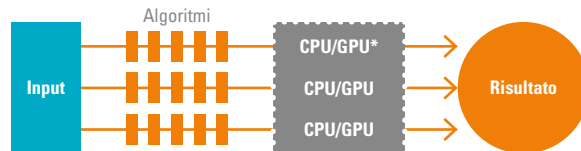
Figura 3 |

Schematizzazione del funzionamento di un computer tradizionale e di un HPC. (*) Computational Power Unit e Graphic Power Unit. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su fonti varie, 2020

CALCOLO IN SERIE (TRADIZIONALE)



CALCOLO IN PARALLELO (HPC)



- 12 “L’unità di elaborazione grafica, detta comunemente GPU, dall’acronimo inglese di Graphics Processing Unit, è un particolare circuito elettronico progettato appositamente per la creazione di grafica digitale. Le moderne GPU sono molto efficienti nel gestire la grafica del computer e l’elaborazione delle immagini grazie alla loro struttura altamente parallela. Una GPU, infatti, rispetto ad una classica CPU, è molto più veloce nell’eseguire i compiti per cui è stata progettata, cioè l’elaborazione di grandi blocchi di dati in modo parallelo, nonostante lavori a frequenze più basse di una CPU”. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su Dizionario Garzanti, 2020.
- 13 Nel prosieguo del presente capitolo saranno descritti gli elementi tecnici che abilitano la possibilità di svolgere calcoli in parallelo, ad esempio specifiche architetture e software ad hoc.
- 14 In questo senso si fa riferimento ai cosiddetti Big Data – queste moli di dati sono tali da essere difficilmente elaborabili da un singolo computer tradizionale.
- 15 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su fonti varie, 2020.

Le componenti essenziali di un sistema HPC sono i cluster, i nodes e i cores. Ricordando che questi aspetti saranno approfonditi nella sezione dedicata agli aspetti tecnologici dell'HPC, si è scelto di definire brevemente queste componenti. Con “cluster” si fa riferimento alla combinazione di diversi computer, messi in rete per lavorare contemporaneamente su uno stesso problema. Con “nodes” si fa riferimento ad un singolo supercomputer facente parte della rete – solitamente una rete HPC si compone di un numero variabile di nodes per diversi milioni di cores. Infine, con “core” si fa riferimento alle componenti dei processori CPU e GPU installati in ciascun singolo computer della rete¹⁶. Il punto di forza di questa rete è dato dall'interconnessione tra i diversi computer e dalla presenza di specifici software e algoritmi che abilitano i singoli computer a lavorare insieme¹⁷.

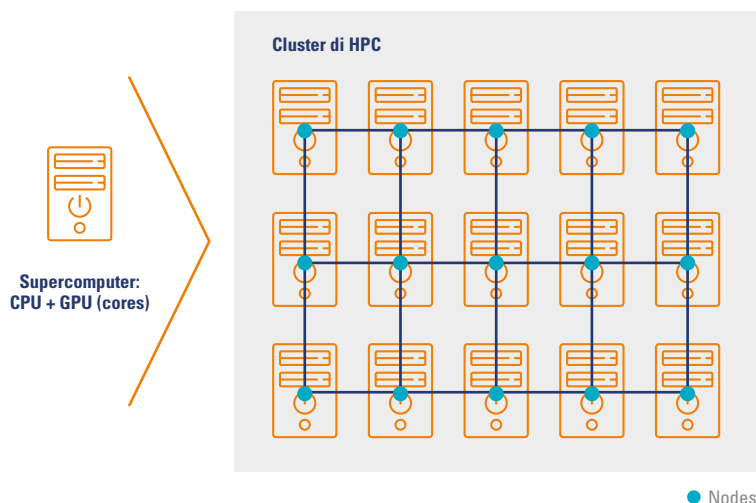


Figura 4 |
Macro-componenti
di un sistema HPC:
Cores, Nodes e Cluster.
Fonte: elaborazione
The European House -
Ambrosetti su articolo
InsideHPC, 2020

È interessante considerare che la storia dei supercomputer comincia oltre 70 anni fa. Infatti, gli storici fanno risalire la nascita dei supercomputer negli anni '40 del ventesimo secolo. Fino agli anni '60 i supercomputer venivano valutati in base al numero di operazioni in virgola mobile svolte in un secondo

16 Si pensi ad esempio che i sistemi HPC più potenti al mondo si compongono di oltre 7 milioni di cores (Supercomputer Fugaku, Giappone). Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati classifica Top-500, 2020.

17 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su articolo InsideHPC, 2020.

(FLOPS¹⁸) – si parla quindi di una potenza di calcolo contenuta nell’ordine delle unità. Nei primi anni di vita dei supercomputer i principali utilizzatori erano le agenzie governative – ad esempio lo US Department of Defense oppure la NASA (National Aeronautics and Space Administration) – e i centri di ricerca accademica più importanti al mondo. Successivamente nel 1964 Seymour Cray creò un’azienda – la Control Data Corporation (CDC) – con l’obiettivo di sviluppare una macchina “centinaia di volte più potente di qualsiasi apparecchio esistente oggi (all’epoca)”¹⁹. Il mantra di Cray consisteva nello sfidare il paradigma tecnologico esistente, spingendosi verso la realizzazione di un sistema tecnologico rivoluzionario. Cray raggiunse questo obiettivo ambizioso con la realizzazione del “CDC 6600”, un supercomputer dotato di una potenza di calcolo pari a circa 3 MegaFlop/s²⁰. Negli anni successivi si assistette ad una serie di avanzamenti tecnologici incrementali che hanno portato alla realizzazione di supercomputer via via sempre più potenti – in questa corsa verso lo sviluppo di nuove macchine più potenti si aggiunsero, nel corso degli anni, un numero crescente di attori industriali.

Dagli anni ’70 in poi le tecnologie HPC hanno iniziato a diffondersi anche nelle grandi imprese a seguito della necessità di gestire una sempre maggior mole di dati e del sempre maggior ricorso allo svolgimento di analisi complesse nei campi della chimica, dell’ingegneria dei materiali e della fluidodinamica. Il 1970 è una data importante che ha segnato lo sviluppo dei sistemi HPC: in tale anno Iliac – Illinois Automatic Computer ha introdotto Iliac IV²¹, il primo sistema di calcolo basato su architetture parallele, capace di raggiungere una potenza computazionale di 1 GigaFlop/s²². Il modello delle architetture in parallelo ha rappresentato una svolta tecnologica e ancora oggi caratterizza i sistemi di supercomputer.

18 I FLOPS sono l’unità di misura dei sistemi di calcolo. 1 FLOPS corrisponde ad un’operazione a virgola mobile al secondo. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati SmartWorld.it, 2020.

19 Celebre affermazione di Seymour Cray, 1964.

20 Il CDC 6600 venne accolto con enorme clamore. Infatti, il supercomputer sconfisse, in termini di potenza computazionale, l’IBM 7030 Stretch – considerato fino al quel momento un’eccellenza nel campo del supercomputing. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su fonti varie, 2020.

21 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su articolo Iliac IV, SpringerLink (2011), 2020.

22 Questo supercomputer è stato costruito con finanziamenti dall’Advanced Research Project Agency (ARPA US).

La prima partnership di HPC è iniziata nel 1985, quando, negli USA, la National Science Foundation ha istituito una partnership tra cinque centri di ricerca: San Diego Supercomputer Center (SDSC) dell'Università della California San Diego, il Pittsburgh Supercomputer Center (PSC) dell'Università di Pittsburgh, il National Center for Supercomputing Applications (NC-SA) dell'Università dell'Illinois Champagne-Urbana, il Cornell Theory Center della Cornell University e il John von Neumann Center della Princeton University. L'obiettivo di questa partnership consisteva nel creare 5 centri di supercalcolo connessi che fornissero l'accesso ai ricercatori ad una rete di supercomputer in modo da favorire l'avanzamento della ricerca scientifica di frontiera²³.

Il sempre maggior coinvolgimento di attori pubblici e privati nella realizzazione e nell'introduzione dei sistemi HPC ha portato ad una crescente diffusione della tecnologia. Al crescere dell'utilizzo delle tecnologie HPC si ha avuto un sempre maggior impegno dei ricercatori e degli esperti tecnici nella realizzazione di sistemi di calcolo sempre più potenti.

Nel 1993 è stata creata la "Top-500", la classifica dei 500 supercomputer più potenti al mondo – questo ranking viene aggiornato due volte all'anno. Nell'aggiornamento più recente della classifica, a novembre 2020, il supercomputer più potente al mondo è stato il Supercomputer Fugaku, un supercomputer sviluppato da Fujitsu per il centro di ricerca giapponese RIKEN (Center for Computational Science). L'HPC giapponese ha un picco di potenza di calcolo di 537.212 TFlop/s e una potenza di calcolo Rmax²⁴ pari a 442.010 TFlop/s²⁵.

Nel seguente grafico è stata rappresentata la crescita della

23 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su articolo XSEDE, 2020.

24 Rmax è un indicatore delle performance reali del supercomputer. Esso viene calcolato utilizzando il "LINPACK Benchmarks", il valore risultante dall'impiego di questo standard intende fornire la potenza computazionale reale di un sistema di HPC – ossia la potenza che un supercomputer ha effettivamente a disposizione per risolvere un problema reale. Il risultato Rmax differisce da Rpeak – il valore di picco – perché il secondo è un valore puramente teorico della potenza che potrebbe essere sprigionata da un HPC ma non è effettivamente realizzabile in uno scenario reale. Per questo motivo Rpeak > Rmax. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati LINPACK Benchmarks, 2020.

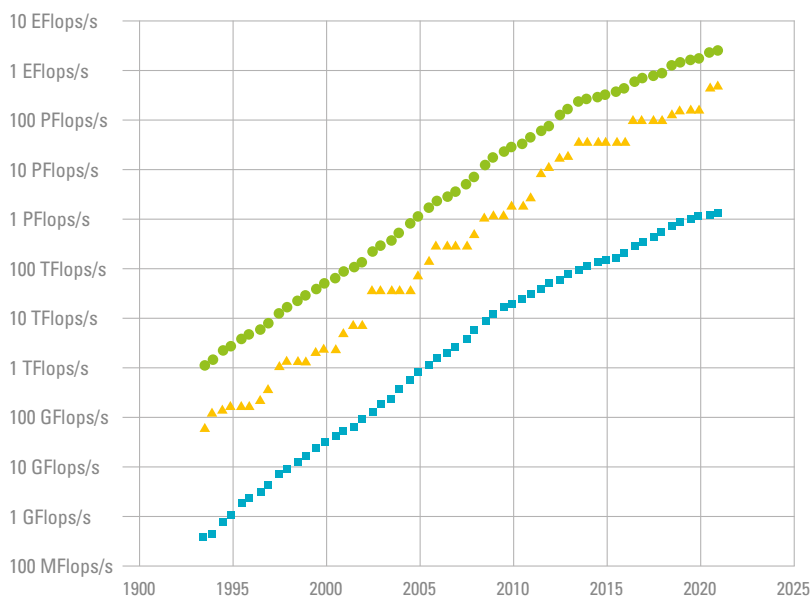
25 Per maggiori approfondimenti circa il Supercomputer Fugaku e la classifica Top-500 si rimanda al secondo capitolo del presente Rapporto.

potenza computazionale su scala logaritmica dei supercomputer facenti parte della classifica Top-500. In particolare, i puntini verdi rappresentano il valore cumulato della potenza di calcolo dei primi 500 supercomputer al mondo – si osserva una crescita significativa nel corso degli anni, si è infatti passati da una potenza complessiva di circa 1 TFlop/s nel 1993 a superare 1 EFlop/s nel 2020. I triangoli arancioni rappresentano la potenza del primo supercomputer, ossia del supercomputer più potente – nel caso dell'aggiornamento di novembre 2020 si fa riferimento al Supercomputer Fugaku in forza al RIKEN in Giappone. Infine, i quadratini blu attestano l'evoluzione della potenza di calcolo del “peggior” supercomputer di questa classifica, ossia del 500esimo supercomputer – anche in questo caso si assiste comunque ad una crescita sostanziale della potenza minima²⁶.

Ad oggi, come sarà descritto nel dettaglio nei capitoli successivi, la sfida è raggiungere l'Exascale – ossia 10^{18} operazioni al secondo, questa capacità di calcolo è infatti considerata la prossima frontiera tecnologica²⁷.

Figura 5 |

Andamento delle performance dei supercomputer, scala logaritmica, 1993 - 2020.
Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati classifica Top-500, 2020

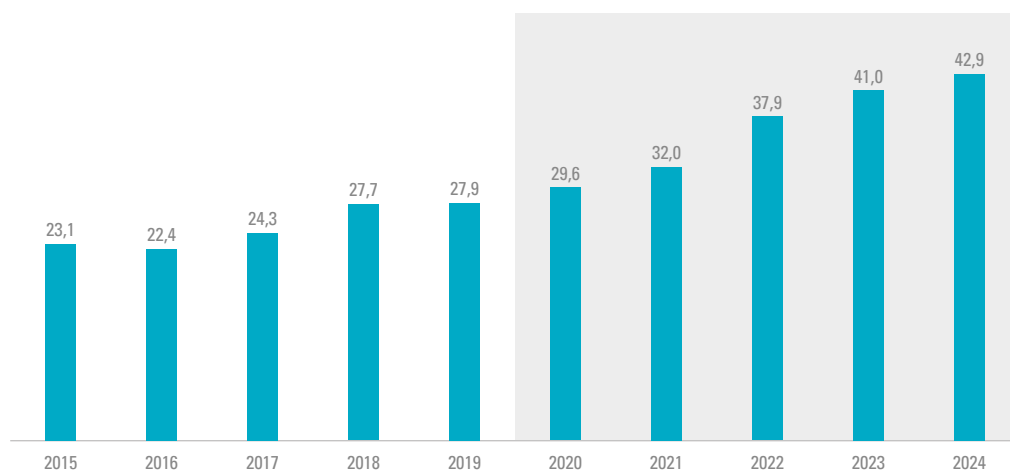


²⁶ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020.

²⁷ Si rimanda al secondo capitolo del presente Rapporto per approfondire questi aspetti.

All'aumento della potenza computazionale corrisponde una crescita del mercato degli HPC – si tenga infatti presente che nel 1990 il mercato mondiale dell'HPC valeva 2 miliardi di Dollari²⁸. Nel 2019 è stato registrato un valore di mercato pari a circa 28 miliardi di Dollari, in crescita del +20,9% rispetto al 2015 (anno in cui il mercato valeva circa 23 miliardi di Dollari). Nello scenario odierno in cui i sistemi di HPC sono utilizzati da un numero sempre maggiore di clienti – dai grandi centri di ricerca agli enti governativi e dalle grandi imprese alle aziende di minor dimensioni – il mercato è previsto crescere ad un tasso doppio rispetto al passato – nel periodo 2020 - 2024 si prevede una crescita pari al +45,3%²⁹.

Figura 6 |
Mercato dell'HPC
nel mondo, miliardi
di Dollari, 2015 - 2024e.
Fonte: elaborazione
The European House -
Ambrosetti
su dati Statista, 2020



Il mercato dell'HPC viene suddiviso dagli analisti in 5 categorie:

- La prima componente per quota di mercato è quella dei server, ossia delle parti hardware: i processori, CPU, GPU, memoria e sistema di raffreddamento. Il valore di questo segmento di mercato è pari al 49,2% del totale³⁰ ed è previsto crescere di oltre il +52,0% nel periodo 2019-2024;
- Segue poi lo storage, segmento che racchiude la costruzione dei Data Center e di altri sistema di immagazzinag-

²⁸ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Hyperion Research (2018), 2020.

²⁹ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Statista, 2020.

³⁰ Valore calcolato come media nel periodo di analisi. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Statista, 2020.

gio dei dati. Questo segmento ha una quota media del 20,8% sul totale ed è stimato crescere del +77,2%, considerando il periodo 2019-2024;

- Lo sviluppo di applicazioni software è il terzo segmento per valore di mercato, con una quota pari al 16,4% e una crescita stimata del +42,5% (2024 vs 2019);
- La quarta componente del mercato HPC globale è data da tutti servizi accessori all'installazione di un supercomputer (ad esempio manutenzione e aggiornamento). Questo segmento vale circa il 7,8% del mercato e si prospetta crescere del +29,5% nei prossimi 5 anni;
- Infine, la categoria dei software middleware³¹, ossia quell'insieme di software che permettono a più sistemi informatici di comunicare e di scambiare le informazioni, ha una quota pari al 5,8% del valore di mercato ed è stimata crescere del +56,4% nel periodo 2019-2024³².

Nel periodo 2020-2024 la crescita del mercato globale dell'HPC è stimata pari ad un CAGR (Compound Aggregate Growth Rate) del +7,7%³³.

Esiste una relazione tra crescita del mercato e attenzione del mondo accademico circa una tecnologia e le sue applicazioni. In considerazione di questo legame The European House – Ambrosetti ha scelto di analizzare le evidenze accademiche riguardanti la tematica delle tecnologie HPC per individuare gli aspetti trattati dai ricercatori utili ai fini di questo Position Paper.

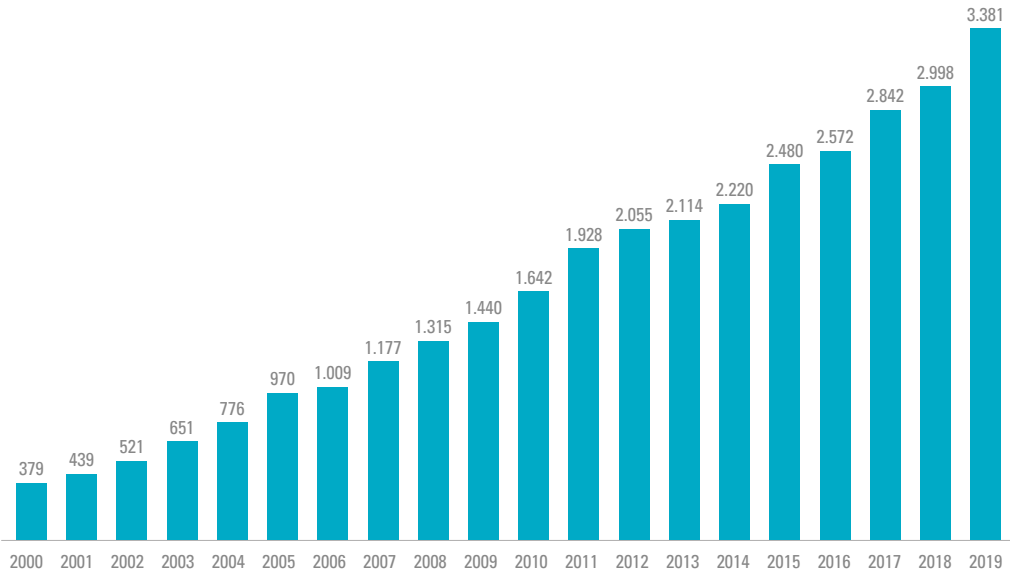
In primis, The European House – Ambrosetti ha analizzato l'andamento delle pubblicazioni scientifiche circa il tema dell'HPC su un arco temporale di 20 anni, dal 2000 al 2019. I dati dimostrano un crescente interesse della comunità accademica e dei ricercatori circa il tema in oggetto: le pubblicazioni sono infatti aumentate del +792,1%, passando da 379 (2000) ad oltre 3.381 (2019) – complessivamente i paper pubblicati nel ventennio considerato sfiorano i 33.000³⁴.

31 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su definizione RedHat.com, 2020.

32 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Statista, 2020.

33 Ibid.

34 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su Database Scopus, 2020.



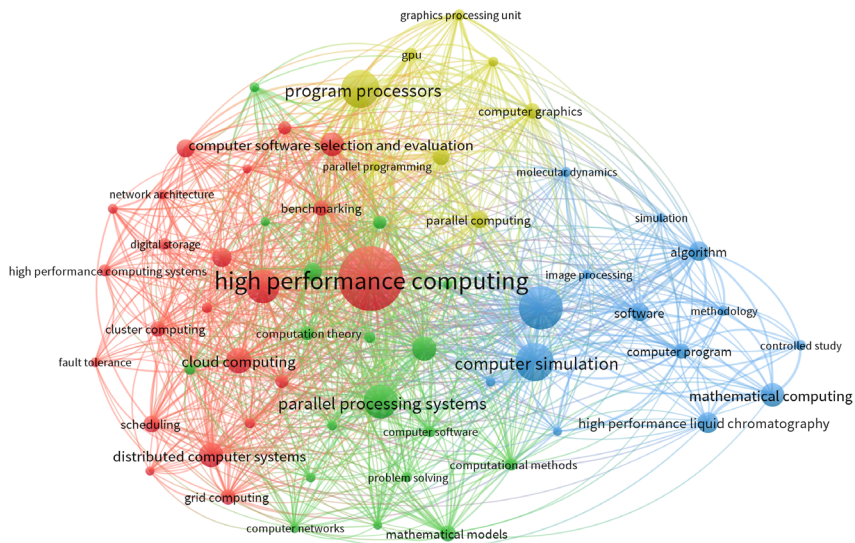
Rispetto a questo ammontare di pubblicazioni The European House – Ambrosetti ha condotto un’analisi su 6.000 paper, selezionando le pubblicazioni con maggior numero di citazioni ricevute. L’analisi è stata svolta con l’intenzione di identificare i macro-argomenti e le keywords maggiormente utilizzate in ambito accademico in riferimento all’HPC. Dall’analisi sono emerse 60 parole chiave collegate al concetto di HPC che sono state riassunte nel grafico successivo³⁵.

I risultati di questa analisi sono stati ulteriormente approfonditi da The European House – Ambrosetti che ha ricondotto le 60 keyword a 4 macro-cluster.

1. Area organizzativa – riassunta nel cluster rosso – cluster che raccoglie le parole con riferimento ai modelli e alle architetture che possono essere utilizzate all’interno di un’azienda al fine di gestire e implementare i sistemi di HPC. Vi sono anche alcune parole, ad esempio “fault tolerance”, riconducibili ai benefici che i sistemi di HPC garantiscono;
2. Sviluppo delle teorie computazionali e dei sistemi di cal-

Figura 7 | Pubblicazioni per anno sul tema dell’High Performance Computing, valore assoluto, 2000 - 2019. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su Database Scopus, 2020

³⁵ Questo tipo di analisi è stata svolta utilizzando VosViewer, un software che permette di analizzare le informazioni contenute in una grande quantità di documenti e di rappresentarle in maniera efficace. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti, 2020.

**Figura 8 |**

Cluster delle parole chiave individuate dall'analisi di 6.000 paper accademici relativi alla tematica dell'HPC.

Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su database Scopus, 2020.

colo – in verde – cluster che racchiude le parole riferibili alla creazione dei sistemi di calcolo parallelo e dei modelli matematici, utilizzati per aumentare le capacità di risoluzione di problemi affidati ai sistemi computazionali;

3. Algoritmi e simulazione – in blu – in questo cluster si trovano parole che fanno riferimento alle modalità di sviluppo dei modelli di simulazione e agli algoritmi necessari per abilitare il funzionamento dei sistemi HPC;
4. Le componenti hardware dei sistemi di calcolo – in giallo – questo cluster considera l'importanza dei processori, facendo particolare riferimento agli avanzamenti tecnologici nel campo delle CPU e delle GPU, ossia le componenti hardware necessarie per abilitare la capacità di modellazione ed elaborazione delle informazioni dei sistemi HPC³⁶.

L'analisi di un campione ristretto di paper accademici e documenti di riferimento della letteratura manageriale³⁷ ha per-

³⁶ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su database paper Scopus e Web of Science, 2020.

³⁷ Sono stati analizzati circa 50 paper accademici, selezionando i primi per numero di citazioni, e alcuni documenti di riferimento della letteratura manageriale. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su fonti varie, 2020.

messo di categorizzare i principali benefici che la letteratura manageriale riconduce all'adozione dell'HPC:

- Velocità di calcolo – una caratteristica che contraddistingue i sistemi HPC è appunto l'indiscussa potenza di calcolo che rende possibili elevate performance e lo sviluppo / la risoluzione di problemi particolarmente complessi. Come evidenziato all'inizio di questo capitolo i sistemi HPC si caratterizzano per una potenza di calcolo di molto superiore ad un normale computer. Tale caratteristica permette agli HPC di svolgere analisi e creare modelli e simulazioni molto complesse, elaborando una grande quantità di dati in tempi rapidi (in alcuni casi si parla di “real time” analysis) e generando informazioni di alto valore;
- Riduzione dei costi – dal punto di vista organizzativo i sistemi di HPC permettono di migliorare la capacità previsionale per evitare criticità, ad esempio la rottura di un macchinario, durante le attività operative e per efficientare i processi. Queste capacità permettono alle aziende di adoperarsi in anticipo ed evitare il manifestarsi di eventi avversi e imprevisti, riducendo così i lag di produzione e / o i danni potenziali. Inoltre, grazie alla potente capacità di calcolo e di modellazione, le tecnologie HPC permettono di sviluppare prodotti complessi in digitale, in particolare nelle prime fasi di ricerca e studio, riducendo così i tempi e i costi necessari allo sviluppo;
- Flessibilità architetturale – questa caratteristica può essere ricondotta a due diversi aspetti: il primo è legato alla possibilità di aggiornare e aggiungere nuove componenti al sistema a seguito di avanzamenti / innovazioni tecnologiche – ad esempio aggiungendo nuove CPU / GPU dalle prestazioni notevolmente superiori rispetto a quelle in uso nel sistema. L'altro aspetto che garantisce un'elevata flessibilità all'architettura del sistema è legato alla possibilità di utilizzare soluzioni Cloud per connettere più HPC e creare un nuovo ecosistema virtuale di calcolo. L'impiego del Cloud per l'accesso alla potenza computazionale permette quindi di poter aggiungere – ammesso che il sistema in uso consenta l'accesso alla rete Cloud³⁸ – nuovi nodi (nodes) all'architettura del sistema.

38 Si rimanda alla sezione in cui sono approfonditi gli aspetti tecnologici dei sistemi HPC.



Velocità di calcolo



Riduzione dei costi



Flessibilità architeturale

Aumento della capacità di innovazione

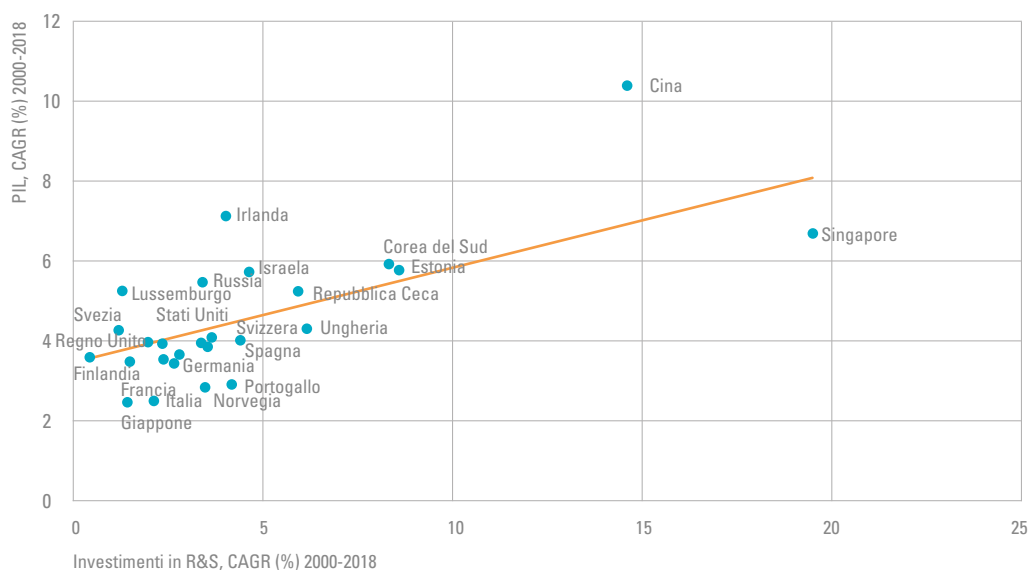
Figura 9 |
Principali
benefici connessi
all'implementazione
di soluzioni di HPC,
2020.
Fonte: elaborazione
The European House -
Ambrosetti
su fonti varie, 2020

Nel contesto economico della Data Economy diventa essenziale per un'azienda essere capace di raccogliere ed elaborare grandi quantità di dati. In questo senso le soluzioni HPC permettono di creare valore dai cosiddetti Big Data e di sfruttare tali input per sviluppare nuovi prodotti, servizi e strategie di business. Inoltre, la possibilità di sviluppare e progettare prodotti in digitale riduce il costo di errore (cost of failure), spingendo così gli ingegneri verso una maggiore “sperimentazione di frontiera”. In aggiunta, la possibilità di aggiornare il sistema permette alle aziende di avere uno strumento sempre “at the edge” della tecnologia, mantenendo così alti livelli di efficienza. La combinazione di questi elementi abilita una maggiore capacità di innovazione dell'utilizzatore, che sarà più incentivato ad innovare per il minor costo in caso di errore, per la maggior capacità di sviluppare nuove soluzioni e servizi grazie alla capacità di analisi e modellazione e per le possibilità offerte dai sistemi HPC in combinazione con altre tecnologie, ad esempio con l'Intelligenza Artificiale (AI) – i sistemi HPC uniti ad algoritmi di AI combinano capacità di elaborare grandi moli di dati con modelli di algoritmi capaci di dare senso ai dati, la sinergia di questi due elementi è ritenuta un fattore al alto impatto nello sviluppo di nuovi prodotti (ritenuti in alcuni casi inimmaginabili per un essere umano)³⁹.

Innovazione e competitività sono oggi più che mai due aspetti che si intersecano e che si influenzano a vicenda, sia a livello di sistema-Paese che a livello di aziende. Ad esempio, a livello di Paesi si osserva una stretta relazione tra tasso medio di crescita degli investimenti in Ricerca e Sviluppo (R&S) e crescita media del PIL. Questa relazione, testimoniata da un tasso di correlazione pari al 70%, indica che i Paesi che hanno investito maggiormente in R&S sono anche cresciuti maggiormente rispetto ai competitor che hanno dedicato minori risorse all'innovazione⁴⁰.

³⁹ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su “The incredible inventions of intuitive AI”, TED Talk, 2020.

⁴⁰ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati IMF e OECD, 2020.



Anche a livello business gli accademici segnalano una stretta relazione tra innovazione, crescita e competitività. Specialmente oggi, nello scenario di un'economia digitale e connessa le aziende più di successo sono aziende altamente innovative: le tecnologie digitali permettono agli attori economici di sviluppare prodotti, servizi e competenze differenzianti rispetto ai competitor, un fattore determinante della competitività⁴¹. Anche osservando la classifica delle top-10 aziende per valore di mercato nel corso degli anni si registra un passaggio da aziende più capital intensive, ad esempio attori del campo dell'estrazione del petrolio, ad aziende sempre più technology intensive, che basano il proprio business sull'utilizzo di strumenti digitali innovativi.

Nello scenario della Data Economy, l'HPC si pone come una tecnologia capace di impattare significativamente sulla capacità delle aziende di essere competitive, accelerare e migliorare la progettazione di prodotti innovativi. Secondo lo U.S. Council on

Figura 10 | Relazione tra investimenti in Ricerca e Sviluppo (R&S) e crescita del PIL in alcune economie mondiali, 2000 - 2018. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati IMF e OECD, 2020

⁴¹ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su Oxford Handbook on Innovation, 2020.

Competitiveness⁴² investire in tecnologia HPC è fondamentale per la sopravvivenza delle imprese che operano in un contesto economico sempre più competitivo e altamente tecnologico⁴³.

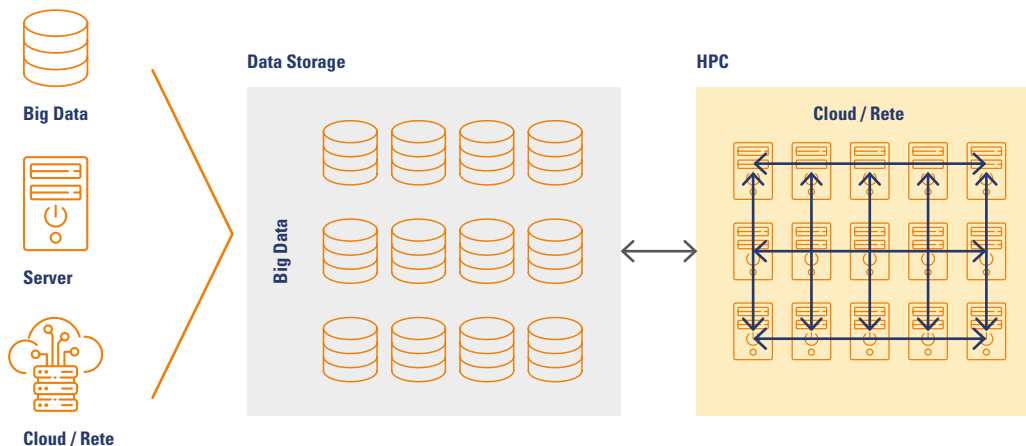
1.3

La composizione e le modalità di utilizzo di un sistema HPC

Figura 11 |

Rappresentazione delle componenti e dell'organizzazione di un sistema di HPC.
Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su fonti varie, 2020

Riprendendo i concetti della definizione iniziale, le tecnologie HPC sono basate su tre elementi principali: i server, sede della potenza computazionale; una rete di server che lavorano in parallelo al fine di accrescere in maniera significativa la potenza computazionale del sistema; infine, una gran quantità di dati da analizzare, l'elemento di input dei sistemi di analisi HPC. La combinazione di questi tre elementi crea il valore nell'utilizzo dei supercomputer. In questa sezione sono descritte le compo-



⁴² Il Council on Competitiveness è un ente che si occupa di stimolare e favorire la crescita della produttività e della competitività delle imprese americane. Riconoscendo che il contesto attuale è altamente competitivo, di accelerazione tecnologica e cambiamento dei modelli di business, il Council si propone di unire una platea diversificata (CEO, Presidenti delle università, Labor Leaders, ecc...) al fine di costruire politiche visionarie e aiutare la crescita economica della nazione. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito Council on Competitiveness, 2020.

⁴³ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su report Making Impact, Council on Competitiveness, 2020.

nenti dei sistemi HPC con l'intenzione di fornire una concettualizzazione del funzionamento della tecnologia.

Nel contesto odierno della cosiddetta Data Economy, la risorsa dato che assume il ruolo di fattore produttivo al pari di lavoro e capitale⁴⁴. La capacità di un'azienda di gestire ed elaborare dati rende possibile utilizzare soluzioni di Data Analytics⁴⁵. Con il crescere della quantità dei dati a disposizione aumenta la necessità di utilizzare soluzioni tecnologiche sempre più complesse e con maggior capacità elaborativa. Con il termine Big Data si fa riferimento a grandi quantità di dati, solitamente nell'ordine dei Terabyte⁴⁶. L'importanza di questo grande ammontare di dati è legata al fatto che da essi è possibile estrarre e derivare informazioni estremamente rilevanti per i processi di business e per indirizzare le scelte dei decisori aziendali. Da questo potenziale è scaturita l'esigenza di sviluppare degli strumenti tecnologici capaci di elaborare dati strutturati e non strutturati⁴⁷.

Come visto nella prima parte di questo capitolo la storia dei supercomputer è andata di pari passo con il crescere della quantità di dati disponibili e con l'esigenza di affrontare problemi sempre più complessi.

44 "The world's most valuable resource is no longer oil, but data" è il celebre titolo dato ad una delle pubblicazioni di Forbes nel 2017. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su Forbes, 2020.

45 Ad oggi esistono tre diversi tipi di Data Analytics: descriptive, predictive e prescriptive. L'analisi descrittiva (descriptive) consiste nello studio di grosse quantità di dati storici che vengono rielaborati al fine di produrre un trend statistico degli andamenti passati – questo tipo di analisi viene utilizzato per capire l'andamento delle performance passate. Il secondo gradino di analisi consiste nell'analisi predittiva (predictive). Questo modello di analisi utilizza una combinazione di statistica, modelli computazionali e Machine Learning per generare delle previsioni probabilistiche. I forecast vengono utilizzati dai decision maker aziendali al fine di creare dei piani d'azione con rischio misurato e definito dall'analisi. Infine, l'analisi prescrittiva (prescriptive) mira a studiare i dati passati, combinandoli con accurati strumenti di analisi e modelli predittivi, utilizzando Machine Learning e Artificial Intelligence, al fine di creare un albero decisionale in cui ciascuna ramificazione ha una serie di "What-if". Questo ultimo modello di analisi aiuta i decision maker a prendere decisioni ponderate sulla base del verificarsi di una serie di fenomeni. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su fonti varie, 2020.

46 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su definizione Big-Data4Innovation, 2020.

47 Si definiscono "dati strutturati" i dati conservati in database e organizzati secondo schemi e tabelle rigide. Al contrario sono definiti "dati non strutturati" i dati conservati senza alcuno schema. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su definizione BUCAP, 2020.

Un supercomputer si compone di varie parti hardware tra cui: CPU, l'unità dedita al calcolo, e la GPU, l'unità che si occupa della modellazione. Queste due componenti non sono le uniche che formano un supercomputer ma certamente sono tra le più importanti e distintive. Un sistema di HPC è però formato dall'unione di svariati supercomputer – ossia i “nodes”, i nodi dell'architettura complessiva – per formare un cluster di potenza computazionale.

La creazione di un tale cluster può essere realizzata secondo due modalità: in rete, tramite l'utilizzo di una connessione fisica “via cavo”, oppure in Cloud, facendo appunto ricorso ad una connessione virtuale da remoto. Nello specifico il primo caso è applicabile quando i vari supercomputer si trovano nella stessa sala (o nello stesso edificio) – essi vengono quindi collegati a formare un unico sistema fisico. Al contrario quando i sistemi hardware si trovano in più edifici (o addirittura in diverse aree geografiche) è necessario ricorrere alla rete internet al fine di costruire un network in Cloud che abiliti lo scambio di informazioni e la collaborazione tra i supercomputer. In entrambi i casi la connessione e la cooperazione tra i sistemi abilita la creazione di un cluster HPC dalla potenza computazionale molto superiore rispetto alla somma algebrica delle singole potenze di calcolo dei componenti della rete⁴⁸.

È inoltre importante ricordare che al fine di ottenere un sistema HPC performante (e funzionante) non basta connettere più computer insieme, è altresì necessario creare dei codici di programmazione – dei programmi software e degli algoritmi – specifici. Tali stringhe di codice devono infatti abilitare i supercomputer a lavorare insieme: dalla suddivisione dell'input di base alla condivisione delle informazioni, fino alla riagggregazione dei risultati delle analisi in un output finale⁴⁹.

In questa sezione si è ripreso un concetto già emerso precedentemente: la possibilità di strutturare i sistemi HPC su vari livelli tramite diverse possibilità di acquisto e utilizzo.

- Nel primo caso, in cui l'utilizzatore decide di acquistare la soluzione HPC e di installarla all'interno del contesto aziendale si parlerà di “soluzione on premise”. In questo

48 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su fonti varie, 2020.

49 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Commissione Europea, 2020.

caso all'acquisto del sistema hardware seguirà la creazione di un programma software dedicato secondo le esigenze dell'azienda committente;

- Nel secondo caso, un'azienda decide di avere accesso alla potenza computazionale tramite una rete Cloud – la connessione tra i sistemi e l'accesso ai sistemi di calcolo sono garantiti dalla connessione internet. In questa scelta organizzativa si ha la possibilità di avere accesso a potenza computazionale secondo una logica “on demand”, risparmiando i costi relativi all'hardware, all'aggiornamento e al mantenimento del sistema. Inoltre, data l'ampia capacità di misurare con precisione l'effettivo utilizzo dei sistemi Cloud, l'azienda andrà a sostenere un costo in base all'impiego dei sistemi di calcolo – secondo una logica “Pay-per-Use”;
- Infine, vi è un'ultima opzione che combina le due precedenti. In questo caso solitamente un'azienda si dota di un sistema HPC “in-house” dalla potenza computazionale limitata a cui viene associata la possibilità di lavorare / collaborare in Cloud con altri HPC in modo da cumulare potenza di calcolo e potenzialità di analisi⁵⁰.

Esistono dei limiti e dei punti di attenzione connessi all'implementazione e al funzionamento dei sistemi HPC che variano a seconda del modello di implementazione scelto. Nel caso in cui un'azienda decida di implementare una soluzione HPC on premise, quindi installando fisicamente una macchina in azienda, si dovrà tenere conto dell'investimento iniziale per l'acquisto e l'installazione, dei costi di gestione e di manutenzione / aggiornamento. Inoltre, sarà importante considerare che la potenza computazionale sarà limitata al valore installato – salvo aggiornamenti e introduzioni di moduli di calcolo aggiuntivi. Al contrario scegliendo di implementare / adottare una soluzione HPC basata su una rete Cloud sarà possibile evitare di sopportare i costi di investimento iniziali, azzerando inoltre la necessità di effettuare manutenzioni successive.

In entrambi i casi un nodo fondamentale è relativo alle competenze in capo alle risorse umane dell'azienda / del centro di ricerca⁵¹. I sistemi HPC si caratterizzano quali sistemi informatici alta-

50 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su articolo HPCWire e AceCloudHosting.com, 2020.

51 Si rimanda all'ultimo capitolo del presente Rapporto per approfondire questo aspetto.

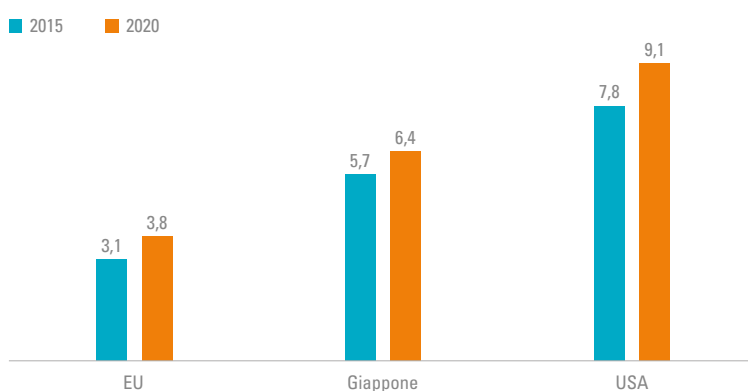
mente complessi e perciò richiedono la presenza di soggetti specializzati con competenze verticali, in grado di lavorare con tale tecnologia – la sfida non è trovare il migliore programmatore e/o ingegnere capace di lavorare con un linguaggio esistente, è necessario individuare un soggetto capace di scrivere codici ex-novo⁵².

Con riferimento all'Unione Europea già oggi le competenze verticali (specialistiche nel campo della Data Economy) e orizzontali (generiche nell'ICT) risultano essere più limitate rispetto ad altri contesti. Infatti, secondo i dati della Commissione Europea, il numero assoluto di Data Professional è cresciuto meno rispetto a quanto registrato in altri Paesi: la crescita in punti percentuali della quota di Data Professional sul totale degli occupati negli ultimi 5 anni è stata pari a +0,7 p.p. in UE vs +1,3 p.p. in USA. Nel 2020 in UE sono presenti il 56,6% dei Data Professional presenti negli USA – ossia in valore assoluto 8,2 milioni vs 14,6 milioni. Inoltre, anche considerando la quota di Data Professional sul totale degli occupati si osserva un differenziale di -5,3 p.p. in sfavore dell'UE rispetto a quanto registrato in USA (2020): 9,1% in USA vs 3,8% in UE⁵³.

Figura 12 |

Quota di Data Professional su totale degli occupati (valore percentuale), 2015 e 2020.

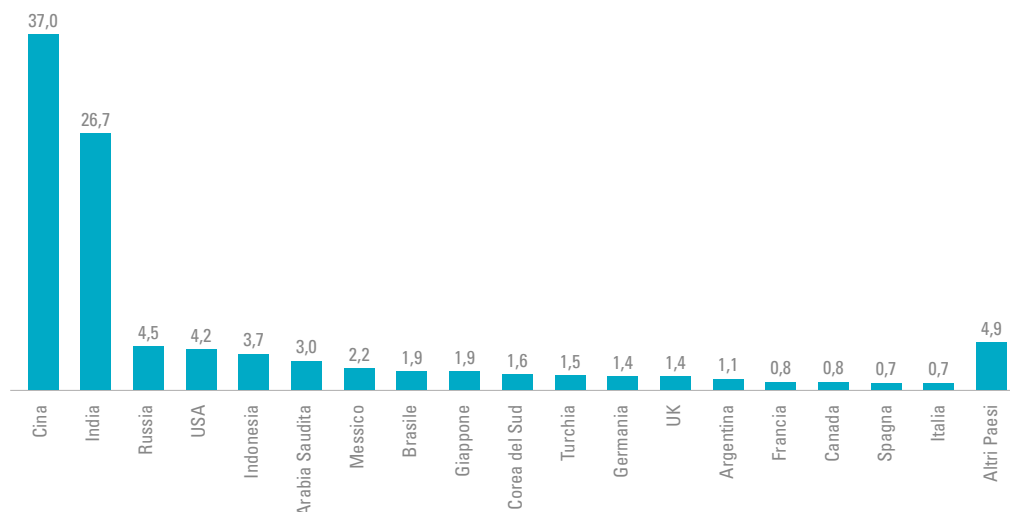
Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Commissione Europea, 2020



Anche a livello di competenze orizzontali ICT l'Europa risulta essere in una posizione critica rispetto ad altri Paesi. In particolare, secondo le stime dell'OECD, al 2030 circa il 60% del

⁵² Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su informazioni raccolte nel corso delle interviste, 2020.

⁵³ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Commissione Europea, 2020.



totale dei laureati STEM (Science, Technology, Engineering e Mathematics) sarà originata da Cina ed India. Al contrario, i Paesi europei sono previsti posizionarsi nella seconda metà della classifica: al dodicesimo posto si trova la Germania, primo Paese UE, che genererà soltanto l'1,4% del totale dei laureati STEM al 2030⁵⁴.

Emerge quindi l'importanza di affrontare il nodo delle competenze, sia orizzontali nel campo dell'ICT che verticali in ambiti specialistici, al fine di preparare il vecchio Continente ad affrontare le sfide future di un'economia sempre più digitale e connessa. In questo senso, durante la preparazione di questo Rapporto, The European House – Ambrosetti ha raccolto le opinioni di alcuni Stakeholder chiave sulla situazione italiana. Gli attori intervistati hanno evidenziato come il problema delle competenze, in particolare legate alla capacità di gestire e lavorare con sistemi HPC, abbia delle radici storiche nel nostro Paese. Infatti, il sistema della formazione italiano non si è mai dotato delle infrastrutture necessarie per svolgere esperimenti e per sviluppare una formazione pratica. Questo ha portato gli studenti italiani a specializzarsi nelle scienze teoriche, tralasciando così la componente più applicativa e sperimentale degli studi. Nel contesto attuale questa situazione risulta ostacolare le aziende nell'indi-

Figura 13 | Provenienza dei laureati STEM per Paese, valore percentuale, previsioni al 2030.

Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati OECD (2015), 2020

⁵⁴ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati OECD (2015), 2020.

viduazione di soggetti preparati a lavorare in un ambiente dinamico e innovativo come quello dell'HPC⁵⁵.

1.4

Le applicazioni delle soluzioni di HPC in alcuni settori chiave

Le applicazioni delle tecnologie HPC sono tecnicamente infinite, ad oggi se ne contano oltre le 800 tra ambiti industriali, accademici e della ricerca⁵⁶. The European House – Ambrosetti ha voluto enfatizzare in questo paragrafo alcuni dei campi applicativi⁵⁷ che saranno successivamente approfonditi con esempi pratici nel quarto capitolo del presente Rapporto.

Figura 14 |

Sei campi applicativi della tecnologia HPC.

Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti, 2020

I campi che sono approfonditi di seguito sono 6: Covid-19, Scienze della Vita, Automotive, Sicurezza informatica, Meteorologia e Sismografia.



Covid-19



Scienze della Vita



Automotive



**Sicurezza
informatica**



Meteorologia



Sismografia

⁵⁵ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su interviste, 2020.

⁵⁶ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Commissione Europea, 2020.

⁵⁷ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su report IDC (2014), 2020.

“Per gli astrofisici, l’HPC è come un telescopio che permette loro di simulare ed esplorare le origini dell’universo. Nelle Scienze della Vita (sviluppo di farmaci, chimica) e nella scienza dei materiali, l’HPC è un microscopio virtuale: le simulazioni rivelano cosa succede a livello molecolare, quando due sostanze chimiche formano un composto, o scoprono il meccanismo d’azione alla base di un bersaglio farmacologico (Target Drug). Per i fisici, l’HPC è un sostituto di un reattore o di un acceleratore di particelle, che aiuta a studiare la fusione nucleare, le stelle morenti o la fisica dei componenti più piccoli del nostro universo. Nello studio del clima e della Terra, l’HPC è una vera e propria macchina del tempo che simula il clima e gli eventi naturali del passato per prevedere il futuro”, PRACE⁵⁸ (2018)⁵⁹.

Durante l’emergenza Covid-19 i sistemi HPC sono stati usati per diversi scopi: in primis per individuare la struttura e la composizione del virus Covid-19 e in secondo luogo per valutare le molecole farmaceutiche più efficaci nell’arrestare il virus. Le tecnologie HPC hanno permesso agli scienziati di individuare la composizione del virus in circa 14 giorni. Grazie all’impiego della tecnologia di modellazione e della potenza computazionale offerta dai sistemi HPC è stato possibile ridurre significativamente i tempi di ricerca e di analisi genomica del virus. Questo processo ha permesso di individuare la struttura del virus, creandone un modello digitale, e ha posto le basi per individuare i punti deboli del virus. Inoltre, sfruttando la grande potenza di calcolo dei sistemi HPC, gli scienziati hanno potuto analizzare un database di oltre 5 miliardi di molecole ad un ritmo di 3 milioni di molecole al secondo per individuare i composti più promettenti da testare per combattere il virus. Infine, le tecnologie HPC sono state utilizzate anche per testare virtualmente alcuni farmaci esistenti e verificare la possibilità di utilizzarli per aiutare i pazienti affetti dall’infezione virale⁶⁰.

Nel campo delle Scienze della Vita i modelli digitali abilitati dall’HPC permettono di migliorare le fasi di diagnosi e di monitoraggio delle patologie con benefici per il sistema sanitario (riduzione costi) e per il paziente (migliore diagnosi). Inoltre, i

58 PRACE è la Partnership for Advanced Computing in Europe e sarà approfondita nel capitolo successivo. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su PRACE.eu, 2020

59 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su report Calcolo ad elevate prestazioni, PRACE (2018), 2020.

60 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su fonti varie, 2020.

sistemi HPC sono usati per sviluppare nuovi farmaci e nel processo di mappatura del genoma umano. Un esempio di utilizzo dell'HPC nel campo della salute umana è rappresentato dai ricercatori dello US Center for Disease Control (CDC) che hanno utilizzato la potenza computazionale dei sistemi HPC per implementare un modello di studio del virus che causa l'epatite C – una malattia a cui sono associati danni al fegato. Prima dell'introduzione delle tecnologie HPC i ricercatori erano soliti basare le ricerche su sistemi di calcolo poco potenti che non erano capaci di elaborare la complessa struttura di amminoacidi del virus. Con l'introduzione di un HPC i ricercatori sono riusciti a definire con precisione la struttura molecolare del virus – la nuova potenza di calcolo ha aumentato la velocità della ricerca di oltre 175 volte. Questa scoperta ha il potenziale di aiutare un enorme numero di pazienti⁶¹ con un risparmio per il sistema sanitario (americano) pari a circa 9 miliardi di Dollari all'anno⁶².

Nel settore dell'automotive i supercomputer sono utilizzati per sviluppare nuovi modelli di vetture / componenti (ad esempio motori). Ricorrendo alla virtualizzazione delle fasi di progettazione gli ingegneri hanno la possibilità di accelerare i tempi di sviluppo e testare rapidamente soluzioni innovative – in particolare nel mondo della Formula 1 viene fatto ampio ricorso alla realizzazione di modelli virtuali delle vetture al fine di condurre test ed efficientare le componenti. Nel mondo della produzione delle vetture stradali si ricorre alla realizzazione di modelli virtuali per testare la sicurezza e per sviluppare / introdurre componenti altamente innovative. L'impiego delle soluzioni HPC permette ai produttori di ridurre del 60% i tempi per la realizzazione di un nuovo veicolo, passando da circa 60 mesi a 24 mesi – connessa a questa riduzione dei tempi vi sono enormi risparmi in termini di costi. Al tempo stesso le tecnologie HPC sono utilizzate in ambito industriale per efficientare la catena di produzione e per organizzare la supply chain – in entrambe le casistiche si ricorre alla realizzazione di “Digital Twin” ossia dei modelli virtuali del processo da realizzare. Le tecnologie HPC permettono poi di verificare il funzionamento in base alla variazione dei parametri, garantendo così la realizzazione del processo più efficiente ed efficace⁶³.

61 Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) sono oltre 150 milioni le persone al mondo che soffrono in maniera cronica di epatite C. Inoltre, ogni anno si assiste a 3 / 4 milioni di nuovi casi. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati WHO, 2020.

62 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su HPCUserForum, 2020.

63 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Commissione Europea e HPCWire, 2020.

Nel mondo della sicurezza informatica i sistemi HPC giocano un ruolo chiave. Infatti, oggi non sarebbe possibile individuare le “falle” nei sistemi informatici senza l’ausilio dei supercomputer. Con l’aumento della disponibilità dei dati e il sempre maggior ricorso a soluzioni di immagazzinaggio esterne al perimetro aziendale gli attacchi informatici sono aumentati in maniera esponenziale – gli hacker sono diventati sempre più creativi nel riuscire ad aggirare le soluzioni di sicurezza informatica standard. Per questa ragione diventa fondamentale per gli attori che gestiscono grandi quantità di dati – in particolar modo se si tratta di dati sensibili – dotarsi di un sistema di HPC al fine di monitorare continuamente il perimetro di sicurezza informatica, analizzando un’elevata quantità di dati e verificando continuamente la consistenza degli stessi e la presenza di segnali rilevatori di potenziali “breach” della sicurezza; nonché di sviluppare azioni di controffensiva in maniera rapida e dinamica ai primi segnali di intrusione⁶⁴.

Nel campo della meteorologia i sistemi HPC sono utilizzati per sviluppare delle previsioni con un tasso di errore inferiore al 2%. In questo campo, data l’enorme mole di informazioni e la complessità dei modelli di simulazione, non sarebbe possibile ottenere un risultato attendibile senza l’utilizzo degli HPC. Utilizzando i modelli realizzati tramite sistemi HPC è infatti possibile migliorare la predizione di eventi climatici estremi, individuare le cause e stimare i possibili impatti. Con riferimento agli eventi climatici estremi è possibile utilizzare la tecnologia HPC per prevedere il percorso degli uragani con giorni di anticipo così da permettere alle autorità competenti di attuare le adeguate misure – ad esempio evacuazione della popolazione⁶⁵.

Anche nel campo della sismologia le tecnologie HPC stanno favorendo un enorme passo in avanti dell’analisi dei dati e nella modellazione di scenari futuri. Negli ultimi anni gli esperti del settore stanno cercando di ampliare la quantità dei dati raccolti durante il verificarsi di un terremoto. Gli attuali sistemi di raccolta dei dati hanno generato enormi database di input che non

64 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su “Intelligent Cyber Security Solutions through High Performance Computing and Data Sciences: An Integrated Approach”, Maitra et al., *Journal of Management and IT* (2019), 2020.

65 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su articolo “High Performance Computing for accurate weather forecast”, Commissione Europea (2018), 2020.

potrebbero essere utilizzati senza ricorrere alle capacità di calcolo dei sistemi HPC. Grazie alla capacità di modellazione degli HPC è oggi possibile creare dei modelli virtuali molto accurati – capaci di raccogliere / riprodurre fino a 100 milioni di tracce per km², permettendo quindi la realizzazione di modelli virtuali aderenti alla realtà. Grazie a questa tecnologia gli scienziati hanno la possibilità di individuare le zone di rischio – e in futuro si conta di realizzare modelli così accurati da prevedere / anticipare il verificarsi dei terremoti –, creando delle “seismic hazard map” da utilizzare per mettere in atto misure precauzionali⁶⁶.

66 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su articolo HPCWire, 2020.

02

**La situazione dell'Unione
Europea nel contesto mondiale
del supercalcolo: evoluzione
della capacità di calcolo
installata, politiche, strategie
e Player mondiali**

2.1

La situazione di partenza che ha spinto l'Unione Europea ad intraprendere programmi di investimento nell'HPC

Dal precedente capitolo si evince l'importanza delle tecnologie di HPC nel contesto economico internazionale – in particolare riferendosi alla Data Economy. I Paesi e gli attori economici / della ricerca maggiormente capaci ad elaborare ed estrarre informazioni dai dati acquisiranno un potere determinante nel contesto competitivo del ventunesimo secolo.

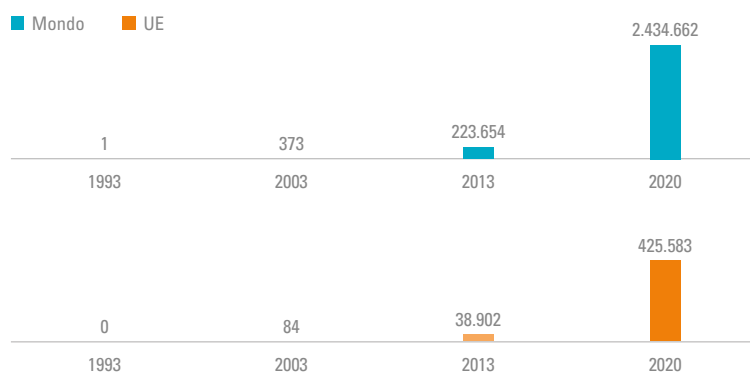
In primis si è scelto di analizzare come si è evoluta la potenza di calcolo disponibile a livello mondiale in 4 anni chiave: 1993 (prima rilevazione della Classifica Top-500), del 2003 (ossia a 10 anni dalla prima rilevazione), del 2013 (anno indicativo per il contesto europeo) e di novembre 2020 (ultima rilevazione disponibile). Nella figura successiva si nota di quanto sia cresciuta la potenza di calcolo nell'arco di un trentennio, raggiungendo nel 2020 i 2.434.662 TFlop/s a livello mondiale (10,9 volte la potenza di calcolo del 2013).

Nell'Unione Europea (UE) la potenza di calcolo disponibile a novembre 2020 è pari a 425.583 TFlop/s, corrispondenti al 17,5% della potenza di calcolo mondiale. Anche la potenza di calcolo UE è aumentata di 10,9 volte rispetto a quella disponibile nel 2013¹.

Figura 1 |

Evoluzione della
potenza di calcolo,
TFlop/s, Σ top-500 HPC
al mondo e focus UE,
1993 - 2020.

Fonte: elaborazione
The European House -
Ambrosetti
su dati Classifica
Top-500, 2020



¹ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati classifica Top-500, 2020.

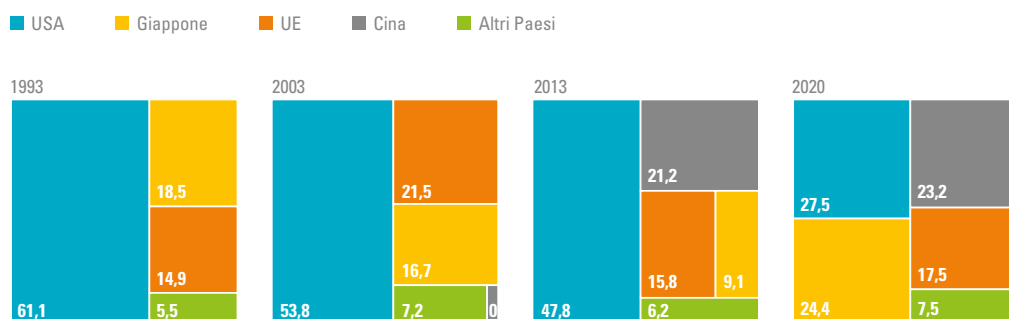
In questo primo sotto-capitolo si è scelto di analizzare la distribuzione della potenza di calcolo per Paese, ossia i TFlop/s a disposizione degli attori mondiali (USA, Cina, Giappone, Unione Europea e altri Paesi) e la distribuzione della potenza di calcolo e del numero di HPC in base al Paese di origine del produttore. Quest'ultima analisi, condotta sia a livello mondiale che europeo, intende far emergere il diverso posizionamento in termini di "indipendenza computazionale". Sia nel caso della potenza di calcolo che del numero di HPC si fa sempre riferimento ai dati della classifica Top-500, riconducibili ai 4 anni di analisi: 1993, 2003, 2013 e 2020.

Nei quattro anni di osservazione si registra un'evoluzione della distribuzione della potenza di calcolo nei Paesi osservati. In particolare, l'analisi si è concentrata su USA, UE, Cina e Giappone. Gli USA detengono fin dal 1993 la leadership per potenza di calcolo installata nel Paese sul totale mondiale, al tempo stesso si registra nel corso degli anni una riduzione di -33,6 p.p., ossia da una quota del 61,1% (1993) al 27,5% (2020). Attori come Giappone e UE hanno migliorato i livelli di potenza di calcolo installata, con incrementi rispetti di +5,9 p.p. e +2,6 p.p. (2020 vs 1993). Nello scenario mondiale si è andata via via affermando la Cina che, a partire dal 2003, ha iniziato a sviluppare una propria infrastruttura di calcolo nazionale, passando dallo 0,8% della potenza di calcolo mondiale (2003) al 23,2% (2020)².

Figura 2 |

Distribuzione della potenza di calcolo in diversi Paesi, valori percentuali, 1993 - 2020.

Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020



Incentrando l'analisi sulla distribuzione della potenza di calcolo in base al Paese di origine del produttore si registra che a livello mondiale la quota maggiore di potenza di calcolo è da sempre in mano ai produttori USA. Con il passare degli anni di

² Ibid.

Figura 3 |

Potenza di calcolo HPC per Paese del produttore, valori percentuali, 1993 - 2020.

Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati classifica Top-500, 2020

rilevazione si osserva un calo del dominio americano, come già osservato nella precedente analisi: la potenza di calcolo generata da produttori americani è passata dal 77,8% di quella mondiale del 1993 al 37,3% nel 2020, un calo di oltre -40 punti percentuali. Nel contesto mondiale la Cina ha raggiunto nel 2020 il 31,8% del totale mondiale. In questo quadro competitivo i produttori europei hanno altresì mostrato segnali di crescita – passando dallo 0,7% del totale mondiale (1993) al 6,9% (2020) – ma rimanendo comunque in disparte rispetto a USA, Cina e Giappone (terzo player mondiale per quota di potenza di calcolo generata da produttori giapponesi)³.

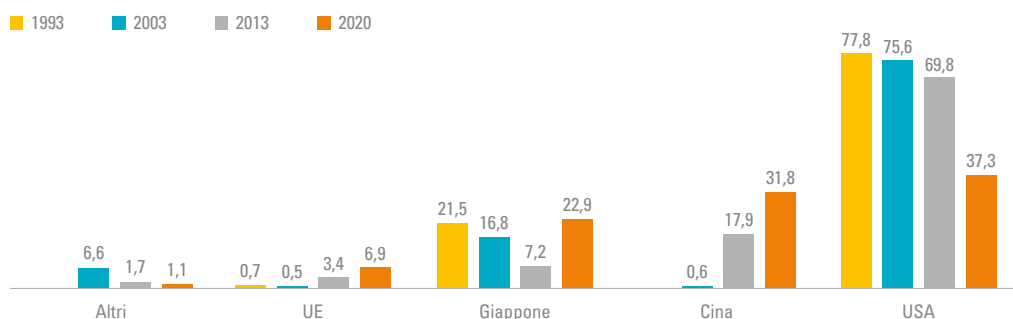
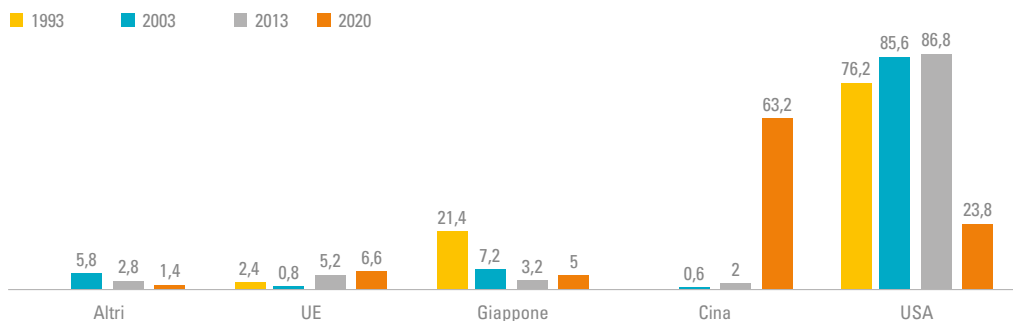


Figura 4 |

Numero di HPC Top-500 per Paese del produttore, valori percentuali, 1993 - 2020. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati classifica Top-500, 2020

A livello di distribuzione del numero di HPC, censiti nella classifica Top-500, i produttori cinesi hanno una quota pari al 63,2% nel 2020. Anche in questo caso i produttori americani hanno perso, tra il 2013 e il 2020, una larga fetta di numero di HPC nel contesto mondiale, passando dall'86,8% al 23,8% (-63,0 p.p.). Si registra un miglioramento del posizionamento dei produttori europei, passati nel lungo periodo da una quota del 2,4% (1993) al 6,6% (2020), con un guadagno di +4,2 p.p.⁴.



³ Ibid.

⁴ Ibid.

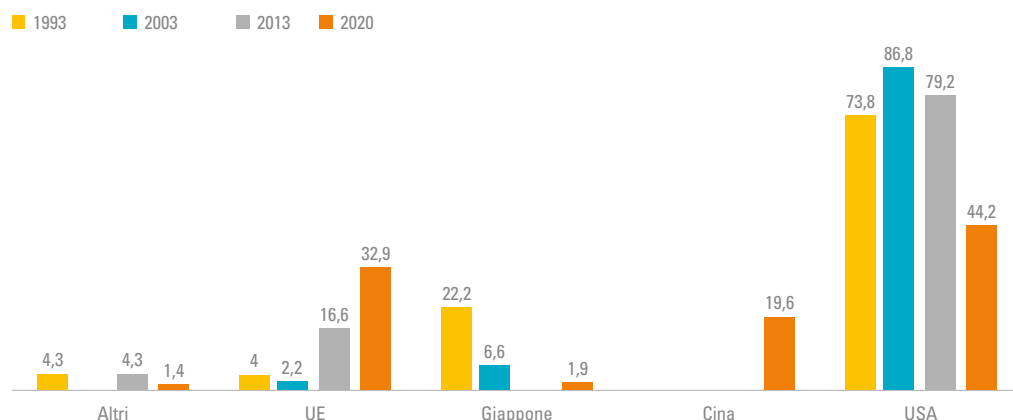
A questo punto si è scelto di indagare il posizionamento dei produttori nel contesto europeo.

In UE i produttori americani conservano la quota maggiore di potenza di calcolo, pari al 44,2% del totale installato. Come osservato a livello mondiale, anche in questo caso i produttori USA hanno visto decrescere la propria quota di potenza installata nel corso degli anni, in seguito alla crescente presenza di produttori europei e cinesi.

I produttori europei risultano, al 2020, i secondi per quota di potenza di calcolo con il 32,9% del totale installato, in crescita di +16,3 p.p. rispetto al 2013. È interessante rilevare la scarsa presenza dei produttori giapponesi che generano soltanto l'1,9% della potenza di calcolo europea. Un altro fattore interessante è la crescente presenza di attori cinesi, che nel 2020 fanno registrare il 19,6% della quota di potenza di calcolo⁵.

Figura 5 |

Potenza di calcolo HPC per Paese del produttore, valori percentuali sul totale degli HPC UE inseriti nella classifica Top-500, 1993 - 2020. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati classifica Top-500, 2020



Nel contesto UE i produttori cinesi detengono il 37,8% della quota di HPC installati (2020). Seguono poi produttori americani ed europei con una quota rispettiva del 28,7% e del 27,7%. Se la presenza di produttori cinesi sta aumentando quella dei produttori americani sta diminuendo nel periodo 2013 – 2020, secondo la medesima dinamica osservata a livello mondiale. In questo ambito i produttori europei continuano ad accrescere la propria quota di HPC in UE, facendo registrare una crescita di +5,4 p.p. (2020 vs 2013)⁶.

⁵ Ibid.

⁶ Ibid.

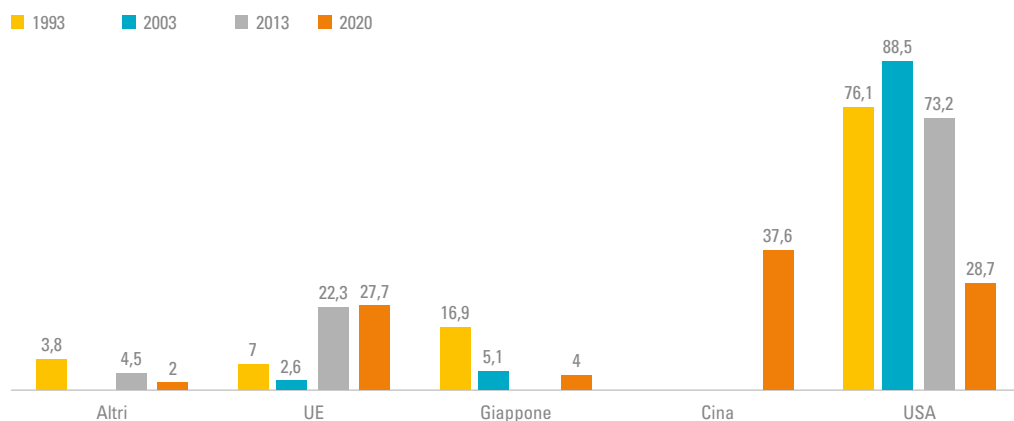


Figura 6 |

Numero di HPC per Paese del produttore, valori percentuali su totale degli HPC UE della classifica Top-500, 1993 - 2020. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati classifica Top-500, 2020

La crescita delle potenze orientali e il mantenimento della presenza degli Stati Uniti hanno obbligato la Commissione Europea a muoversi nella direzione di implementare nuove politiche a sostegno dello sviluppo delle tecnologie HPC e volte a favorirne la diffusione nel Continente. In particolare, come descritto successivamente, uno degli obiettivi della Commissione Europea è volto a favorire la creazione di una filiera industriale dell'HPC.

Soltanto in questo modo si sarebbe potuto evitare la perdita di importanza dell'ecosistema europeo nel mondo del supercalcolo e la creazione di vincoli di dipendenza da potenza di calcolo "straniera" al fine di progredire nelle scienze.

Il ruolo dell'HPC nella strategia dell'Unione Europea

2.2

Nel precedente paragrafo è stato evidenziato il posizionamento dell'Unione Europea, ed in particolare dei produttori europei nel campo dell'HPC, con riferimento alla potenza computazionale installata e al numero di HPC realizzati.

I produttori HPC, considerati precedentemente, rappresentano una parte della catena del valore HPC, è quindi necessario analizzare le altre componenti della catena del valore al fine di capire il reale posizionamento dell'Unione Europea.

- Gli attori alla base di ogni sistema HPC sono i produttori di chip e delle componenti hardware (definite critiche, ossia essenziali per il funzionamento di un supercomputer). Questo ambito industriale è dominato a livello mondiale da pochi produttori molto specializzati nella realizzazione delle componenti hardware (chip e altre componenti chiave). La presenza di questa categoria di attori in Europa è invece poco significativa.
- Gli aggregatori di sistema e gli storage e network specialist sono coloro che combinano le diverse componenti hardware per creare i sistemi HPC. Anche in questo caso la maggior parte degli aggregatori di sistema è localizzato in USA e in Asia, mentre in UE si conta un solo attore europeo con presenza globale significativa.
- Gli Independent Software Vendor (ISV) sono coloro che sviluppano le applicazioni software che permettono agli HPC di funzionare. Gli attori europei di questa categoria sono considerati leader mondiali per le competenze ma soffrono di una grande frammentazione e di una piccola dimensione, tali da ridurre la competitività su scala mondiale. Inoltre, gli ISV europei sono considerati leader in alcuni campi molto specialistici (niche market): per questo motivo gli attori UE risentono in maniera negativa della competizione dei più generalisti ISV americani e cinesi. Gli ISV europei adottano un modello di business che prevede la collaborazione con le istituzioni di ricerca, al fine di sviluppare nuovi software e applicazioni HPC.
- I centri HPC fanno parte degli utilizzatori dei sistemi

HPC e sono coloro che offrono accesso alle tecnologie di supercalcolo ad attori del mondo della ricerca e dell'industria. In UE la maggior parte dei centri opera in ambito accademico ed è finanziata con bandi pubblici, principalmente attraverso grant. I centri HPC ancora oggi utilizzano poco diffusamente il modello commerciale di business, a causa di regolamenti e leggi che ne ostacolano l'utilizzo.

- Gli intermediari svolgono un ruolo fondamentale nel connettere gli utenti dei servizi HPC e i centri HPC. In questo senso gli intermediari supportano le aziende nell'implementazione e nell'adozione di sistemi HPC, ad esempio fornendo servizi di consulenza finalizzati a sviluppare / definire uno specifico business case per l'azienda cliente. Il ruolo degli intermediari HPC è considerato di fondamentale importanza nell'abilitare l'utilizzo dell'HPC specialmente nelle PMI, connettendo aziende e centri HPC secondo una logica di "vicinanza territoriale" (geographic vicinity). Uno dei problemi di questa classe di attori è legato alla difficoltà nel trasferire le tecnologie HPC nel settore business e nelle PMI.
- Infine, i clienti di HPC sono la classe finale di utilizzatori. Ad oggi i benefici connessi all'utilizzo dell'HPC sono ancora poco noti e compresi ad imprese in settori non tecnologici e di piccola dimensione, che pur potrebbero beneficiare in misura maggiore dall'utilizzo delle tecnologie HPC⁷.

Figura 7 |

Catena del valore dell'industria HPC e stato di sviluppo (rosso: scarso sviluppo; giallo: criticità minori). fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati European Investment Bank, 2020



La situazione delle varie categorie di attori che compongono la catena del valore dell'HPC in Europa è ben diversificata: i segmenti a maggior criticità sono rappresentati dalla mancanza dei produttori delle componenti hardware (chip e componenti critiche) e degli aggregatori di sistema e dalle difficoltà riscontrate dagli intermediari nel trasferire le conoscenze e le applicazioni HPC agli attori industriali, in particolare le PMI.

⁷ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su European Investment Bank, 2020.

Nel prosieguo del sotto capitolo sono presentati alcuni dati che hanno spinto la Commissione Europea a sviluppare delle azioni al fine di migliorare la situazione competitiva degli attori UE della catena del valore HPC.

Nel contesto di una sempre più diffusa Digital Economy la Commissione Europea ha sviluppato una vera e propria strategia – la Digital Strategy – per favorire lo sviluppo del Continente in uno scenario in cui dati e capacità elaborativa rappresentano elementi di gran valore aggiunto. I piani dell’Unione Europea si muovono su quattro fronti:

- Tecnologie che funzionano per le persone | sviluppare, dispiegare e padroneggiare gli strumenti tecnologici necessari per migliorare la vita delle persone;
- Economia digitale giusta e competitiva | creare un mercato che lasci la possibilità di competere a tutte le aziende, a prescindere dalle dimensioni. Favorire la diffusione e l’impiego delle tecnologie digitali al fine di far aumentare la competitività delle imprese e del sistema economico nel suo insieme;
- Società digitale aperta, democratica e sostenibile | favorire la trasformazione digitale della società e sviluppare nuovi modi / modelli di interazione digitale dei cittadini. Utilizzare gli strumenti digitali per migliorare i meccanismi di funzionamento della società e ridurre gli impatti negativi sul pianeta;
- Europa quale player mondiale | sviluppare dei nuovi standard per le tecnologie emergenti e favorire la creazione di un ecosistema aperto in cui nuovi attori possano insediarsi e sviluppare il proprio business. Favorire la crescita e lo sviluppo delle capacità tecnologiche europee al fine di rendere il Continente leader a livello mondiale nel contesto economico digitale⁸.

Nello scenario della Digital Economy sopra delineato, l’Unione Europea ha individuato nei dati e nelle tecnologie di elaborazione / di calcolo gli elementi essenziali da padroneggiare al fine di acquisire una posizione di leadership. In questo contesto, la Commissione Europea segnala che un numero sempre maggiore di attori ha la necessità di utilizzare i dati nelle proprie attività di business e/o di ricerca. Questo incremento dell’impiego dei dati nei processi produttivi ha portato la domanda di potenza computazionale ad essere

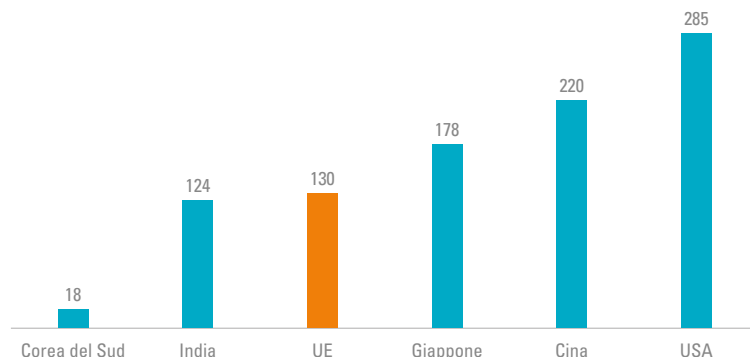
8 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su Shaping Europe’s Digital Future, The European Strategy, Commissione Europea, 2020.

almeno 8 volte superiore rispetto all'offerta disponibile in Europa. La mancata soddisfazione della domanda è dovuta ad una carenza di potenza computazionale interna all'Unione Europea, che obbliga gli utenti a ricorrere a fonti terze, esterne al contesto europeo, per far funzionare applicazioni e sistemi di elaborazione dei dati. Questa situazione è, secondo la Commissione Europea, particolarmente rischiosa in considerazione del fatto che nei Paesi terzi, fornitori della potenza computazionale, non esistono standard di sicurezza e di privacy al pari di quelli vigenti nell'Unione Europea – aumentano così i rischi per la privacy e la protezione dei dati. Inoltre, bisogna considerare che i risultati delle analisi svolte dai sistemi HPC contengono un'enorme quantità di informazioni ad alto valore aggiunto, ricorrere quindi ad attori terzi è visto dalla Commissione Europea come un rischio di perdita delle informazioni, di privacy e di gestione dei segreti industriali.

Proprio in questo senso la Commissione Europea segnala, nel 2018, un alto livello di dipendenza dalle tecnologie di Paesi extra-UE. In particolare, secondo i dati della Commissione Europea, l'Europa consuma il 20%-30% delle risorse di supercalcolo mondiali, ma fornisce poco più del 5% delle risorse complessivamente disponibili a livello mondiale⁹.

Infine, un ulteriore punto di attenzione sollevato dalla Commissione Europea riguarda l'ammontare dei finanziamenti destinati allo sviluppo delle tecnologie di HPC. In questo senso emerge un divario di finanziamento rispetto a Stati Uniti e Cina – l'UE ha stanziato, in media, 155 milioni di Euro in meno rispetto agli USA e 90 milioni di Euro in meno rispetto alla Cina (2015-2020)¹⁰.

Figura 8 |
Programmi strategici di investimento in HPC (milioni di Euro, media annua), Framework 2015 - 2020.
Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Commissione Europea, 2020



⁹ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Commissione Europea e Classifica Top-500, 2020.

¹⁰ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su fonti varie, 2020.

Riconoscendo questo gap di finanziamento l'Unione Europea ha allocato per il periodo 2019-2020 ulteriori 600 milioni Euro all'anno con il programma EuroHPC Joint Undertaking – uno dei programmi descritti successivamente nel presente capitolo – ed ha proposto un finanziamento pari a 660 milioni di Euro all'anno per il periodo 2021-2033. Queste risorse sembrano ridurre il divario ma sono ancora insufficienti per colmarlo, infatti se si considerano gli USA (unico Paese ad aver già presentato il budget per il 2020) risultano allocati circa 950 milioni di Euro nel programma NSCI¹¹ – uno dei principali programmi per lo sviluppo dell'HPC in USA. In questo senso il gap di finanziamento tra USA e UE è passato da oltre il doppio a circa il 30%.

Per tutti questi motivi, l'Unione Europea ha ritenuto necessario avviare una serie di azioni e di politiche volte ad aumentare la capacità computazionale del Continente, a favorire una crescita / uno sviluppo di una catena del valore europea e a diffondere l'accesso alle tecnologie HPC all'interno dell'UE.

In questo senso la Commissione Europea ha sviluppato una strategia che si muove in tre direzioni¹²:

- Creare un'industria europea capace di sviluppare le componenti e le tecnologie – dando così vita a componenti “Made in EU”;
- Sviluppare una visione di lungo periodo con l'obiettivo di diffondere le tecnologie HPC all'interno del tessuto economico europeo;
- Rendere l'Europa autonoma dal punto di vista della potenza di calcolo installata – così da aumentare la sicurezza, la privacy e la gestione delle informazioni generate dai sistemi HPC.

Circa il primo punto del precedente elenco, a fine 2018 è stata lanciata l'European Processor Initiative. Un programma volto a sviluppare un'industria europea dei microprocessori, un campo in cui oggi l'Europa dipende da produttori americani e cinesi. La Commissione Europea si è infatti resa conto della completa dipendenza degli attori europei da fornitori extra-EU. Per questa ragione è stato ritenuto opportuno avviare un'azione che produ-

11 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su “A Budget for a better America”, The White House, 2020.

12 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su European Processor Initiative, PRACE e EuroHPC JU, 2020.

ca come output la creazione e l'avvio di una nuova industria di (micro)processori in Europa¹³.

Al tempo stesso la Commissione Europea ha voluto istituire una partnership volta a favorire gli avanzamenti scientifici e applicativi delle tecnologie di HPC. In questo senso, nel 2017 è stata avviata la Partnership for Advanced Computing in Europe (PRACE), composta da una serie di programmi condotti da una rete di oltre 25 Stati europei, attori del mondo dell'accademia e player industriali¹⁴.

Infine, EuroHPC Joint Undertaking è un'iniziativa avviata a livello comunitario nel 2018. EuroHPC JU coinvolge oltre 32 Paesi europei e 2 partner privati (ETP4HPC¹⁵ e BDVA¹⁶). Questa alleanza si muove su 3 principali obiettivi di fondo: favorire la combinazione e la corretta gestione delle risorse finanziarie europee per lo sviluppo dell'HPC, raggiungere la nuova frontiera dell'Exascale e rendere autonoma l'Europa dal punto di vista della potenza computazionale installata¹⁷.

13 Nel prosieguo del presente capitolo le 3 iniziative saranno ulteriormente descritte e approfondite.

14 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su PRACE, 2020.

15 European Technology Platform for High Performance Computing è un'associazione privata, guidata dall'industria e senza scopo di lucro. Il compito principale di ETP4HPC è quello di proporre le priorità di ricerca e i contenuti del programma nel campo della tecnologia HPC e del suo utilizzo, pubblicando un'Agenda Strategica di Ricerca (SRA). Nel contesto di EuroHPC JU, ETP4HPC fornisce meccanismi e risorse per sviluppare sistemi HPC europei competitivi a livello globale, tecnologia e competenze applicative. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito ETP4HPC, 2020.

16 Big Data Value Association è un'organizzazione internazionale senza scopo di lucro guidata dall'industria, con più di 200 membri in tutta Europa e una composizione equilibrata di grandi, piccole e medie industrie, nonché di organizzazioni di ricerca e di utilizzatori. La missione della BDVA è quella di sviluppare l'Innovation Ecosystem che permetterà la trasformazione digitale dei dati e dell'intelligenza artificiale in Europa, offrendo il massimo beneficio economico e sociale, e di raggiungere e sostenere la leadership europea nella creazione di Big Data Value e nell'Intelligenza Artificiale. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito BDVA, 2020.

17 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su EuroHPC JU, 2020.

Programma	Missione	Budget
	Sviluppare le componenti hardware dei sistemi HPC all'interno della Comunità Europea	€ 160 milioni
	Favorire la diffusione della ricerca e lo sviluppo di soluzioni ad alto impatto scientifico che possano aumentare la competitività dell'Europa, generando benefici per la società	€ 132 milioni
	Rendere l'Europa autonoma dal punto di vista della potenza computazionale installata e sviluppare la prossima generazione di supercomputer Exascale	€ 1,2 miliardi

Nel quadro strategico sopra-delineato si capisce l'importanza che viene associata alle tecnologie HPC. In particolare, secondo quanto riportato dalla Commissione Europea, l'HPC è ritenuto uno dei settori digitali chiave in cui l'investimento dell'Unione Europea è destinato ad aumentare significativamente nel prossimo quadro finanziario pluriennale (2021-2027, MFF: Single Market, Science and Innovation).

L'importanza del supercalcolo si è accentuata anche nel corso della recente pandemia Covid-19, tanto che la Commissione Europea è arrivata ad asserire che l'HPC giocherà un ruolo chiave nel percorso di ripresa dell'Europa – le tecnologie HPC sono state indicate come una delle priorità strategica di investimento nel piano “Next Generation EU”¹⁸. Lo sviluppo delle tecnologie di supercalcolo – in combinazione con gli avanzamenti nel campo dell'Intelligenza Artificiale, nell'analisi dei Big Data, nell'impiego di soluzioni di Cloud Computing e nello sviluppo di nuovi standard di sicurezza informatica – permetterà all'Unione Europea di sviluppare un efficace piano per la ripresa economica post-pandemia¹⁹.

Figura 9 |

Scheda riassuntiva dei 3 principali programmi europei volti a favorire la diffusione delle tecnologie HPC.

Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su siti European Processor Initiative, PRACE e EuroHPC JU, 2020

18 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su The Pillars of Next Generation EU, Commissione Europea, 2020.

19 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su State of the Union 2020, Commissione Europea, 2020.

“Insieme ai dati e alla connettività, il supercalcolo è in prima linea nel determinare la nostra sovranità digitale, e comprende sfide industriali, tecnologiche e scientifiche. Tenere il passo nella corsa tecnologica internazionale è una priorità e l’Europa ha sia il know-how che la volontà politica di svolgere un ruolo di primo piano. Il nostro obiettivo è quello di raggiungere rapidamente il prossimo standard di calcolo con i computer Exascale – ma anche e soprattutto di integrare già gli acceleratori quantistici per sviluppare macchine ibride e posizionare l’Europa molto presto su questa tecnologia dirompente”, Thierry Breton, Commissario per il Mercato Interno²⁰.

“Il calcolo ad alte prestazioni è una capacità digitale essenziale per l’Europa. Come abbiamo visto nella lotta contro la pandemia del Coronavirus, i supercomputer stanno già assistendo nella ricerca di terapie, riconoscendo e prevedendo la diffusione dell’infezione o sostenendo il processo decisionale sulle misure di contenimento. I dati, in combinazione con l’Intelligenza Artificiale e i supercomputer, sono anche una risorsa importante nel rilevare i modelli degli ecosistemi, aiutandoci a mitigare i cambiamenti climatici e a lavorare su soluzioni per evitare disastri e combattere il cambiamento climatico. La nostra proposta di oggi promuoverà un aumento degli investimenti nelle infrastrutture di supercomputing, in considerazione del loro enorme potenziale per migliorare la qualità della vita, aumentare la competitività industriale e far progredire la scienza”, Margrethe Vestager, Executive Vice-President for A Europe Fit for the Digital Age²¹.

20 “Together with data and connectivity, supercomputing is at the forefront of our digital sovereignty, encompassing industrial, technological and scientific challenges. Keeping up in the international technological race is a priority, and Europe has both the know-how and the political will to play a leading role. Our objective is to rapidly reach the next standard of computing with Exascale computers – but also and foremost to already integrate quantum accelerators to develop hybrid machines and position Europe very early on this disruptive technology.”

21 “High-performance computing is an essential digital capacity for Europe. As we have seen in the fight against the coronavirus pandemic, supercomputers are already assisting in the search of therapies, recognizing and forecasting the infection spread, or supporting decision-making on containment measures. Data, in combination with artificial intelligence and supercomputers, are also a major asset in detecting patterns of ecosystems, helping us to mitigate changes in climate, and to work on solutions to avoid disasters and fight climate change. Our proposal today will foster increased investment in supercomputing infrastructure, in view of its enormous potential to improve quality of life, boost industrial competitiveness, and advance science.”

2.2.1 European Processor Initiative

L'European Processor Initiative (EPI) è un progetto avviato nell'ambito della prima fase dell'accordo quadro di partenariato firmato da un Consorzio di partner con la Commissione Europea (FPA: 800928). Ad oggi il Consorzio conta 27 partner²² provenienti da 10 Paesi europei.

L'obiettivo di questa iniziativa è di progettare e realizzare una roadmap per una nuova famiglia di processori europei a bassa potenza (low-power) per il calcolo su scala estrema (Extreme Scale Computing), Big-Data ad alte prestazioni e una serie di applicazioni emergenti²³.

Questa iniziativa è stata concepita nel 2017, ma soltanto nel 2018 il Consorzio e il progetto hanno iniziato effettivamente ad essere operativi – in particolare si fa riferimento alla firma dell'accordo di sovvenzione specifico dell'iniziativa (EPI-SGA1: 826647). Il Consorzio ha dato il via al progetto nel dicembre 2018²⁴.

Gli obiettivi dell'European Processor Initiative sono:

- Sviluppare una roadmap che copra l'intero percorso e le linee di sviluppo desiderate nel contesto dell'EPI;
- Sviluppare una prima generazione di tecnologie secondo una logica di co-design;
- Lanciare sul mercato una prima generazione di processori (chip) combinando le Proprietà Intellettuali generate dai diversi membri del Consorzio;
- Validare il funzionamento e lo sviluppo potenziale dei chip nel contesto dell'HPC.

22 I 27 partner sono: Atos, Barcellona Supercomputing Center, Infineon, Semidynamic, Cea, Chalmers, ETH Zurich, Forth – Institute of Computing Science, GENCI, Tecnico Lisboa, Julich Forschungszentrum, Università degli Studi di Bologna, Faculty of Electrical Engineering and Computing – University of Zagreb, Fraunhofer, ST life.augmented, E4 Computer Engineering, Università di Pisa, SurfSara, Kalray, Extoll, CINECA, BMW Group, Elektrobit, Prove&Run, Karlsruher Institut für Technologie, Menta e Sipearl. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati EPI.eu, 2020.

23 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito EPI, 2020.

24 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito Commissione Europea e EPI, 2020.

Il Consorzio mira a raggiungere questi obiettivi utilizzando in maniera intensiva software di simulazione, capaci di aiutare nello sviluppo di un completo stack tecnologico europeo.

Ad oggi è stata definita una roadmap dal 2021 – anno in cui si conta di completare la fase 1 del progetto (EPI Phase I), sviluppo del chip prototipo e creazione della piattaforma di testing – fino al 2024 – anno in cui il Consorzio conta di realizzare e lanciare sul mercato la terza generazione di processori europei, Gen3 GPP (General Purpose Processor) Family.

Questa linea di sviluppo prende in considerazione la necessità di diversificare il business del Consorzio al fine di garantirne la continuità nel tempo. In questo senso all'interno del percorso sono stati individuati almeno 4 stream progettuali: un primo dedicato alla costruzione / realizzazione di una piattaforma (Common Platform) e un'architettura complessiva della tecnologia; un secondo relativo alla creazione della General Purpose Technology (GPT²⁵) dei processori; un terzo il cui obiettivo è quello di accelerare lo sviluppo e l'avanzamento della tecnologia; infine, un quarto obiettivo è legato all'implementazione degli avanzamenti delle tecnologie HPC nel campo dell'automotive, con particolare riferimento al campo dei veicoli autonomi²⁶.

La realizzazione di tecnologie hardware e software “Made in EU” si muove di pari passo con la costruzione di “Gaia-X”²⁷, ossia un progetto nato nel 2019 e volto alla realizzazione di un'infrastruttura di dati federati a livello europeo. I due ambiti di azione potranno combinarsi insieme facendo sì che dati e tecnologie vengano originati internamente all'Unione Europea e che i risultati dell'utilizzo di essi vi restino durante l'intero ciclo di creazione del valore.

25 Le General Purpose Technology sono tecnologie ad ampio spettro di utilizzo che si promettono di generare impatti significativi sulla società e sull'economia. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su definizione IGI Global e MIT Press, 2020.

26 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su EPI.eu, 2020.

27 L'obiettivo di Gaia-X è “to create a proposal for the next generation of a data infrastructure for Europe: a secure, federated system that meets the highest standards of digital sovereignty while promoting innovation”. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito Gaia-X, 2020.

2.2.2 PRACE

La missione di PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe) è quella di consentire la scoperta scientifica ad alto impatto, la ricerca e lo sviluppo ingegneristico in tutte le discipline per migliorare la competitività europea a beneficio della società. PRACE cerca di realizzare questa missione offrendo risorse e servizi informatici e di gestione dei dati di livello mondiale²⁸.

PRACE conta oggi 26 paesi membri²⁹. Il modello di funzionamento della partnership prevede la costruzione di un'infrastruttura di supercalcolo paneuropea messa in atto dai rappresentanti di ciascun Paese. Questa struttura ha l'obiettivo di fornire l'accesso alle risorse e ai servizi di calcolo e di gestione dei dati per applicazioni scientifiche e ingegneristiche su larga scala al massimo livello di prestazioni³⁰.

I sistemi informatici e le loro operazioni accessibili attraverso PRACE sono forniti da 5 Centri rappresentanti i Paesi membri (Barcellona Supercomputing Center in rappresentanza della Spagna, CINECA in rappresentanza dell'Italia, ETH Zurigo/CSCS in rappresentanza della Svizzera, GCS in rappresentanza della Germania e GENCI in rappresentanza della Francia). Quattro membri ospitanti (Francia, Germania, Italia e Spagna) si sono assicurati il finanziamento per il periodo iniziale dal 2010 al 2015. Nel 2016 un quinto membro ospitante, il Politecnico di Zurigo/CSCS (Svizzera) ha aperto il suo sistema attraverso il processo di Peer Review PRACE ai ricercatori del mondo accademico e dell'industria³¹.

Un importante fattore di vantaggio rappresentato dall'infrastruttura di ricerca PRACE è dato dal continuo aggiornamento dei sistemi. L'aggiornamento e il potenziamento dei sistemi hardware e software garantiscono di essere all'apice della tecnologia HPC.

²⁸ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito PRACE, 2020.

²⁹ I Paesi membri sono: Austria, Belgio, Bulgaria, Cipro, Repubblica Ceca, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Ungheria, Irlanda, Israele, Italia, Lussemburgo, Paesi Bassi, Norvegia, Polonia, Portogallo, Slovacchia, Slovenia, Spagna, Svezia, Svizzera, Turchia e Regno Unito. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati PRACE.eu, 2020.

³⁰ Ibid.

³¹ Ibid.

L'ammontare totale dei finanziamenti ricevuti da PRACE è pari a 132 milioni di Euro (2010-2019). Di questo ammontare il 94,6% proviene dalla Commissione Europea (125 milioni di Euro)³².

2.2.3 EuroHPC Joint Undertaking

EuroHPC Joint Undertaking (EuroHPC JU) nasce nel 2018 con la finalizzazione degli accordi tra i Paesi e la Commissione Europea. Con questa iniziativa la Commissione Europea vuole rendere il Continente autonomo dal punto di vista della potenza di calcolo installata e inoltre far guadagnare all'Europa una posizione di leadership nella classifica dei Top-500.

Ad oggi EuroHPC JU è costituita da 32 Paesi membri³³ e da due partner privati (ETP4HPC e BDVA³⁴).

Dalla sua creazione nel 2018, l'EuroHPC JU è stata in grado di aumentare sostanzialmente gli investimenti nel calcolo ad alte prestazioni a livello europeo. Solo per il periodo 2019-2020, gli investimenti pubblici di EuroHPC sono stati pari a circa 1,2 miliardi di Euro, con un aumento netto di quasi 250 milioni di Euro all'anno a livello europeo rispetto alla situazione precedente al 2018³⁵.

Circa l'allocazione del budget a disposizione (1,2 miliardi di Euro) gli ultimi dati a disposizione mostrano che³⁶:

- 830 milioni di Euro sono stati / saranno utilizzati per costruire 8 supercomputer;
- 370 milioni di Euro sono destinati alla definizione di un'agenda di ricerca volta a sviluppare nuovi hardware, software, applicazioni e competenze.

³² Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Commissione Europea e PRACE, 2020.

³³ I 32 Paesi sono: Austria, Belgio, Bulgaria, Croazia, Cipro, Danimarca, Estonia, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Islanda, Italia, Lettonia, Lituania, Lussemburgo, Montenegro, Norvegia, Paesi Bassi, Macedonia del Nord, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Repubblica Ceca, Romania, Slovacchia, Slovenia, Spagna, Svezia, Svizzera, Turchia e Ungheria. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati EuroHPC JU, 2020.

³⁴ Si veda in precedenza per approfondimenti circa questi due enti privati.

³⁵ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati EuroHPC JU e Commissione Europea, 2020.

³⁶ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito EuroHPC JU e Commissione Europea, 2020.

Con questo finanziamento, entro i primi mesi del 2021 l'EuroHPC JU implementerà tre sistemi pre-Exascale (capaci di almeno 10^{17} calcoli al secondo) che si collocheranno tra i primi cinque supercomputer del mondo, e cinque sistemi Petascale (capaci di almeno 10^{15} calcoli al secondo), che si posizioneranno tra i primi 50 supercomputer al mondo – in seguito rappresentati. Queste nuove macchine moltiplicheranno di otto volte la potenza di supercalcolo disponibile a livello europeo³⁷. Esse amplieranno l'uso del calcolo ad alte prestazioni nell'UE sia per gli utenti pubblici che privati, e in particolare per le Piccole e Medie Imprese (PMI) che non hanno le risorse interne per trarre profitto da queste nuove tecnologie³⁸.

Per massimizzare i benefici connessi all'implementazione delle tecnologie HPC, EuroHPC sostiene anche la creazione di 33 centri di competenza (CoE) nazionali che agiranno a livello locale per facilitare l'accesso alle opportunità di supercalcolo europee in diversi settori industriali, fornire soluzioni su misura per un'ampia varietà di utenti, comprese le PMI e, in ultima analisi, rafforzare le conoscenze e le competenze europee nel campo del supercalcolo³⁹.

Dal punto di vista degli ambiti di attività EuroHPC ha inserito nel proprio "scope" cinque filoni progettuali:

1. Sviluppare un ecosistema di infrastrutture "best in class", a livello europeo, nel campo dell'HPC con l'ottica di favorire il posizionamento dell'Europa quale attore chiave a livello mondiale;
2. Sviluppare i servizi abilitanti per le tecnologie HPC, a partire dalla creazione di una rete Cloud-based e sicura che dia accesso ai servizi di supercalcolo a tutti gli Stati membri della JU. In aggiunta EuroHPC svilupperà anche un sistema di Data Lake per permettere l'afflusso di dati in linea con le necessità di elaborazione dei sistemi HPC;
3. Avanzare le conoscenze scientifiche e sviluppare nuove tecnologie hardware / software per giungere al prossimo stadio di potenza computazionale (Exascale). Sempre per

37 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito EuroHPC JU, 2020.

38 Ibid.

39 Ibid.

lo stesso obiettivo EuroHPC intende promuovere la conduzione di ricerca di frontiera nel campo del supercalcolo in particolare con l'obiettivo di creare un ecosistema condiviso e innovativo di HPC europei;

4. Sviluppare nuove applicazioni nel campo del supercomputing, facendo sì che le nuove soluzioni siano accessibili al mondo delle imprese (sia di grande dimensione che PMI), al mondo della ricerca e al settore pubblico;
5. Diffondere l'utilizzo delle applicazioni di HPC in nuovi campi applicativi, ad esempio includendo le tecnologie di supercalcolo nella ricerca condotta nelle discipline umanistiche. Al tempo stesso favorire la diffusione, l'aggiornamento e la creazione delle competenze necessarie ai lavoratori per essere competitivi nel contesto della Data Economy⁴⁰.

Nel concreto il progetto di EuroHPC JU prevede la creazione di una rete di 8 supercomputer. Di questi 5 avranno una potenza di 10^{15} operazioni al secondo, classificandosi quindi nella categoria degli HPC Petascale. Questi 5 HPC saranno installati in Repubblica Ceca, Slovenia, Bulgaria, Portogallo e Lussemburgo ed entreranno a far parte dei primi 50 HPC al mondo per potenza di calcolo.

Gli altri 3 HPC avranno una potenza computazionale di 10^{17} operazioni al secondo e saranno classificati come pre-Exascale. L'Italia, la Finlandia e la Spagna ospiteranno questi supercomputer che entreranno a far parte della Top-5 mondiale per potenza di calcolo⁴¹.

⁴⁰ Ibid.

⁴¹ Ibid.



“L’impresa comune europea per il calcolo ad alte prestazioni è un buon esempio di come i Paesi dell’UE possono cooperare per guidare l’innovazione e competere a livello globale in queste tecnologie (HPC) altamente strategiche. Sono convinta che i nuovi supercomputer daranno impulso alla competitività dell’Europa nell’area digitale. Abbiamo dimostrato la forza del nostro approccio europeo che porterà benefici concreti ai nostri cittadini e aiuterà le nostre PMI”⁴², Mariya Gabriel, Commissario per la Digital Economy and Society.

Figura 10 | Gli 8 supercomputer che saranno costruiti nell’ambito di EuroHPC JU. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati EuroHPC JU, 2020

Al fine di ottenere i massimi risultati, il programma è stato strutturato su tre pilastri che vanno a coinvolgere ed intersecare altri programmi della Commissione Europea. In particolare:

- La creazione di un’infrastruttura di ricerca – compito affidato a PRACE - Partnership for Advanced Computing in Europe;
- Lo sviluppo delle tecnologie di HPC – compito affidato a ETP4HPC e EPI;
- La creazione di conoscenza applicativa e centri di diffusione del know how – obiettivo assegnato ai Centri di Eccellenza nelle applicazioni di Computing (CoE).

⁴² “The European High-Performance Computing Joint Undertaking is a good example of how EU countries can cooperate to drive innovation and compete globally in these highly strategic technologies. I am convinced that the new supercomputers that these sites will host will boost Europe’s competitiveness in the digital area. We have demonstrated the strength of our European approach which will bring concrete benefits to our citizens and help our SMEs”.

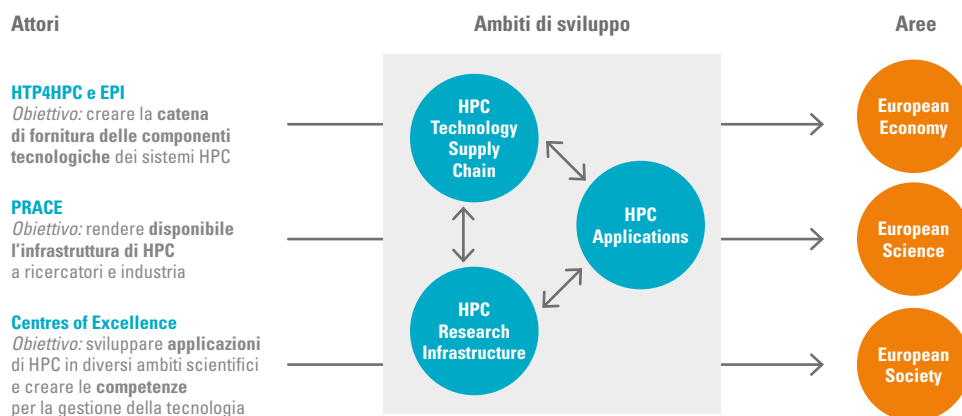


Figura 11 |

I Pilastri di EuroHPC.
Fonte: elaborazione
The European House
- Ambrosetti su
Commissione Europea,
2020

L'obiettivo dell'ETP4HPC è quello di costruire un'industria europea capace di sviluppare e produrre le componenti della tecnologia HPC. Il suo principale risultato è la European HPC Strategic Research Agenda (SRA), che definisce le priorità per la ricerca e lo sviluppo della tecnologia HPC (e delle sue applicazioni). Questo pilastro comprende i progetti HPC Technology che affrontano la ricerca di base nel settore della tecnologia HPC, i progetti di co-design (DEEP-EST⁴³ ed EuroExa⁴⁴), il cui obiettivo è quello di fornire una nuova architettura di sistema HPC (Exascale) in uno sforzo di co-design insieme a domini applicativi selezionati⁴⁵.

⁴³ DEEP-EST è un progetto Exascale finanziato dal programma UE Horizon 2020 (contratto n. ICT-754304), iniziato nel luglio 2017. L'obiettivo principale è quello di sviluppare un'architettura di sistema ad alta efficienza energetica che si adatti ai carichi di lavoro dell'HPC e dell'High Performance Data Analytics (HPDA) e che soddisfi le esigenze degli utenti finali e degli operatori di infrastrutture elettroniche. A tal fine, i partner del progetto costruiranno un prototipo di sistema Modular Supercomputing Architecture (MSA) completamente funzionante, composto da tre moduli: Cluster module, Extreme Scale Booster module e Data Analytics module. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su “DEEP-EST - Dynamical Exascale Entry Platform - Prototype System”, Julich Supercomputing Centre, 2020.

⁴⁴ EuroEXA è un progetto di co-designed, finanziato da EU Horizon 2020. L'obiettivo del progetto è di sviluppare tecnologie ExaScale – fornendo una piattaforma all'avanguardia in grado di scalare fino a prestazioni di picco di 400.000 TFlop/s, con un involucro del sistema di potenza di picco di 30MW che si avvicina alla parità PUE attraverso le energie rinnovabili e il raffreddamento a immersione. Per raggiungere questo obiettivo, EuroExa sta adottando un approccio olistico su tutto lo spettro dell'HPC, piuttosto che concentrarsi sull'ottimizzazione dei singoli componenti o sulla resilienza ai guasti. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito EuroExa.eu, 2020.

⁴⁵ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito ETP4HPC.eu, 2020.

PRACE, come già precedentemente descritto, è l'infrastruttura di ricerca europea condivisa HPC finanziata dagli Stati membri selezionati e sostenuta dalla Commissione Europea. Si tratta di una rete di supercomputer a vari livelli di potenza di calcolo, che è disponibile per progetti di ricerca scientifica selezionati in base ad un processo di “peer review” che valuta il valore scientifico delle proposte – in questo senso l'industria e i ricercatori hanno la possibilità di accedere all'ecosistema di supercalcolo PRACE per la ricerca e per l'innovazione⁴⁶.

Infine, con l'obiettivo di ridurre lo skill gap e risolvere il nodo delle competenze sono stati istituiti i Centri di Eccellenza (CoE). Questi centri hanno il compito di sviluppare, mantenere e migliorare le applicazioni HPC in vari settori come le scienze dei materiali, il meteo e il clima, la biomedicina, oltre ad affrontare altre questioni correlate come le prestazioni e la formazione – su quest'ultimo aspetto, è fondamentale formare le persone con un nuovo set di competenze al fine di massimizzare i benefici ottenibili dalle tecnologie di supercalcolo HPC⁴⁷.

L'ecosistema europeo dell'HPC è coordinato da EXDCI – European eXtreme Data and Computing Initiative. Questo attore ha il compito di sostenere le attività di road-mapping, di elaborazione di strategie e di monitoraggio delle prestazioni dell'ecosistema, tra cui la costruzione e il mantenimento di relazioni con altre attività e regioni HPC internazionali o con altre comunità (ad esempio Big Data e IoT)⁴⁸.

Secondo quanto riportato sul sito dell'ente, il coordinamento adoperato da EXDCI ha contribuito a dare un impulso molto importante alle attività di sviluppo delle tecnologie HPC e all'obiettivo strategico di coordinare gruppi di stakeholder complementari.

Attraverso l'azione congiunta di PRACE e ETP4HPC è stato lanciato EXDCI-2, un nuovo progetto che intende mobilitare, in continuazione con quanto raggiunto con EXDCI, le parti europee coinvolte nel campo dell'HPC. Il progetto si basa appunto sui risultati raggiunti dal precedente programma e ambisce a sostenere ulteriormente la creazione e lo sviluppo dell'ecosistema HPC eu-

46 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito PRACE e ETP4HPC.eu, 2020.

47 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito ETP4HPC.eu, 2020.

48 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su EXDCI.eu, 2020.

ropeo. Gli obiettivi principali del nuovo programma sono:

- Sviluppo e promozione di una strategia competitiva europea nel campo dell'HPC Exascale, sostenendo l'attuazione di una strategia comune a livello comunitario, aperta ad aree sinergiche, tra cui l'High Performance Data Analytics (HPDA) e l'Intelligenza Artificiale (IA). In questo senso grazie all'esperienza dei partner e degli stakeholder è ritenuto possibile elaborare una visione prospettica trasversale;
- Coordinamento della comunità di stakeholder per l'HPC europeo attraverso l'avvio di progetti strutturati che mirino a sviluppare la prossima frontiera tecnologica nel mondo del supercalcolo (Exascale). In questo senso le principali attività che sono state identificate nel raggio d'azione di EXDCI-2 sono:
 - Lo sviluppo di relazioni con altri ecosistemi, comprese le tecnologie a monte come la fotonica e l'elettronica, l'High Performance Embedded Computing (HiPEAC⁴⁹) e i Big Data (BDVA);
 - La mappatura delle future esigenze e ambiti applicativi in vari campi, tra cui HPC, HPDA e IA e i nuovi servizi delle comunità di utenti PRACE e CoE;
 - La continuazione delle attività del Big Data and Extreme-scale Computing (BDEC), per la partecipazione internazionale degli stakeholder europei sull'integrazione dell'Edge Computing e HPC, comprese l'analisi dei dati e l'IA;
 - La mappatura e l'analisi delle relative agende di ricerca R&I nazionali e internazionali⁵⁰.

Ritornando e concludendo la sezione dedicata ad EuroHPC JU, si segnala che le risorse europee esistenti di supercalcolo saranno rese disponibili a tutti gli utenti in Europa, compresi il settore pubblico e gli utenti industriali, in particolare le piccole e medie imprese (PMI), indipendentemente dalla loro ubicazione.

49 HiPEAC è un network che fornisce una piattaforma per la collaborazione interdisciplinare nella ricerca. L'obiettivo del progetto è di promuovere la trasformazione dei risultati della ricerca in prodotti e servizi. Inoltre, HiPEAC si definisce un "incubatore per la prossima generazione di informatici" e persegue tale obiettivo con specifici programmi di formazione ed eventi. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito HiPEAC.net, 2020.

50 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito EXDCI e Commissione Europea, 2020.

Nella fase attuale il nuovo budget dedicato ai progetti di EuroHPC è in fase di negoziazione. Secondo quanto emerge dalle prime dichiarazioni, il budget per lo sviluppo futuro dei progetti HPC sarà pari a 8 miliardi di Euro, distribuiti nel periodo 2021-2033, e sarà sostenuto da Horizon Europe, Digital Europe e dal Connecting Europe Facility⁵¹.

“Sono lieta di annunciare un investimento di 8 miliardi di Euro nella prossima generazione di supercomputer – una tecnologia all’avanguardia Made in Europe. Vogliamo che l’industria europea sviluppi un microprocessore europeo per la prossima generazione di supercomputer che ci permetterà di utilizzare i crescenti volumi di dati in modo efficiente e sicuro. Questo è ciò di cui si occupa il decennio digitale europeo”, Ursula von der Leyen, Presidente della Commissione Europea⁵².

La situazione al 2020 dell’HPC nell’Unione Europea

2.3

Considerando che gli HPC previsti nel programma EuroHPC JU non sono stati ancora realizzati, nella rilevazione della Classifica Top-500 di novembre 2020 si registrano già dei segnali incoraggianti circa lo stato dell’Unione Europea. Nella presente sezione si è scelto di confrontare i risultati ottenuti – in termini di potenza di calcolo installata per Paese / Area – a novembre 2020 con i dati del 2017, ultimo anno prima dell’avvio e della messa in opera di una vera e propria strategia UE circa l’HPC (EuroHPC JU).

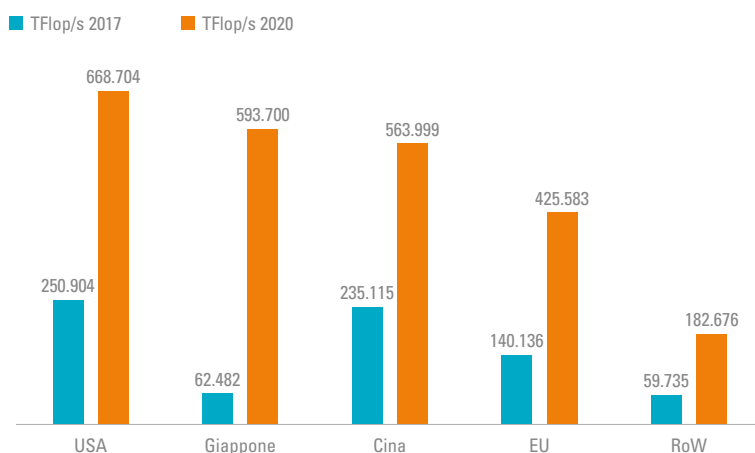
51 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su “State of the Union: Commission proposes new regulation for the European High Performance Computing Joint Undertaking”, Commissione Europea, 2020.

52 “I am pleased to announce an investment of 8 billion euros in the next generation of supercomputers – cutting-edge technology made in Europe. And we want the European industry to develop our own next-generation micro-processor that will allow us to use the increasing data volumes energy-efficient and securely. This is what Europe’s digital decade is all about!”, Ursula von der Leyen, President of the European Commission. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su State of the Union, 2020.

Gli USA si confermano quali leader mondiali con il 27,5% della potenza di calcolo complessiva, raggiungendo i 668.704 TFlop/s (+166,5% rispetto al 2020). A questi segue il Giappone che negli ultimi 3 anni ha incrementato la propria potenza di calcolo del +850,2%, superando i 593.700 TFlop/s – oggi il Giappone è secondo a livello mondiale con il 24,4% della potenza di calcolo. Al terzo posto si trova la Cina con 563.999 TFlop/s (+139,9% vs 2017) che perde una posizione rispetto al 2017, ritrovandosi con il 23,2% della potenza di calcolo mondiale. L'Europa fa registrare un tasso di crescita del +203,7% (2020 vs 2017). Questa crescita ha portato la potenza computazionale installata sul Continente europeo a raggiungere i 425.583 TFlop/s, corrispondenti al 17,5% della potenza mondiale⁵³.

Figura 12 |

Comparazione della potenza computazionale nel 2017 e nel 2020 in alcune aree geografiche, Top-500, TFlop/s, 2017 e 2020. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati classifica Top-500, 2020



Un ulteriore segnale incoraggiante lo si trova andando a restringere il campo di analisi ai 10 migliori supercomputer al mondo. In questa analisi l'Europa si trova al quarto posto della classifica, con una potenza di calcolo pari ad oltre 79.570 TFlop/s, sviluppati da 2 HPC – HPC5 di Eni S.p.A. (Italia) e JUWELS Booster Module del Forschungszentrum Juelich (Germania). In questo senso rispetto al 2017, l'Europa entra a far parte della classifica dei top Player globali nel campo dell'HPC⁵⁴.

⁵³ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020.

⁵⁴ Ibid.

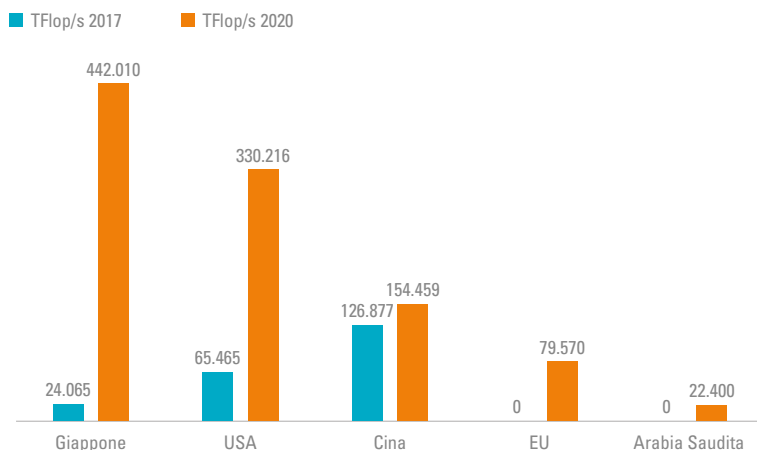


Figura 13 |
Potenza di calcolo
rientrante nella Top-10
di alcune geografie,
TFlop/s, 2017 e 2020.
Fonte: elaborazione
The European House
- Ambrosetti su dati
classifica Top-500, 2020

Lo sviluppo dei 3 supercomputer pre-Exascale – che saranno installati in Italia, Finlandia e Spagna – andrà ulteriormente a migliorare il posizionamento dell’Unione Europea nella classifica Top-10⁵⁵. Si tenga infatti presente che complessivamente i 3 nuovi HPC andranno a sviluppare una potenza computazionale di 823.000 TFlop/s⁵⁶, posizionando, *ceteris paribus*, l’Europa al primo posto della classifica mondiale – sia considerando la Top-500, a cui si aggiungerà anche la potenza computazionale degli altri 5 HPC Petascale, che nel ranking Top-10.

Nel prosieguo del presente capitolo saranno approfonditi alcuni casi-Paese sia a livello europeo che a livello internazionale. L’obiettivo è di individuare le politiche e le azioni strategiche adoperate da parte degli attori internazionali. Si ricorda che la trattazione del caso dell’Italia è rimandata al prossimo capitolo del presente Rapporto.

⁵⁵ Si fa riferimento agli HPC che saranno sviluppati nel contesto di EuroHPC JU e che entreranno a far parte dei Top-5 HPC al mondo. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati EuroHPC JU, 2020.

⁵⁶ Secondo i dati riportati da EuroHPC JU, ad ottobre 2020, i 3 HPC Pre-Exascale avranno le seguenti potenze computazionali: LUMI 375.000 TFlop/s (Finlandia); Leonardo 248.000 TFlop/s (Italia); MareNostrum 5 200.000 TFlop/s (Spagna). Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati EuroHPC JU, 2020.

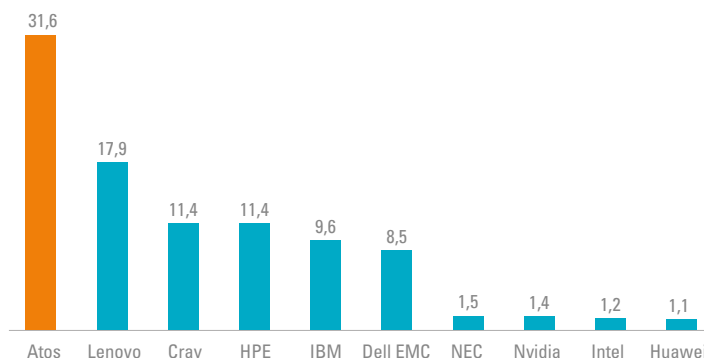
Atos quale attore europeo nel mondo del supercalcolo

Nello scenario delineato nel presente capitolo emerge l'importanza per la Commissione Europea di creare l'indotto industriale dei supercomputer in Europa, dalla produzione dei microprocessori alla realizzazione degli ecosistemi di calcolo.

In questo senso già oggi, se si considerano gli HPC installati nel Continente europeo, emerge che Atos – principale attore europeo – ha all'attivo 31 dei 101 HPC, ossia una quota del 30,7%.

Se si considera la potenza di calcolo installata in Europa per produttore, Atos risulta essere il primo Player con una quota del 31,6% - si tenga presente che questi dati non tengono conto degli HPC del bando EuroHPC, con l'installazione di questi ultimi supercomputer la classifica rappresentata in figura potrebbe variare sensibilmente.

Figura 14 |
Quota di potenza installata in Europa per produttore, primi 10, valori percentuali, 2020.
Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020



Secondo questa analisi emerge che, ad oggi, Atos rappresenta l'unico attore europeo capace di competere in un contesto competitivo dominato da attori americani e asiatici. Come evidenziato dalle parole della Presidente Ursula von der Leyen, riassunte nel paragrafo precedente, nello scenario futuro la presenza di un attore europeo nel mondo del supercalcolo assumerà un valore fondamentale e un'importanza determinate nell'affermazione dell'indipendenza tecnologica dell'Unione Europea.

Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Classifica Top-500 e Commissione Europea, 2020.

2.3.1 Alcuni esempi di Paesi virtuosi a livello europeo nel campo dell'HPC

Escludendo il caso dell'Italia – uno dei Paesi leader a livello europeo nel campo del supercalcolo in termini di capacità computazionale installata – che sarà approfondito e trattato nel prossimo capitolo, si è scelto di analizzare i casi studio di Francia, Germania e Regno Unito.

■ Paesi analizzati



Figura 15 |
Mappa dei Paesi europei che ospitano sistemi HPC e di quelli coinvolti in EuroHPC JU, 2020. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020

Francia, Germania, Regno Unito cumulano il 61,9% della potenza di calcolo europea per un totale di 49 HPC, circa la metà di quelli europei (in totale sono 101)⁵⁷.

Con riferimento a tali attori – Francia, Germania e Regno Unito –, sono stati sviluppati dei casi studio con l'intenzione di far emergere le evidenze del posizionamento sia nel panorama europeo che in quello internazionale – ad esempio rilevando la distribuzione della potenza di calcolo – e poi descrivere le strategie adottate da questi attori nell'ambito del supercalcolo.

⁵⁷ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020.

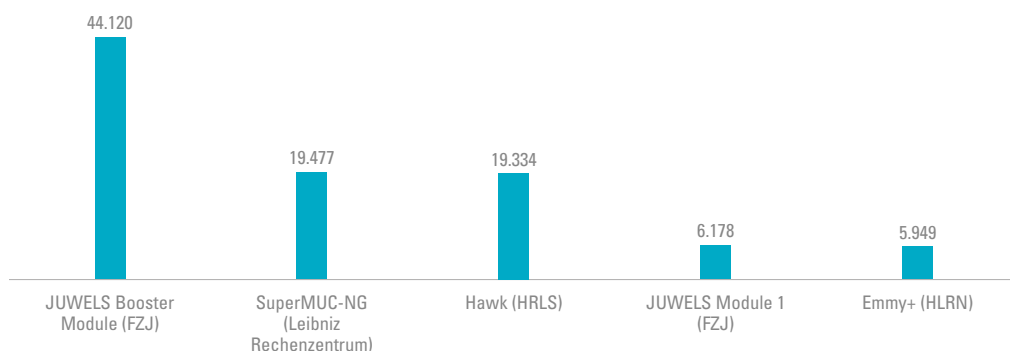
Circa le strategie adottate dagli attori europei bisogna tener conto che, a livello generale, i Paesi UE sono allineati sui piani e i programmi europei, descritti nel precedente paragrafo. Nel prosieguo si è quindi cercato di identificare le particolarità / declinazioni e gli attori nazionali di riferimento per ciascun singolo Paese.

Germania

La Germania è il primo player europeo con una potenza di calcolo pari a 139.585 TFlop/s (novembre 2020), equivalenti al 32,8% della potenza di calcolo europea e al 5,7% di quella mondiale. Inoltre, la Germania è il primo Paese per numerosità di HPC con il 18,8% degli HPC europei – 19 su 101⁵⁸.

Nessuno dei primi 5 HPC tedeschi è dedicato al campo industriale. Il primo HPC tedesco JUWELS Booster Module e il quarto HPC JUWELS Module 1 sono utilizzati dal Forschungszentrum Juelich (FZJ) – uno dei più grandi centri di ricerca interdisciplinari tedeschi. Il secondo, SuperMUG-NG, è utilizzato in campo accademico da Leibniz Rechenzentrum. Il terzo HPC, chiamato Hawk, viene impiegato dall'High Performance Computing Center, Stuttgart (Universität Stuttgart - Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS)) ed è classificato come HPC di ricerca. Infine, Emmy+ è in forza a The North German Supercomputing Alliance (Norddeutscher Verbund für Hoch- und Höchstleistungsrechnen – HLRN) ed è utilizzato in ambito accademico. La potenza di calcolo cumulata di questi 5 HPC è pari al 68,0% della potenza di calcolo disponibile in Germania⁵⁹.

Figura 16 |
Primi 5 HPC tedeschi
per potenza di calcolo,
TFlop/s, 2020.
Fonte: elaborazione
The European House -
Ambrosetti
su dati Classifica
Top-500, 2020



⁵⁸ Ibid.

⁵⁹ Ibid.

Nel 2007 al fine di creare un'infrastruttura di supercalcolo nazionale il Governo tedesco ha costituito il Gauss Centre for Supercomputing (GCS), nato dall'aggregazione di 3 Centri di supercalcolo: Jülich Supercomputing Centre (JSC), Leibniz Supercomputing Centre of the Bavarian Academy of Sciences (LRZ) e High-Performance Computing Center Stuttgart (HLRS)⁶⁰.

Il GCS è dedicato a promuovere la scoperta scientifica fornendo ai ricercatori tedeschi ed europei l'accesso a risorse HPC all'avanguardia, nonché il più alto livello di competenza, servizi e supporto HPC. L'organizzazione ha il compito di far progredire il supercalcolo accademico e governativo tedesco, soddisfacendo al contempo le esigenze degli utenti finali industriali⁶¹.

Per raggiungere gli obiettivi stabiliti nella mission di CGS, a ciascuno dei 3 Centri di supercalcolo sono stati assegnati obiettivi e perimetri di azione specifici – ad esempio suddividendo la ricerca applicata da quella sperimentale e ancora da quella di frontiera –, in modo da efficientare le risorse. Nello specifico:

- JSC è noto per la ricerca e il lavoro svolto con alcune delle applicazioni più di frontiera, impiegando spesso sistemi sperimentali. Ad esempio, Jülich fa parte di una cordata di 23 Paesi che riunisce i più importanti neuroscienziati, medici e informatici al mondo con l'obiettivo di simulare il funzionamento di un cervello umano entro i prossimi dieci anni utilizzando tecnologie HPC;
- LRZ è considerato un Centro che fa uso delle tecnologie HPC in senso generale – non è quindi specializzato su un particolare ambito applicativo/tecnologico. In questo senso, il Centro di Monaco di Baviera è destinato a fungere da ponte tra gli estremi dell'HPC, fornendo così potenza di calcolo a tutti gli attori industriali, accademici e della ricerca che non necessitano di tecnologie particolarmente specialistiche. LRZ è ritenuto uno dei centri principali in ambito di ricerca e innovazione di frontiera;
- HLRS rappresenta il Centro di supercalcolo dedicato agli attori industriali. In questo Centro gli esperti sono specializzati nel campo della modellazione e della simulazione con risvolti nella produzione industriale. Per raggiunge-

60 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito Gauss Centre for Supercomputing, 2020.

61 Ibid.

re questo obiettivo anche gli strumenti tecnologici e le applicazioni, utilizzate nel Centro, sono stati ottimizzati nell'ambito della modellazione e simulazione industriale⁶².

La combinazione dei tre Centri di supercalcolo permette di coprire a 360° i bisogni dell'industria, della ricerca e dell'accademia.

Secondo quanto riportato da fonti ufficiali, lo schema generale dei finanziamenti è guidato da progetti. Si fa particolare riferimento a 3 progetti: PetaGCS, SiVeGCS e InHPC.

- PetaGCS | un progetto che si è esteso dal 2008 al 2019 con un budget di 400 milioni di Euro. L'obiettivo di questo progetto consisteva nello sviluppare per ogni Centro di supercalcolo due sistemi HPC Petascale;
- SiVeGCS | un progetto introdotto nel 2017 che si estende fino al 2025 con un budget di 460 milioni di Euro. SiVeGCS ha l'obiettivo di superare la potenza di calcolo Petascale e raggiungere un livello pre-Exascale in modo da supportare le esigenze / richieste di potenza computazionale proveniente dagli utenti dei Centri;
- InHPC | un progetto lanciato nel 2017 che terminerà nel 2021 con un budget di 15 milioni di Euro. InHPC ha l'obiettivo di migliorare il networking in modo che qualsiasi utente, indipendentemente dalla sua posizione, possa accedere alle risorse di calcolo da remoto⁶³.

⁶² Ibid.

⁶³ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su articolo HPCWire (2018), 2020.

Francia

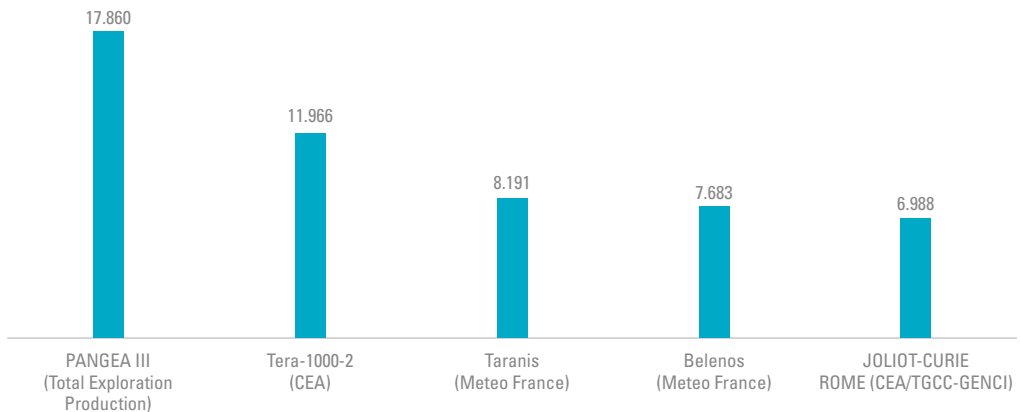
La potenza di calcolo a disposizione della Francia, a novembre 2020, è pari a 89.828 TFlop/s, equivalenti al 21,1% della potenza di calcolo europea e al 3,7% di quella mondiale. I supercomputer francesi censiti nella classifica Top-500 sono 18, ossia il 17,8% degli HPC europei⁶⁴.

Il primo dei top5 HPC francesi – Pangea III – è utilizzato da un'azienda privata nel campo industriale (Total Exploration Production). Al contrario, gli altri 4 HPC – Tera-1000-2, Taranis, Belenos e Joliot-Curie Rome – sono in capo ad enti pubblici, rispettivamente il Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), Meteo France e Très Grand Centre de Calcul (TGCC) - Grand équipement national de calcul intensif (GENCI), che utilizzano i sistemi di HPC nel campo della ricerca scientifica. La potenza computazionale cumulata di 5 HPC è pari al 58,6% di quella totale francese⁶⁵.

Figura 17 |

Primi 5 HPC francesi per potenza di calcolo, TFlop/s, 2020.

Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020



Il CEA, uno dei principali attori francesi della ricerca e dell'innovazione, è stato riconosciuto come esperto nel campo dell'HPC grazie al lancio del "Programma di Simulazione" (Simulation Program) sostenuto dalla sua Direction des Applications Militaires (CEA / DAM) e implementato dal Dipartimento di Scienze della Simulazione e dell'Informazione (DSSI)⁶⁶.

⁶⁴ Ibid.

⁶⁵ Ibid.

⁶⁶ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito HPC-CEA.fr, 2020.

Secondo l'analisi condotta dagli esperti del CEA, le principali sfide che l'HPC dovrà affrontare nei prossimi anni sono molteplici: dallo sviluppo di architetture hardware e software in grado di fornire una potenza di calcolo molto elevata, alla creazione di metodi di modellazione che combinino diversi modelli fisici e la gestione di enormi volumi di dati numerici. Per affrontare la complessità di queste problematiche, CEA ha individuato i seguenti assi strategici:

- La definizione e l'implementazione di risorse di calcolo basate su architetture che soddisfino i requisiti di simulazione di alto livello (high-end simulation requirements);
- Lo sviluppo di software e algoritmi di simulazione che permettano di sfruttare le architetture dei futuri sistemi computazionali;
- L'investimento di risorse "significative" per promuovere la ricerca e lo sviluppo delle tecnologie e delle applicazioni di HPC⁶⁷.

A quanto delineato da CEA si accostano le raccomandazioni riassunte in un vero e proprio piano strategico creato da GENCI⁶⁸. Il nuovo piano 2019-2023 prende in considerazione le azioni e le misure da introdurre al fine di costruire ciò che viene definito una "Very Large Computing Research Infrastructure". La mission di GENCI è di rispondere alle esigenze delle comunità scientifiche e dei ricercatori con l'obiettivo di garantire la competitività scientifica ed economica della Francia a livello globale⁶⁹.

Nel concreto il piano strategico elaborato da GENCI si concentra sui 3 principali obiettivi, volti a favorire lo sviluppo e la diffusione delle tecnologie HPC in Francia nei prossimi 5 anni. Gli obiettivi strategici del piano strategico 2019-2023 sono:

- Posizionare la Francia come Paese ospitante di un sistema EuroHPC Exascale, ossia la prossima frontiera tecnologica, entro il 2022/2023;

67 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito DAM-CEA.fr, 2020.

68 GENCI è una "società civile" (société civile) di diritto francese, detenuta al 49% dallo Stato, rappresentata dal Ministère en charge de l'Enseignement supérieur et de la recherche, al 20% dal CEA, al 20% dal CNRS, al 10% dalle Università, rappresentate dalla Conférence des présidents d'Université, e all'1% da Inria. GENCI ha un budget annuale di 39 milioni di euro. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito GENCI, 2020.

69 Ibid.

- Favorire la convergenza delle tecnologie HPC, Big Data Analytics e Intelligenza Artificiale;
- Promuovere una maggiore collaborazione tra i tre centri di supercomputer francesi (National Computing Center for Higher Education - CINES, Institut du développement et des ressources en informatique scientifique - IDRIS e Très Grand Centre de Calcul - TGCC), favorendo così il mantenimento di una sovranità tecnologica nazionale.

Su scala europea, il Piano strategico 2019-2023 si concentra su EuroHPC e in particolare sui sistemi Exascale di EuroHPC, che saranno sviluppati una volta collaudati i progetti pre-Exascale (Italia, Francia e Finlandia), oggi in via di sviluppo. In questo senso, il piano prevede l'avvio delle attività preparatorie che permettano alla Francia di essere pronta per ospitare uno dei primi sistemi Exascale europei⁷⁰.

Il piano strategico prevede un budget complessivo di oltre 200 milioni di Euro – questo ammontare è stato calcolato tenendo conto delle cifre riportate all'interno del Piano Strategico della GENCI, si fa notare che non sono indicate risorse destinate allo sviluppo specifico di HPC Exascale⁷¹.

Regno Unito

Il Regno Unito è la quarta potenza europea per capacità computazionale. A novembre 2020 la potenza complessiva in capo al Regno Unito è pari a 34.067 TFlop/s, corrispondenti a circa l'8,0% della potenza europea e l'1,4% di quella mondiale. Inoltre, il Regno Unito conta il 11,8% del totale degli HPC EU (12 su 101).

Il 100% dei primi 5 HPC UK è dedicato alla ricerca. In particolare, il primo HPC per potenza di calcolo è utilizzato dallo United Kingdom Meteorological Office, un ente che sta investendo molte risorse nel campo dell'HPC con l'intenzione di prevenire futuri disastri naturali. Il secondo utilizzatore è ECMWF (il Centro Europeo delle previsioni medium range) conta il secondo e il terzo HPC nel Regno Unito – si segnala che questo Centro, in

⁷⁰ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su GENCI, 2020.

⁷¹ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su Plan stratégique 2019-2023, GENCI (2019), 2020.

seguito alla Brexit, si sposterà in Italia a Bologna⁷². Damson è invece l'HPC in forza all'Atomic Weapons Establishment (AWE) e l'ultimo HPC di questa classifica viene utilizzato dallo United Kingdom Meteorological Office. La potenza di calcolo complessiva di questi 5 HPC è pari al 61,5% di quella a disposizione del Regno Unito⁷³.

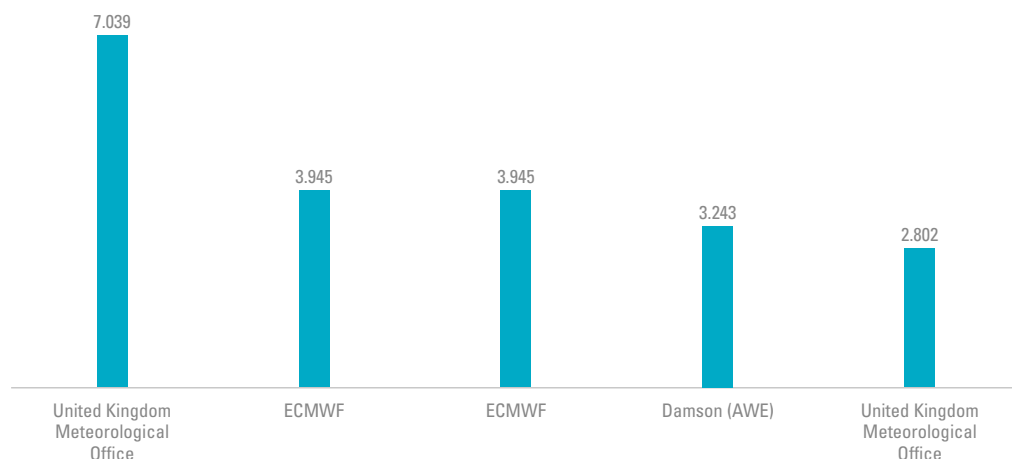


Figura 18 |
Primi 5 HPC UK per
potenza di calcolo⁷⁴,
TFlop/s, 2020⁷⁵.
Fonte: elaborazione
The European House -
Ambrosetti
su dati Classifica
Top-500, 2020

Nel 2018 è stato creato lo UK Research and Innovation (UKRI), un ente pubblico non governativo che ha lo scopo di favorire la crescita delle attività innovative e di ricerca nel Regno Unito. In particolare, con riferimento al campo dell'HPC, UKRI si sta occupando di sviluppare una roadmap di "e-infrastruttura", censendo tutte le attività scientifiche svolte in diversi campi di ricerca.

⁷² Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su articolo "Bologna to host ECMWF's new data centre", ECMWF (2017), 2020.

⁷³ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020.

⁷⁴ Si Segnala che, contrariamente a quanto riportato per Francia e Germania, in questo caso non è stato possibile identificare i nomi degli HPC – ad eccezione di Damson. Per questa ragione sono stati riportati sull'asse delle ascisse i Centri utilizzatori degli HPC. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020.

⁷⁵ I due HPC indicati nel grafico come ECMWF sono due diversi sistemi identici – ID: 178431 e ID: 178749. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020.

La creazione di UKRI ha permesso di riunire persone provenienti da tutti i Consigli di ricerca del Regno Unito. Tale combinazione ha favorito lo sviluppo di un percorso di avanzamento tecnologico condiviso a livello nazionale. All'interno di questo percorso è stata inclusa anche una roadmap per lo sviluppo delle tecnologie di supercalcolo.

Per realizzare la strategia di sviluppo HPC, UKRI si è impegnato prima nel comprendere lo stato dell'arte dell'HPC nel Regno Unito e poi nel definire con precisione gli obiettivi di sviluppo e i progetti per creare le infrastrutture necessarie alla comunità scientifica nei prossimi sei / otto anni⁷⁶.

In particolare, UKRI ha scelto di avviare una serie di progetti volti ad incrementare la potenza di calcolo installata nel Regno Unito in favore del mondo della ricerca, dell'accademia e dell'industria – questo programma è stato avviato nella consapevolezza del Regno Unito di non essere parte del progetto EuroHPC JU e quindi di non aver accesso all'infrastruttura di calcolo europea⁷⁷.

I progetti HPC saranno condotti e seguiti dall'Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC), parte di UK Research and Innovation (UKRI). Ad oggi sono in programma sette nuovi HPC che saranno supportati da un investimento di 27 milioni di Sterline⁷⁸.

L'implementazione dei nuovi HPC rivestirà un ruolo fondamentale nella promozione della ricerca. In particolare, i ricercatori avranno accesso a sistemi di supercalcolo che permetteranno di supportare il lavoro innovativo in aree che vanno dall'Intelligenza Artificiale (AI), alla gestione e la fornitura di energia e alla progettazione di farmaci terapeutici. Il progetto, oltre che garantire la realizzazione di una nuova infrastruttura hardware, sosterrà lo sviluppo di nuove competenze informatiche in tutto il Regno Unito, favorendo così la creazione di nuovi profili professionali sia nei campi della ricerca che in quelli dell'industria⁷⁹.

76 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito UK Research and Innovation, 2020.

77 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su articolo “Advancing HPC in the UK”, Scientific Computing World (2019), 2020.

78 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su articolo “EPSRC Invests £27 Million in UK HPC Services”, HPCWire, 2020.

79 Ibid.

2.4

I principali Player mondiali: strategia e situazione attuale

In questa sezione The European House – Ambrosetti ha scelto di estendere il campo degli esempi pratici e delle strategie attuate nell'ambito dell'HPC su una scala mondiale. In questo senso sono stati analizzati 5 casi studio – USA, Cina, Giappone, Canada e Corea del Sud – che rappresentano alcune delle eccellenze a livello mondiale nel campo del supercalcolo.

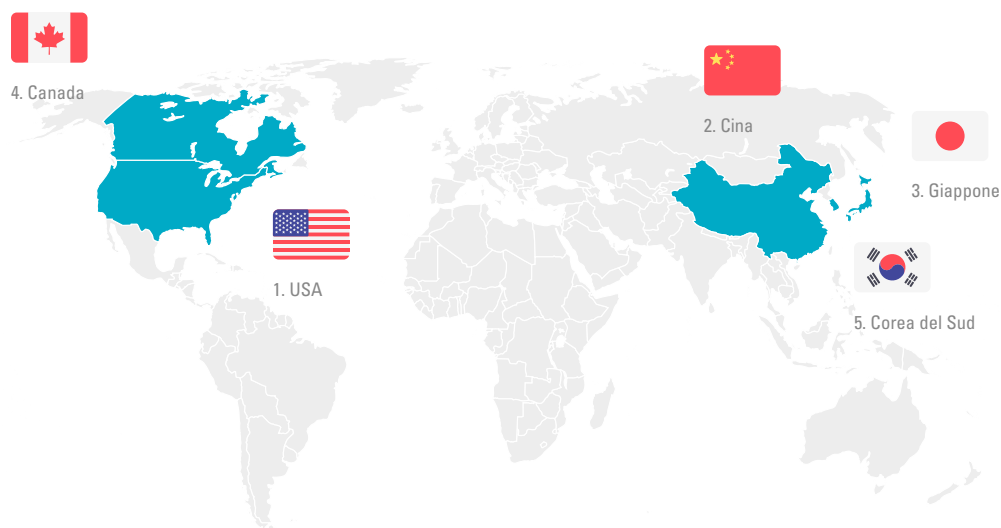


Figura 19 |

Localizzazione dei casi studio internazionali.

Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti, 2020

A livello di potenza di calcolo i 5 Paesi rappresentano il 76,9% della potenza di calcolo mondiale⁸⁰.

Riprendendo lo schema metodologico della precedente sezione sui casi europei, di seguito sono presentati i dati circa il posizionamento dei Paesi in oggetto e le strategie attuate da ciascun Player.

⁸⁰ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020.

Gli Stati Uniti d'America

Gli Stati Uniti d'America (USA) rappresentano la prima superpotenza al mondo per capacità computazionale. A novembre 2020 gli USA cumulano complessivamente una potenza di calcolo pari a 668.704 TFlop/s, corrispondenti al 27,5% della potenza complessiva mondiale (pari a 2.434.662 TFlop/s). La potenza di calcolo degli USA è raccolta in 113 HPC, rappresentanti il 22,6% degli HPC della Top-500.

Rispetto al 2017 gli USA hanno aumentato la propria potenza computazionale del +166,5% (2020 vs 2017).

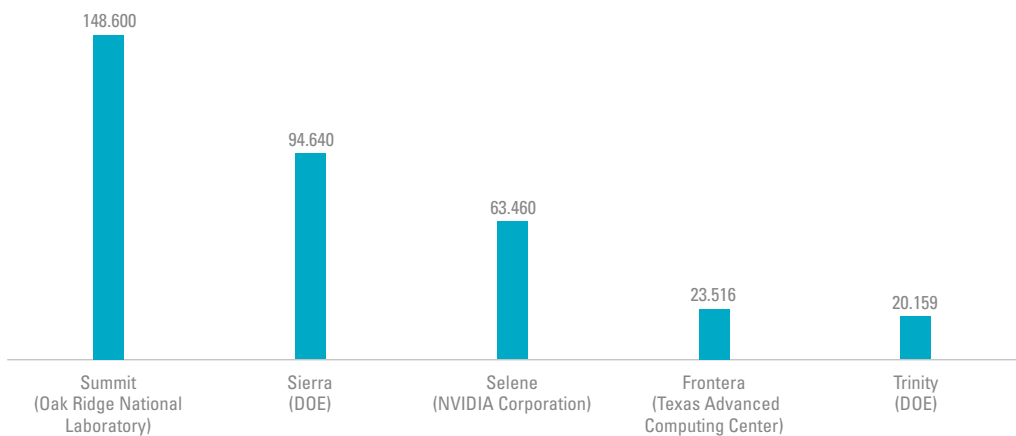
Inoltre, restringendo il campo di analisi alla classifica dei Top-10 HPC mondiali, gli USA occupano il secondo posto per potenza di calcolo con 330.216 TFlop/s (con 4 HPC), corrispondenti al 32,1% della potenza complessiva dei 10 migliori HPC al mondo – gli USA seguono il Giappone⁸¹.

I primi 5 HPC americani cumulano una potenza di 350.375 TFlop/s, pari al 52,4% della potenza di calcolo complessiva americana. Tre di questi HPC sono dedicati alla ricerca: Summit, in uso presso l'Oak Ridge National Laboratory; Sierra e Trinity, impiegati da vari enti ma in particolare dallo U.S. Department of Energy (DOE). Selene invece è utilizzato da Nvidia Corporation in ambito industriale e Frontera è utilizzato da Texas Advanced

Figura 20 |

Primi 5 HPC americani per potenza computazionale, TFlop/s, 2020.

Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020



81 Ibid.

Computing Center e University of Texas in ambito accademico⁸².

Per quanto riguarda la strategia adottata dagli USA nel campo del supercalcolo si fa riferimento alla National Strategic Computing Initiative (NSCI) avviata nel 2015. Questo piano strategico ha alla base tre obiettivi principali:

- Accelerare lo sviluppo delle tecnologie HPC, puntando in particolare allo sviluppo delle tecnologie Exascale. Lo sviluppo di queste tecnologie riveste un'importanza fondamentale per promuovere gli avanzamenti della ricerca scientifica e tecnologica. Su questo aspetto sono state individuate due aree principali di azione, una prima volta al miglioramento delle componenti hardware e una seconda che punta a creare dei nuovi codici / software capaci di abilitare il funzionamento delle tecnologie “next generation” (Exascale) di supercalcolo;
- Creare e potenziare l'infrastruttura alla base del funzionamento dei sistemi HPC – in questo senso sono stati individuati alcuni trend di fondamentale importanza, tra cui l'integrazione / la convergenza di varie discipline: modellazione / simulazione, Data Analytics, Machine Learning e Artificial Intelligence. Questa convergenza richiede la creazione di un ecosistema di calcolo definito come “agile, robusto, sicuro, utilizzabile, capace e sostenibile”;
- Sviluppare un approccio olistico per favorire l'utilizzo dell'HPC a livello nazionale e potenziare la collaborazione pubblico-privata tra Governo, attori industriali, enti della ricerca e mondo accademico. Questa azione dovrà permeare l'intero contesto produttivo, industriale, governativo e accademico della Nazione al fine di favorire il consolidamento e il mantenimento della leadership internazionale degli USA nei campi della scienza, della tecnologia e dell'innovazione⁸³.

Per realizzare questa strategia il Governo americano ha messo a disposizione oltre 1,3 miliardi di Dollari per il 2020 al fine di sviluppare il programma “High-Capability Computing Infrastructure and Applications”⁸⁴.

⁸² Ibid.

⁸³ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su “National Strategic Computing Initiative Update: Pioneering the Future of Computing”, NITRD.gov (2019), 2020.

⁸⁴ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su White House.gov, 2020.

Summit – il secondo HPC più potente al mondo

Ad oggi il supercomputer americano più potente è “Summit” che con una potenza di 148.600 TFlop/s si posiziona al secondo posto mondiale – seguendo “Supercomputer Fugaku” del Giappone.

Summit si trova all’Oak Ridge National Laboratory in Tennessee.

Lo sviluppo di questo HPC è stato richiesto dallo US Department of Energy (DOE) che ha voluto Summit per condurre ricerche nei campi dell’energia, dell’Intelligenza Artificiale, della cosmologia, della medicina e della climatologia.

Secondo i dati riportati dalle fonti ufficiali il costo complessivo per lo sviluppo dell’HPC è stato pari a 325 milioni di Dollari.

Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Oak Ridge National Laboratory, 2020.

Il Giappone

Il Giappone è la seconda superpotenza mondiale con una capacità di calcolo di 593.700 TFlop/s, pari al 24,4% di quella disponibile globalmente. La potenza computazionale nipponica del 2020 ha fatto registrare il record di tasso di crescita rispetto al 2017: +850,2% (nel 2017 era infatti pari a 62.481 TFlop/s). Lo straordinario risultato è stato raggiunto in seguito all’installazione e al potenziamento del Supercomputer Fugaku, l’HPC più potente al mondo (442.010 TFlop/s). Nella classifica del Top-500 HPC il Giappone ha 34 supercomputer, equivalenti al 6,8% del totale della classifica top-500⁸⁵.

Nella classifica dei Top-10 HPC il Giappone ottiene il primo posto grazie al Supercomputer Fugaku che da solo riesce a superare la potenza computazionale dei 4 HPC americani (442.010 TFlop/s vs 330.216 TFlop/s)⁸⁶.

85 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020.

86 Ibid.

Dal grafico successivo si nota che la strategia del Giappone è stata quella di concentrare risorse e sforzi sullo sviluppo di un supercomputer – Supercomputer Fugaku. Questa affermazione è motivata dalla differenza di potenza computazionale del primo HPC giapponese e gli altri supercomputer della classifica Top-5 del Paese – il differenziale di potenza tra il primo e il secondo supercomputer è ben più elevato rispetto a quanto osservato negli altri casi.

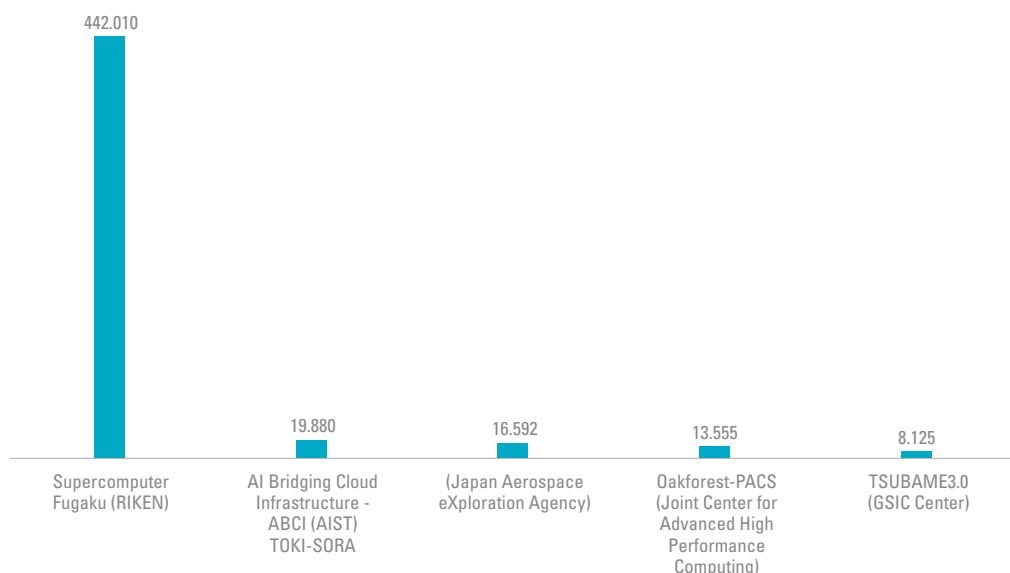
Figura 21 |

Primi 5 HPC giapponesi per potenza computazionale, TFlop/S, 2020.

Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020

I primi 5 HPC giapponesi hanno una potenza computazionale pari all'84,2% del totale della capacità di calcolo del Giappone – soltanto Supercomputer Fugaku rappresenta il 74,4% della potenza computazionale del Paese⁸⁷.

A livello di utilizzo i primi tre HPC della classifica Top-5 sono impiegati nel campo della ricerca e sono infatti localizzati in due Centri Nazionali di ricerca scientifica. Gli altri due HPC sono invece dedicati al settore accademico⁸⁸.



La strategia del Giappone nel campo dell'HPC affonda le radici nel 2006 con il lancio del programma "Next-Generation Supercomputer". Questo programma di sviluppo della potenza di

⁸⁷ Ibid.

⁸⁸ Ibid.

calcolo giapponese – gestito da HPCI (High Performance Computing Infrastructure⁸⁹) ha 3 obiettivi principali:

- Sviluppare i più avanzati e performanti HPC al mondo;
- Sviluppare nuove applicazioni nel campo delle nanotecnologie e delle Scienze della Vita capaci di sfruttare il pieno potenziale delle tecnologie HPC;
- Stabilire dei Centri di Eccellenza (CoE) per avanzare nella ricerca e nella formazione nel campo dell’HPC.

Il Governo giapponese ha allocato circa 215 milioni di Dollari (22,7 miliardi di Yen) per lo sviluppo della nuova generazione di supercomputer⁹⁰.

Supercomputer Fugaku – il più potente HPC al mondo

Riken è il più grande centro di ricerca giapponese e ospita Supercomputer-Fugaku, il primo HPC al mondo per potenza di calcolo (a novembre 2020).

Il Governo giapponese ha identificato un set di “priority issues” che dovranno essere risolte tramite l’impiego dell’HPC: creazione di una società sana e longeva, prevenzione dei disastri naturali e del cambiamento climatico, risoluzione dei problemi energetici, sviluppo della competitività industriale e avanzamento della ricerca scientifica di base.

Il costo totale di realizzazione del progetto è stato pari a circa 1 miliardo di Dollari.

Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito Riken e JapanTimes, 2020.

⁸⁹ HPCI è un Consorzio nato nel 2012. L’HPCI collega i principali supercomputer e i magazzini delle università e degli istituti di ricerca in Giappone attraverso reti ad alta velocità. La missione di HPCI è di realizzare l’ambiente informatico scientifico e tecnologico in cui una vasta gamma di utenti HPC in Giappone può accedere alle risorse HPC nazionali in modo efficiente. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito HPCI.Office.jp, 2020.

⁹⁰ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su High Performance Computing Infrastructure, HPCI, 2020.

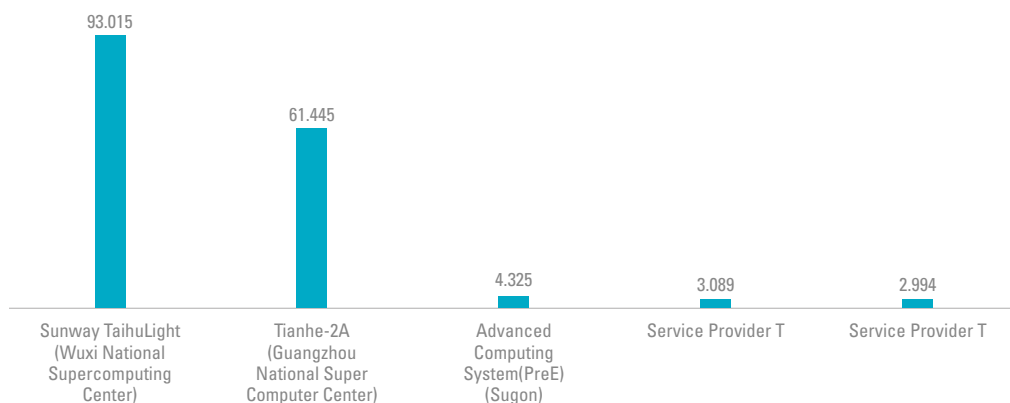
La Cina

La Cina è il terzo Paese per capacità computazionale installata, pari a 563.999 TFlop/s – ossia il 23,2% del totale mondiale. Questa potenza di calcolo è data da 212 HPC, pari al 42,4% del totale di supercomputer della classifica Top-500. Rispetto al 2017 la potenza di calcolo della Cina è aumentata del +139,9% (2020 vs 2017)⁹¹.

Se si considera il ranking dei primi 10 supercomputer per potenza computazionale al mondo la Cina si trova in terza posizione con una potenza di 154.459 TFlop/s, pari al 15,0% della potenza computazionale dei Top-10 HPC.

I primi 5 HPC cinesi rappresentano il 29,2% del totale della potenza computazionale del Paese. I primi due HPC – Sunway TaihuLight e Tianhe-2A – sono dedicati alla ricerca e sono in capo a due diversi Centri di Ricerca Nazionali (Wuxi e Guangzhou). Il terzo HPC della Cina è invece di proprietà di Sugon, uno dei produttori dei sistemi di supercalcolo cinese. Questo supercomputer è dichiarato essere un sistema pre-Exascale, il produttore sta quindi utilizzando l'architettura dell'HPC per simulare e sviluppare la prossima frontiera tecnologica dell'Exascale. Infine, gli ultimi due HPC di questa selezione non hanno un nome e sono indicati appartenere a “Service Provider T” – non è stato possibile ottenere ulteriori informazioni a riguardo⁹².

Figura 22 |
Primi 5 HPC cinesi
per potenza di calcolo,
TFlop/s, 2020.
Fonte: elaborazione
The European House
- Ambrosetti su dati
classifica Top-500, 2020



In termini di avanzamento della tecnologia e scelte strategiche la Cina ha avviato una serie di programmi di ricerca e sviluppo all'interno

⁹¹ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020.

⁹² Ibid.

del “National Key R&S Project”, tra questi ve ne è uno dedicato allo sviluppo delle tecnologie di High Performance Computing – il National High-Tech Research & Development Program (863 program)⁹³.

Il programma in questione è stato avviato nel 2016 e ha una durata di 5 anni (terminerà quindi nel 2021). Gli obiettivi del programma sono:

- Realizzare 3 HPC “Exa-prototype” di potenza ancora limitata (circa 60.000 TFlop/s) ma con architettura modello / simile a quella dei futuri Exascale;
- Sviluppare almeno due HPC di tipologia Exascale entro il 2021;
- Sviluppare 20 nuove applicazioni software per supportare il funzionamento dei futuri sistemi HPC Exascale.

A livello governativo non viene indicata una cifra complessiva per lo sviluppo del programma. È stato però indicato che ciascun HPC “Exa-prototype” avrà un range di costo variabile tra i 288 milioni di Dollari e i 432 milioni di Dollari⁹⁴.

Sunway TaihuLight – il supercomputer cinese

L’HPC cinese più potente si chiama “Sunway TaihuLight” ed è il quarto supercomputer più potente al mondo – potenza di calcolo pari a 93.015 TFlop/s.

Questo supercomputer si trova nel National Supercomputer Center di Wuxi (Jiangsu) ed è stato realizzato nel 2016.

I principali ambiti di impiego di Sunway TaihuLight sono nella ricerca del petrolio, nelle Scienze della Vita, nella meteorologia, nell’Advanced Manufacturing e nelle analisi dei Big Data.

Secondo quanto dichiarato dalle fonti ufficiali il costo di realizzazione è stato pari a 273 milioni di Dollari.

Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Jiangsu Industrial Technology Research Institute e CGTN, 2020.

⁹³ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su articolo “China Sets Ambitious Goal to Reach Exascale by 2020”, HPCWire, 2020.

⁹⁴ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su ScienceMag, HPCWire, CGTN e Jiangsu Industrial Technology Research Institute, 2020.

Il Canada

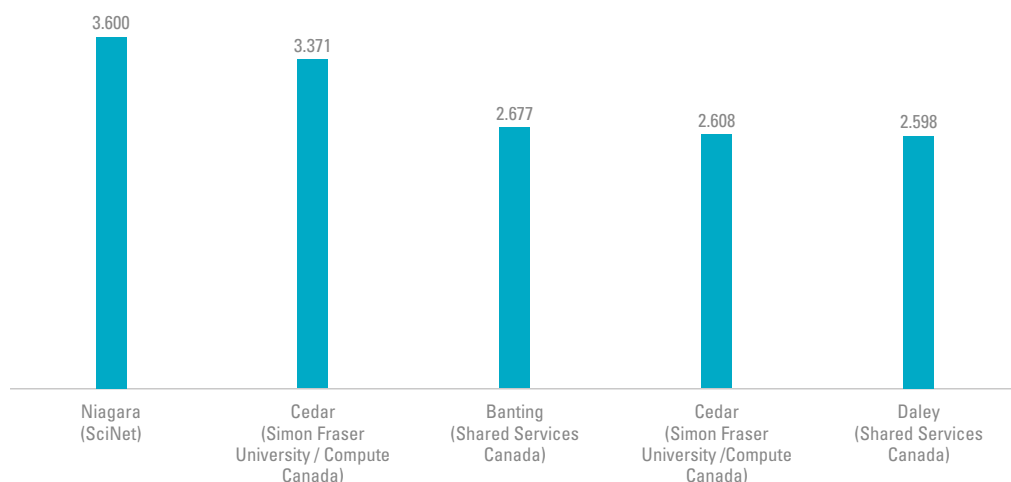
Figura 23 |

Primi 5 HPC canadesi per potenza computazionale, 2020.

Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020

Il Canada si trova al nono posto mondiale per potenza computazionale con 26.698 TFlop/s (pari all'1,1% della potenza complessiva mondiale). I supercomputer canadesi presenti nella classifica Top-500 sono 12. Ad oggi il Canada non conta alcun HPC nelle prime posizioni al mondo (Top-10)⁹⁵.

I primi 5 HPC cumulano una potenza computazionale di 14.853 TFlop/s, pari a circa la metà della potenza computazionale canadese.



La potenza computazionale del Canada è molto più ridotta rispetto ai precedenti Player globali. Al tempo stesso si è deciso di includere il Canada in questo processo dato il percorso di innovazione e di ricerca intrapreso dalla Nazione.

Ad oggi il Canada basa la propria strategia su un programma “Compute Canada”, definito per la prima volta nel 2006 e poi successivamente aggiornato. Il programma attuale (2018) si basa su tre principali obiettivi:

- Rendere il Canada uno dei leader mondiali nel campo della ricerca e dell'innovazione a base computazionale;

⁹⁵ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020.

- Dare rilevanza ai metodi computazionali quali elemento centrale nella ricerca;
- Sviluppare le competenze e l'infrastruttura per essere competitivi nell'HPC.

Per sviluppare questo programma è stato allocato un budget di circa 145 milioni di Dollari all'anno (2018)⁹⁶.

Niagara – il primo HPC del Canada

Il più potente supercomputer canadese è Niagara, 83^a posizione al mondo con una potenza computazionale di 3.599 TFlop/s. Questo HPC si trova presso l'Università di Toronto e fa parte del sistema di National Advanced Research Computing Infrastructure.

Niagara è utilizzato nei campi della ricerca scientifica, nello sviluppo dei cambiamenti climatici, nella meteorologia, nell'astrofisica e nello studio delle applicazioni dei Big Data.

Il sistema è stato finanziato congiuntamente dal Governo dell'Ontario, dalla Canada Foundation for Innovation e dall'Università di Toronto per un totale di circa 125 milioni di Dollari.

Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito Compute Canada, 2020.

⁹⁶ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Compute Canada, Innovation Canada e Compute-Calcul Ontario, 2020.

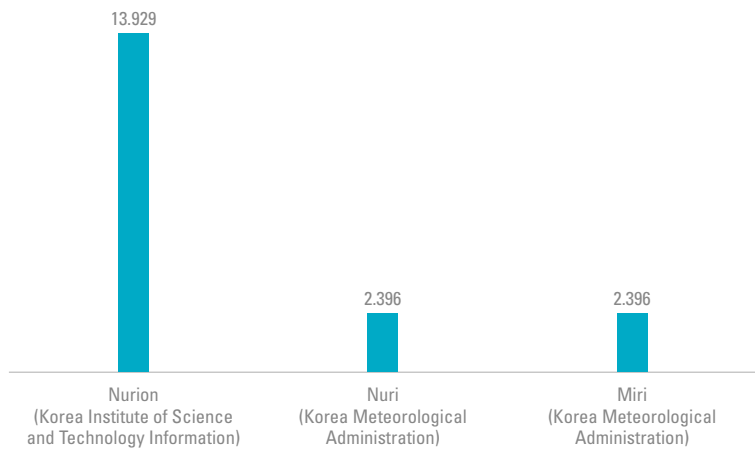
La Corea del Sud

La Corea del Sud si trova al tredicesimo posto mondiale con una potenza computazionale di 18.720 TFlop/s (0,8% della potenza computazionale) con 3 HPC nella classifica Top-500⁹⁷.

Tutti e tre gli HPC coreani sono utilizzati nei campi della ricerca: Nurion è impiegato dal Korea Institute of Science and Technology Information (KISTI), mentre Nuri e Miri sono utilizzati dal Korea Meteorological Administration⁹⁸.

Figura 24 |

I 3 HPC della Corea del Sud, TFlop/s, 2020.
Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020



La Corea del Sud è un attore che negli ultimi anni sta aumentando significativamente la quota di utilizzo e lo sviluppo di tecnologie nella propria società e nell'industria. Anche nel campo delle tecnologie HPC la Corea del Sud ha di recente messo in atto una strategia per aumentare la propria competitività.

A febbraio 2020 è stato lanciato il “Second National Basic Plan for HPC Promotion” con alcuni obiettivi chiave:

- Espandere l'uso dell'HPC in nuovi campi applicativi grazie all'analisi dei Big Data;
- Definire una roadmap per mettere a disposizione le risorse

⁹⁷ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020.

⁹⁸ Ibid.

- se necessarie per lo sviluppo dell'HPC;
- Sviluppare le tecnologie per la prossima generazione di HPC internamente al Paese per limitare la dipendenza da tecnologie estere.

Il budget messo a disposizione dal Governo è pari a 37,4 milioni di Dollari. Secondo le fonti analizzate a questo budget sono da aggiungersi anche fondi provenienti da enti privati che però non vengono meglio specificati⁹⁹.

L'HPC della Sud Corea – Nurion

Nurion è l'HPC della Corea del Sud e si trova al 21° posto mondiale per potenza di calcolo (13.939 TFlop/s). Il supercomputer è localizzato presso il Korean Institute of Science and Technology Information (KISTI).

A livello di ambiti applicativi Nurion sarà usato per la ricerca sulle origini delle galassie, per lo sviluppo di nuovi prodotti industriali, per alcune applicazioni business, per risolvere sfide sociali (ad es. disastri naturali e traffico) e per sviluppare nuove applicazioni di Intelligenza Artificiale e Big Data Analytics.

L'investimento totale del KISTI per la realizzazione dell'HPC è stato di 81 milioni di Dollari.

Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito Compute Canada, 2020.

⁹⁹ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su articolo BusinessKorea, Korea Institute of Science and Technology Information (KISTI), 2020.

03

**L'Emilia-Romagna quale
hub europeo del supercalcolo:
azioni, attori e contesto
di riferimento**

3.1

L'Italia quale attore chiave nella strategia europea

In questa sezione sono rappresentati e descritti i dati e le evidenze che provano il ruolo centrale dell'Italia nel contesto europeo per lo sviluppo dell'HPC.

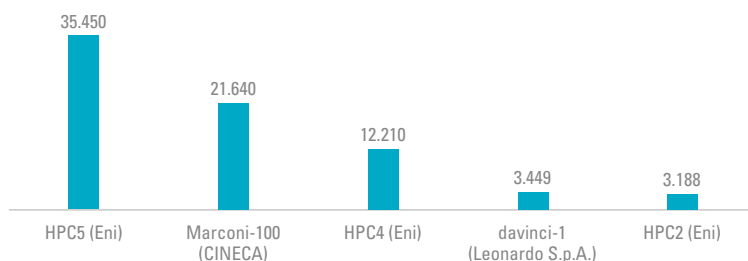
Nel 2020 l'Italia è il terzo Paese europeo per potenza di calcolo, con 78.529 TFlop/s, pari al 18,4% del totale UE. A livello mondiale il peso dell'Italia è pari al 3,2% della potenza complessiva degli HPC Top-500¹.

Rispetto al 2017², la potenza di calcolo dell'Italia è aumentata del +354%, passando da 17.308 TFlop/s ad oltre 78.529 TFlop/s³.

Nella classifica dei Top-10 HPC mondiali l'UE è rappresentata da Italia e Germania che si collocano rispettivamente al settimo (JUWELS Booster Module utilizzato presso il Forschungszentrum Juelich) e all'ottavo posto (HPC5 di Eni S.p.A.). La potenza computazionale cumulata di JUWELS Booster Module e HPC5 posiziona l'UE al quarto posto Top-10 mondiale per capacità di calcolo⁴.

A novembre 2020 gli attori del mondo del super calcolo italiano, censiti dalla Classifica Top-500, sono il CINECA, Eni S.p.A. e Leonardo S.p.A. – quest'ultimo è entrato a far parte dell'ecosistema del supercalcolo italiano in seguito all'installazione di una nuova macchina basata su tecnologia Atos, il “davinci-1”.

Figura 1 |
Primi 5 HPC italiani per potenza di calcolo, TFlop/s⁵, 2020. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020



¹ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Classifica Top-500.

² Come descritto nei precedenti capitoli si è scelto di paragonare i dati del 2020 ai risultati del 2017, anno scelto per la significatività rivestita a livello europeo (anno precedente al lancio di EuroHPC Joint Undertaking).

³ Ibid.

⁴ Ibid.

Considerando⁵ tutti gli HPC italiani della Classifica Top-500 2020, 5 su 6 hanno applicazioni in ambito industriale, mentre il restante è utilizzato in ambito accademico di ricerca. Questo risultato è particolarmente interessante se si considera che mediamente a livello UE il 67,1% degli HPC viene utilizzato in ambito Accademico e Ricerca ed il 31,3% in ambito industriale – questa segmentazione in favore del primo campo (Accademico e Ricerca) si accentua ulteriormente se si considera l'insieme “mondo”, raggiungendo il 66,5% (gli HPC usati in ambito industriale ottengono una quota del 25,2%). Questi dati attestano un sostanziale discostamento tra le dinamiche di utilizzo e destinazione degli HPC in Italia, in cui si registra un predominante utilizzo in ambito industriale, e altri contesti di riferimento (UE e Mondo)⁶.

Si ricorda che, come per gli altri Paesi europei, la strategia e le politiche nel campo dell'HPC sono coordinate a livello centrale dalla Commissione Europea. A livello italiano non è possibile identificare un vero e proprio documento volto a definire la strategia del Paese nel campo del super calcolo – lo sviluppo e la creazione di centri di super calcolo è affidata ai singoli attori, industriali e non. È però possibile individuare, anche a livello nazionale, alcuni richiami all'importanza dei sistemi HPC e alla necessità di favorirne lo sviluppo in alcuni documenti, in particolare nella Strategia Nazionale per l'Intelligenza Artificiale del 2020. In tale documento, presentato a febbraio 2020, viene dichiarata l'intenzione di sviluppare un'infrastruttura di calcolo capace di elaborare dati con algoritmi di AI (Intelligenza Artificiale), a riconoscimento del fatto che, per sviluppare soluzioni efficaci basate sull'AI, è necessaria una capacità HPC. In particolare, nel piano è dichiarata l'intenzione di disporre incentivi specifici rivolti allo sviluppo dei sistemi di super calcolo dedicati all'AI. Queste risorse saranno destinate in particolar modo alle PMI. Inoltre, nel documento pubblicato a settembre 2020, viene definito un piano di coordinamento delle infrastrutture di calcolo nazionali esistenti e in fase di costituzione, in modo da affiancare l'Istituto Italiano per l'Intelligenza Artificiale nella ricerca avanzata in diversi ambiti, tra cui 5G, industria 4.0 e Cyber Security⁷.

.....
5 Il valore delle potenza di calcolo rappresentato è Rmax.

6 Ibid.

7 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su Strategia Nazionale per l'Intelligenza Artificiale, Ministero Sviluppo Economico, 2020.

Nel contesto europeo, il valore dell'Italia è stato riconosciuto nelle fasi di assegnazione dei nuovi HPC pre-Exascale previsti in EuroHPC JU. L'Italia ha, infatti, ottenuto l'approvazione del progetto Leonardo: un progetto presentato dal CINECA in rappresentanza dell'Italia in accordo con il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (attuale Ministero dell'Università e della Ricerca), l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) e la Scuola Superiore di Studi Avanzati (SISSA).

Il progetto Leonardo è attualmente in via di sviluppo secondo una logica di Consorzio a cui partecipano 5 Paesi europei: Italia, Austria, Slovacchia, Slovenia e Ungheria. La *leading organization* del progetto è il CINECA e il supercomputer sarà ospitato presso il Tecnopolo di Bologna (ex-Manifattura Tabacchi), uno spazio messo a disposizione dalla Regione Emilia-Romagna⁸.

“L'Italia partecipa, in qualità di Paese fondatore, all'impresa comune (JU) EuroHPC, il cui mandato è l'implementazione in Europa di un'infrastruttura di supercalcolo di livello mondiale e di un ecosistema di innovazione competitivo nelle tecnologie, applicazioni e, soprattutto, in skill e competenze nel calcolo ad alte prestazioni. Il nostro Paese, infatti, ha una lunga tradizione di successi in questo ambito grazie alla lungimiranza del Ministero dell'Università e della Ricerca, alla persistente capacità operativa e alla competenza del CINECA, per garantire alla comunità scientifica nazionale e internazionale un'infrastruttura di supercalcolo adeguata e competitiva. CINECA è da oltre 50 anni un punto di riferimento per la comunità scientifica nazionale e internazionale nelle tecnologie di calcolo scientifico ad alte prestazioni. Grazie a risorse informatiche all'avanguardia e competenze eccellenti, rappresenta l'Italia a livello internazionale e da sempre mette a disposizione della ricerca pubblica e industriale soluzioni all'avanguardia nella scienza computazionale”, Eugenio Di Sciascio, Presidente di CINECA⁹.

8 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su fonti varie, 2020.

9 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito CINECA, 2020.

Leonardo – l'HPC pre-Exascale dell'Italia

Leonardo, una volta ultimato, diventerà uno dei 5 HPC più potenti al mondo con una capacità di calcolo pari a 248.000 TFlop/s – circa 10 volte la potenza di calcolo del sistema Marconi-100 in forza al CINECA.

A livello architetturale l'elaboratore sarà composto di 3 moduli per un totale di 5.000 nodi di calcolo e avrà una memoria (RAM) di oltre 3 Petabytes.

In termini di efficienza si stima una potenza pari a 9 MW con un Power Usage Effectiveness di 1,08 (significa che più del 92% dell'energia assorbita dal sistema è utilizzato per le operazioni di calcolo).

Il costo totale per la costruzione del sistema è pari a 240 milioni di Euro, di questi la metà sono relativi al costo del supercomputer. Il 50% del budget viene finanziato dall'UE e l'altra metà dall'Italia tramite i fondi del Ministero dell'Università e della Ricerca.

Da ultimo si ricorda che il 50% della potenza di calcolo di Leonardo sarà resa disponibile a ricercatori e imprese italiane così che anche questi attori possano sfruttare le potenzialità offerte dalla tecnologia HPC. Alcuni dei campi di applicazioni in cui potrà essere utilizzato Leonardo sono: drug discovery, space exploration and research, weather modeling, individuazione delle strategie per la mitigazione e la risposta agli eventi naturali come sisma, tsunami, eventi vulcanici e per l'assetto idrogeologico, per il contrasto alle situazioni di pandemia e di epidemie da patogeni.

Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito CINECA e EuroHPC JU, 2020.

3.2

L'ecosistema del super calcolo in Emilia-Romagna

L'HPC Leonardo sarà installato in Emilia-Romagna, Regione che già oggi è un *hub* di riferimento del super calcolo nazionale ed europeo. In particolare, attualmente in Emilia-Romagna è installata il 27,5% della potenza di calcolo nazionale e il 5,1% di quella europea.

Con l'introduzione di Leonardo, l'Emilia-Romagna andrà ad aumentare la propria quota di potenza di calcolo fino a superare l'82,6% della quota nazionale – *ceteris paribus* – e l'Emilia-Romagna aumenterà la propria rilevanza in Europa di +15,8 punti percentuali, al 20,9%¹⁰.

La Regione Emilia-Romagna ha da tempo avviato una serie di politiche di *Multilevel Governance* dell'ecosistema digitale regionale, per integrare in senso verticale le azioni regionali, nazionali ed europee in modo da favorire lo sviluppo di processi di innovazione e l'affermazione della Regione quale leader nel campo della Data Economy.

In riferimento al calcolo HPC, si tratta di una vocazione territoriale radicata e di lungo periodo, che risale agli anni '60. L'Emilia-Romagna e Bologna sono infatti i luoghi in cui governo nazionale, Sistema-Paese e attori dell'accademia e dell'innovazione hanno storicamente investito nel supercalcolo, dal CNEN (Comitato Nazionale per Energia Nucleare) all'ENEA (oggi Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) e all'INFN (Istituto Nazionale Fisica Nucleare) per arrivare al CINECA. Oggi questa vocazione si consolida e assume prospettive continentali, con la collocazione dell'European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, lo sviluppo di un'infrastruttura come il Tecnopolo di Bologna - che rigenera l'area dismessa dell'ex Manifattura Tabacchi – e la rea-

¹⁰ Questo dato è stato calcolato considerando la sola introduzione dell'HPC Leonardo, sono quindi stati esclusi gli altri HPC di EuroHPC JU. È quindi lecito aspettarsi un minor valore della quota dell'Emilia-Romagna sul totale europeo una volta che si sarà aggiunta la potenza computazionale degli altri 7 HPC. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Classifica Top-500 e EuroHPC JU, 2020.

lizzazione dell'HPC Leonardo, vera e propria capacity europea a disposizione del quadrante sud-Europa¹¹.

L'Emilia-Romagna ha anche avviato una serie di azioni volte a posizionare la Regione come hub internazionale della ricerca, tra cui:

- La creazione di una rete di 10 tecnopoli¹²;
- La creazione di una rete di Scuole di alta formazione¹³;
- La creazione dell'associazione Big Data¹⁴;
- La definizione di un accordo di sistema tra CINECA e INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare);
- Il trasferimento da Reading (UK) dell'ECMWF (Centro Europeo Previsioni di medio raggio);
- La localizzazione dell'HPC Leonardo;

-
- 11 Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su libro "4.0. La nuova rivoluzione industriale" di Patrizio Bianchi (2018) e articolo "Crisi industriale e catene del valore" di Patrizio Bianchi (2020), 2021.
- 12 La rete di tecnopoli è dislocata in tutta la Regione, nello specifico: Bologna, Bologna CNR, Ferrara, Forlì-Cesena, Modena, Parma, Piacenza, Reggio-Emilia, Rimini e Ravenna. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su sito Tecnopoli, Regione Emilia-Romagna, 2020.
- 13 Le 10 Scuole di Alta formazione sono: Servizi e innovazione per Industria 4.0, SOLO. Corso di Alta Formazione Musicale per Strumentisti Solisti (organizzate da Alma Mater Studiorum Università di Bologna); Emilia-Romagna International School of Policy - ERISP, After the damages | Prevention and safety solutions through design and practice on existing built environment. The Italian experience (organizzate da Università degli Studi di Ferrara); Advanced Schools in Artificial Intelligence in Emilia-Romagna, Alta Formazione e innovazione per lo Sviluppo Sostenibile dell'Appennino - AL.FO.N.S.A., Scuola internazionale di alta formazione MUNER in Automotive per una mobilità intelligente (organizzate da Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia); Sostenibilità alimentare: da problema globale a opportunità di sviluppo socioeconomico regionale (organizzata da Università di Parma); Future Earth Research School - FERS (organizzata da Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC)); Religious Pluralism, HIstorical knowLEdge: exchange, education, resources, teaching expertise - REPHILE (organizzata da FSCIRE - Fondazione per le Scienze Religiose Giovanni XXIII). Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su sito Regione Emilia-Romagna, 2020.
- 14 L'Associazione Big Data è stata creata nel 2015 per interconnettere e sfruttare congiuntamente le conoscenze, le capacità, le potenzialità di ricerca e innovazione della comunità del supercalcolo e dei Big Data, per sfruttare gli effetti delle azioni e degli investimenti fatti finora e per massimizzare il loro impatto, a livello locale (Emilia-Romagna) ma anche nazionale, comunitario e internazionale. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su sito Associazione Big Data, 2020.

- Lo sviluppo di un'offerta formativa su Big Data e Intelligenza Artificiale¹⁵;
- La costituzione dell'International Foundation Big Data e Artificial Intelligence for Human Development (IFAB)¹⁶.

Le azioni attuate dagli enti regionali e dagli attori del mondo della ricerca del territorio hanno reso l'Emilia-Romagna la "Data Valley" d'Europa. In particolare, questo titolo è stato associato alla Regione in seguito agli sviluppi del Tecnopolo di Bologna: tra le altre l'assegnazione del bando EuroHPC JU per la costruzione del supercomputer Leonardo e la decisione dell'ECMWF di insediarsi proprio a Bologna.

Il Tecnopolo si sta specializzando in alcuni settori importanti per la Regione, tra cui: automazione, packaging, elettromedicale, cosmetica, agroalimentare, monitoraggio e bonifica ambientale, e ha in corso una nuova fase di espansione che porterà ad ospitare i Data Center di CINECA, INFN, del già citato ECMWF, dell'ENEA, dell'Istituto Ortopedico Rizzoli, dell'Art-Er, del Competence Center Bi-rex e dell'Agenzia Nazionale Italia Meteo. Inoltre, il Polo è oggi candidato ad ospitare il programma UE di osservazione orbitale "Copernicus"¹⁷.

La Regione Emilia-Romagna riveste un ruolo centrale anche nell'economia italiana. Di seguito sono analizzati e descritti alcuni indicatori che mostrano il posizionamento della Regione nel contesto economico italiano.

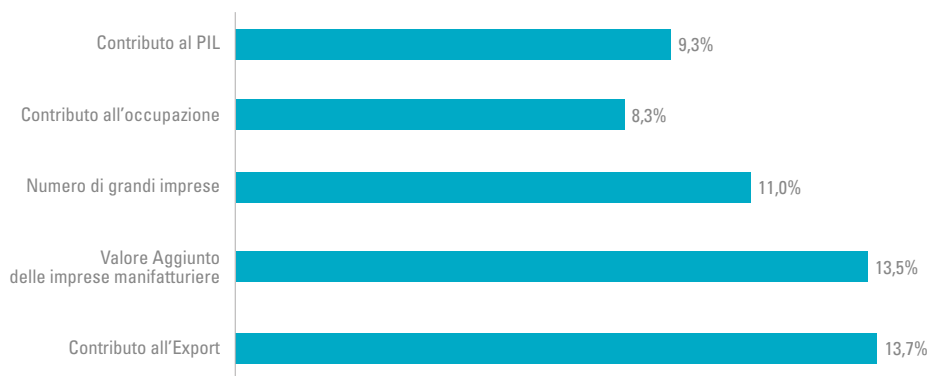
- Prima per crescita del PIL regionale nell'ultimo quinquennio;
- Tasso di disoccupazione pari al 5,5% rispetto alla media nazionale del 10% (e al 6,1% del Nord Italia);
- Seconda Regione italiana per numero di grandi imprese – dopo la Lombardia;
- Terza Regione italiana per numero di imprese manifatturiere (9%) – segue Lombardia e Veneto;

15 Questa offerta formativa fa riferimento ad alcuni corsi erogati da Università di Bologna, ad esempio il corso di laurea magistrale in Artificial Intelligence, e ad alcuni corsi della Bologna Business School, ad esempio il Master Digital Technology Management, il Master in Data Science e il corso di perfezionamento su Data Strategy & Analytics. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su Formazione per Big Data e supercalcolo, Regione Emilia-Romagna, 2020.

16 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su articolo "Arriva il Big Data Hub Emilia-Romagna, pilastro per il supercalcolo scientifico dell'intero sistema nazionale di ricerca", Industria Italiana, 2020.

17 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Regione Emilia-Romagna, 2020.

- L'Emilia-Romagna è la prima Regione italiana per valore dell'Export Pro-Capite.



La Regione si contraddistingue, tra le regioni italiane, anche per l'alto livello di innovazione. In particolare:

- È prima per lo sviluppo digitale secondo l'indice DESI (Digital Economy and Society Index);
- È prima per addetti alla Ricerca e Sviluppo per 1.000 abitanti (unità espresse in equivalenti tempo pieno), pari a 9,5;
- È prima per numero di ricercatori in percentuale sul numero di addetti totali (7,8%) – a pari merito con il Piemonte;
- È prima per quota di spesa in Ricerca e Sviluppo su Prodotto Interno Lordo (2%);
- È seconda per intensità brevettuale (133 brevetti registrati per abitante) – dopo Friuli-Venezia-Giulia. Inoltre, l'Emilia-Romagna si trova al primo posto per propensione alla brevettazione nei distretti della meccanica (brevetti ogni 1.000 addetti)¹⁸;
- Occupa 5 dei primi 10 posti in Italia per propensione a brevettare nel settore della meccanica (brevetti richiesti all'EPO ogni 1.000 addetti)¹⁹;

Figura 2 | Contributo dell'economia dell'Emilia-Romagna al Paese, percentuale sul totale nazionale, 2019 o ultimo dato disponibile. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Istat, Eurostat, Banca d'Italia e Regione Emilia-Romagna, 2020

¹⁸ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Rapporto annuale N 11 su economia e finanza dei distretti industriali, Intesa San Paolo (2018), 2020.

¹⁹ Ibid.

- È prima per tasso di attrattività universitaria (rapporto tra saldo migratorio netto degli studenti e il totale degli studenti immatricolati), pari a 34%²⁰;

Inoltre, in Emilia-Romagna è attivo l'8,1% delle start-up nazionali innovative, pari a 971 imprese, numero che la mette al quarto posto dopo Lombardia (3.324, pari al 27,7% del totale nazionale), Lazio (1.429, 11,9%) e Campania (1.015, 8,4%)²¹.

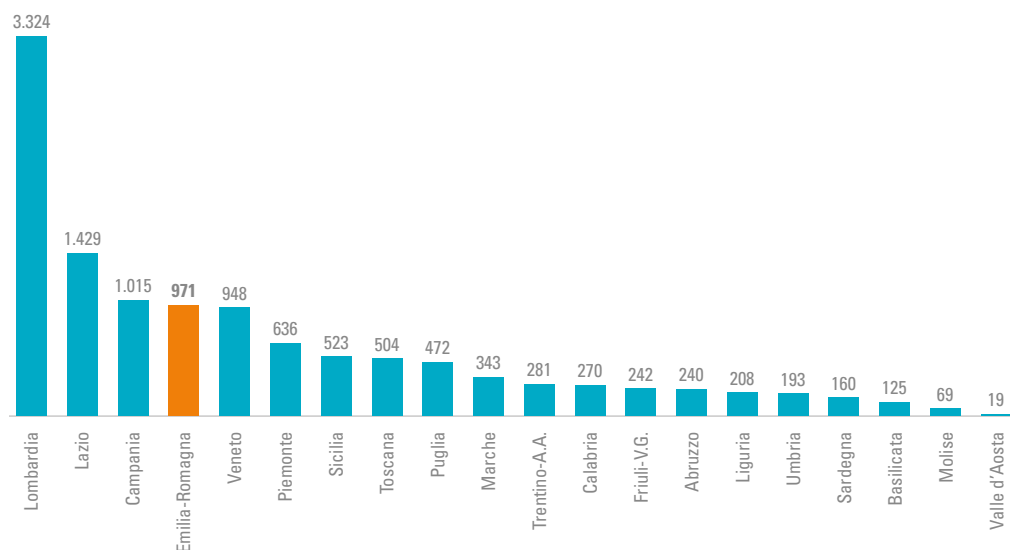


Figura 3 |
Distribuzione regionale
delle start-up nazionali,
valori assoluti, 2020.
Fonte: elaborazione
The European House
- Ambrosetti su dati
Registro Imprese
Innovative, 2020

In particolare, Bologna è la quinta provincia in Italia per numero di start-up innovative (320)²².

Nella Regione è presente un network a sostegno dell'innovazione particolarmente sviluppato: 74 laboratori di ricerca industriale, 12 centri per l'innovazione, 10 tecnopoli, 10 spazi per neolaureati nei Tecnopoli, 83 tra incubatori e strutture a supporto della creazione di impresa e 10 laboratori aperti nelle città²³.

²⁰ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Istat, Indicatori di Sviluppo Territoriali (2019 o ultimo dato disponibile), 2020.

²¹ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su Registro Imprese Innovative, 2020.

²² Ibid.

²³ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su fonti varie, 2020.

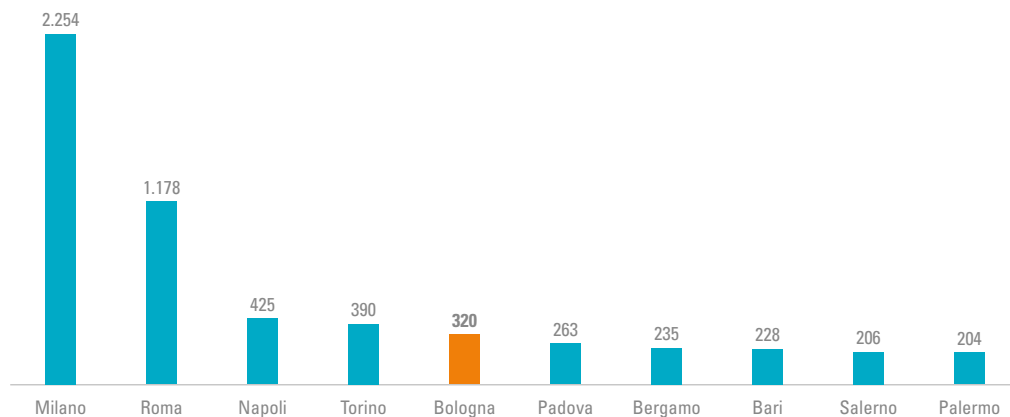


Figura 4 |
Prime 10 Province italiane per numero di startup innovative, valori assoluti, 2020.
Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Registro Imprese Innovative, 2020

La Regione Emilia-Romagna ha sviluppato la propria Smart Specialization Strategy (S3), andando a definire un quadro strategico di azioni con l'obiettivo del rafforzamento competitivo e della crescita occupazionale del sistema economico regionale²⁴. Nello specifico, la Smart Specialization Strategy è uno strumento lanciato dalla Commissione Europea nel 2017, con l'obiettivo di favorire un miglioramento delle politiche pubbliche nei campi dell'innovazione e della ricerca. La strategia è stata declinata a livello nazionale e a livello territoriale, in modo da soddisfare i bisogni specifici di ciascuna area geografica. Nel caso dell'Italia ciascuna Regione ha sviluppato la propria strategia²⁵.

Per migliorare la competitività e la situazione occupazionale, l'Emilia-Romagna ha puntato a coinvolgere in maniera sinergica gli attori pubblici, gli enti della ricerca e della formazione e gli attori industriali operanti nella Regione – si può quindi parlare di una vera e propria strategia olistica. Il coinvolgimento di queste diverse tipologie di attori è stato poi combinato con una visione a tutto tondo degli obiettivi: si passa, infatti, dal tema dell'ambiente, a quello dello sviluppo sostenibile, dalle nuove tecnologie e dall'ICT, alla salute e all'attrattività turistica²⁶.

24 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su Smart Specialization Strategy Emilia-Romagna, 2020.

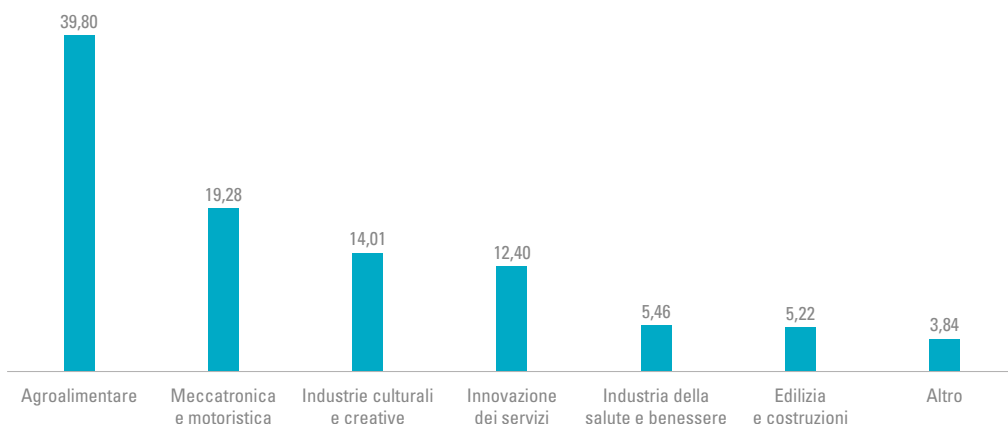
25 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Smart Specialization Strategy EU e Regione Emilia-Romagna, 2020.

26 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati “Strategia di ricerca e innovazione per la specializzazione intelligente”, Regione Emilia-Romagna, 2020.

In particolare, l'Emilia-Romagna ha declinato i temi sopracitati sui distretti chiave della Regione: agroalimentare, meccatronica e motoristica, costruzioni, salute e benessere, cultura e creatività. I primi 3 ambiti sono considerati dalla Regione “attuali pilastri dell’economia”, mentre gli altri due sono ritenuti ambiti “a grande potenziale di espansione”. In questi campi, la Regione individua la necessità di sviluppare tecnologie innovative da combinare con lo sviluppo di servizi ad alta intensità di conoscenza e, quindi, avviare programmi di formazione che mettano le persone in grado di gestire i cambiamenti in atto²⁷.

Figura 5 |

Distribuzione dei progetti realizzati per ambito di applicazione, valori percentuali, 2014-2020. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Regione Emilia-Romagna, 2020



In termini di investimento, i progetti della Smart Specialization Strategy (S3) hanno attratto nella Regione 3,1 miliardi di Euro di investimenti. Di queste risorse, circa il 37,1% (1,16 miliardi di Euro) è stato utilizzato nell’ambito dell’agroalimentare, il 30,6% (957,4 milioni di Euro) nel settore della meccatronica e della motoristica e il 7,2% (226,5 milioni di Euro) nell’ambito

²⁷ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su “Individuazione orientamenti innovativi per la strategia regionale di Innovazione per la Smart Specialization”, Emilia-Romagna, 2020.

²⁸ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati “Sistemi di monitoraggio programmi”, Regione Emilia-Romagna, 2020.

della salute e del benessere. In definitiva si osserva una sostanziale concentrazione dei fondi nei campi dell'agroalimentare e dell'automotive: i due settori trainanti dell'ecosistema industriale dell'Emilia-Romagna²⁹.

Per quanto concerne l'innovazione e l'avanzamento tecnologico favoriti dalla strategia S3 della Regione, sono stati raggiunti alcuni importanti risultati:

- La creazione di 185 nuove imprese, di cui il 31,4% nel campo della meccatronica e della motoristica e il 22,7% nell'ambito dell'innovazione dei servizi;
- La generazione di 228 brevetti (direttamente dai progetti), di cui il 54,4% nel campo della meccatronica e della motoristica e il 14,9% nell'ambito dell'agroalimentare;
- La definizione di 686 contratti a laboratori di ricerca, di cui il 45,2% per progetti nel campo della meccatronica e della motoristica e il 17,9% nell'ambito della salute e del benessere;
- Il coinvolgimento di 2.976 ricercatori, di cui il 69,8% sono considerati "nuovi ricercatori". Il 34,1% dei nuovi ricercatori è stato coinvolto da attori del mondo dell'automotive e il 20,1% in ambiti relativi all'agroalimentare;
- La formazione di 59.268 persone, di cui il 37,7% nel campo dell'agroalimentare e il 29,4% nell'ambito della meccatronica e della motoristica³⁰.

29 Ibid.

30 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Regione Emilia-Romagna, 2020.

3.2.1 *IL CINECA*

Il CINECA nasce nel 1967 ed è oggi un Consorzio interuniversitario formato da 82 Enti pubblici, con 5 sedi – Bologna, Milano, Roma, Napoli e Chieti – ed oltre 800 dipendenti.

Nel contesto nazionale, il CINECA riveste una grande importanza quale attore cardine dell'ecosistema del supercalcolo e della ricerca scientifica. Esso è, infatti, il maggiore centro di calcolo italiano per capacità computazionale. Ad oggi, il primo supercalcolatore del Centro è il Marconi-100, classificatosi all'undicesimo posto della classifica Top-500 di novembre 2020³¹.

Il CINECA è un attore chiave di supporto alla comunità scientifica nazionale, alla quale mette a disposizione la propria infrastruttura tecnologica: sistemi gestionali per le amministrazioni universitarie e il Ministero Università e Ricerca (MUR), sistemi informativi per la Pubblica Amministrazione, per la sanità e per le imprese.

Gli ambiti di attività del Consorzio si declinano in:

- Infrastruttura | dare gli strumenti e le componenti necessarie ai ricercatori per svolgere ricerca di frontiera ad alto valore aggiunto;
- Data Analytics | sviluppare proposte tecniche, strumenti e soluzioni per creare valore dall'analisi di grandi quantità di dati;
- Produzione e utilizzo delle risorse | creare un ambiente condiviso a tutti i sistemi HPC del Consorzio al fine di immagazzinare e uniformare la gestione dei dati e dei risultati delle analisi;
- Data Science | utilizzare le grandi moli di dati disponibili nei contesti industriali e della ricerca in combinazione con nuove metodologie e strumenti di analisi per migliorare lo studio di nuovi metodi di apprendimento automatico, di analisi predittiva e di elaborazione di immagini;
- Ricerca e Sviluppo | anticipare le evoluzioni tecnologiche conducendo studi sperimentali sulle tecnologie più di frontiera. In questo modo CINECA presta particolare attenzione nel monitorare le tecnologie emergenti in vari campi: dall'analisi dei dati alla realtà virtuale, fino al Quantum Computing³².

31 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati Classifica Top-500, 2020.

32 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su sito CINECA, 2020.

Inoltre, dal 2010 il CINECA è rappresentante italiano in PRACE – la partnership descritta nel secondo capitolo del presente Rapporto, che opera con l’obiettivo di porre le basi per il supercalcolo scientifico.

Il Consorzio si posiziona oggi come promotore della Digital Transformation dell’ecosistema imprenditoriale italiano. Inoltre, CINECA è attivo nel campo della ricerca, fornendo in particolare capacità di calcolo agli enti consorziati. In questo modo il Consorzio agisce come abilitatore della ricerca di base a livello nazionale.

Nello specifico il CINECA ha sviluppato tre modalità di collaborazione con gli attori industriali:

- Sviluppo congiunto – consiste nello stabilire una relazione continuativa di lungo periodo tra il Consorzio e un’azienda. Da questo rapporto si ottiene un processo di innovazione che sfocia nel Trasferimento Tecnologico dei risultati dal laboratorio all’industria. Nel concreto il processo avviene tramite lo sviluppo di una serie di progetti collaborativi CINECA - azienda;
- Digital Innovation hub – risulta nella fornitura di servizi di super calcolo e di Cloud computing alle imprese. In questo modo, CINECA mette a disposizione del tessuto imprenditoriale i servizi di simulazione e modellazione abilitati dalle tecnologie HPC, favorendo così l’innovazione tecnologica in attori che altrimenti non avrebbero modo di accedere a tali tecnologie. Inoltre, sempre per raggiungere lo stesso obiettivo, CINECA mette a disposizione anche le competenze, necessarie alle imprese di più contenute dimensioni, per beneficiare della trasformazione digitale;
- Sviluppo di *Proof of Concept* – fornisce alle imprese potenza di calcolo, strumenti di Intelligenza Artificiale e Big Data Processing per accelerare il “time-to-solution”, ossia ridurre il tempo per ottenere la risoluzione di un problema. In questo senso l’obiettivo di CINECA consiste nel favorire un maggior utilizzo delle soluzioni tecnologiche di ultima generazione per ottenere rapidamente risultati e sviluppare nuovi prodotti / soluzioni³³.

33 Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su articolo “Cineca, dove la forza del supercomputer incontra l’Industria”, Industria Italiana, 2020.

L'impegno del CINECA per l'industria 4.0: il Consorzio Bi-Rex

CINECA è uno dei membri fondatori di Bi-Rex, uno dei Competence Center voluti dal Ministero dello Sviluppo Economico. Bi-Rex sta per Big Data Innovation & Research Excellence. I capitali messi a disposizione del Competence Center sono pari a 24,2 milioni di Euro: 9,2 milioni di Euro dal MiSE e 15 milioni di Euro dai partner privati.

Il Competence Center raccoglie 57 attori tra Università, Centri di Ricerca e attori industriali. L'obiettivo primario di questo centro è favorire la diffusione delle tecnologie di industria 4.0, quindi digitali, all'interno del tessuto economico del territorio. In particolare, secondo quanto riportato dai promotori, si intende favorire l'utilizzo degli strumenti digitali di analisi e modellazione da parte delle Piccole e Medie Imprese (PMI).

L'ecosistema di Bi-Rex è vario e si compone di diversi attori / diverse iniziative tra cui: laboratori industriali di ricerca, infrastrutture RER, Tecnopoli, Digital Innovation Hub RER, Associazioni di categoria, attori aderenti al piano Emilia-Romagna Smart Specialization Strategy (S3), gli altri 7 Competence Center nazionali, i Digital Innovation Hub e i Competence Center europei.

Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su fonti varie, 2020.

3.3

I Distretti dell'Emilia-Romagna

L'Emilia-Romagna si caratterizza per una struttura industriale organizzata in distretti in cui un gruppo di imprese si specializza nel realizzare un prodotto e diventa il centro di massa che attrae tutti gli altri attori della filiera industriale: è un'evoluzione verso logiche di filiera produttiva, in cui si realizza una vera e propria integrazione dei gruppi industriali³⁴.

Questa struttura del comparto produttivo ha permesso alle aziende della Regione di superare, in parte, i limiti tipici legati alla piccola dimensione delle imprese quali, ad esempio, scarsa dotazione finanziaria, limitata propensione all'innovazione e all'assunzione di rischi³⁵.

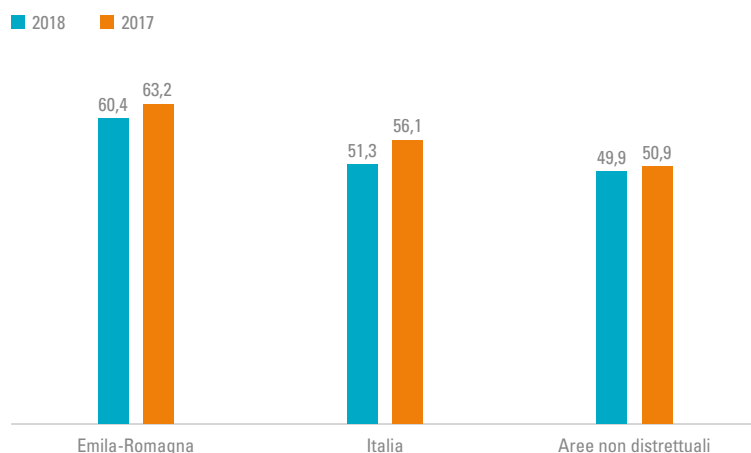
³⁴ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su Giovani Imprenditori Confindustria Emilia-Romagna (2018), 2020.

³⁵ Ibid.

Le aziende che fanno parte dei distretti industriali si caratterizzano per una maggiore produttività del lavoro (in termini di valore aggiunto pro-capite) rispetto alla media delle imprese italiane e alla media delle imprese dell'Emilia-Romagna non facenti parte di distretti. In particolare, nella rilevazione del 2017, le imprese dei distretti dell'Emilia-Romagna hanno fatto registrare una produttività del lavoro superiore del +12,6% rispetto alla media italiana e del +24,1% rispetto alle imprese dell'Emilia-Romagna delle aree non distrettuali.

Figura 6 |

Produttività del lavoro, valore aggiunto per addetto, migliaia di Euro a prezzi correnti (valori mediani), 2008 e 2017. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Intesa Sanpaolo, 2020



L'aggregazione, la cooperazione e il coordinamento delle imprese hanno consentito all'Emilia-Romagna di collocarsi tra le regioni industriali più avanzate d'Europa, con imprese d'eccellenza in tutti i settori, tecnologicamente avanzate e con ottime capacità di presenza sui mercati esteri³⁶.

Nel contesto industriale della Regione Emilia-Romagna, il ruolo rivestito dalle filiere di prossimità è da considerarsi un fattore di vantaggio competitivo. La vicinanza tra fornitori e committenti permette di realizzare delle sinergie e facilita l'adozione di tecnologie 4.0 – ossia gli strumenti tecnologici che abilitano una maggiore collaborazione, rapidità di sviluppo e innovazione dei prodotti e dei processi industria. Secondo le stime di Intesa

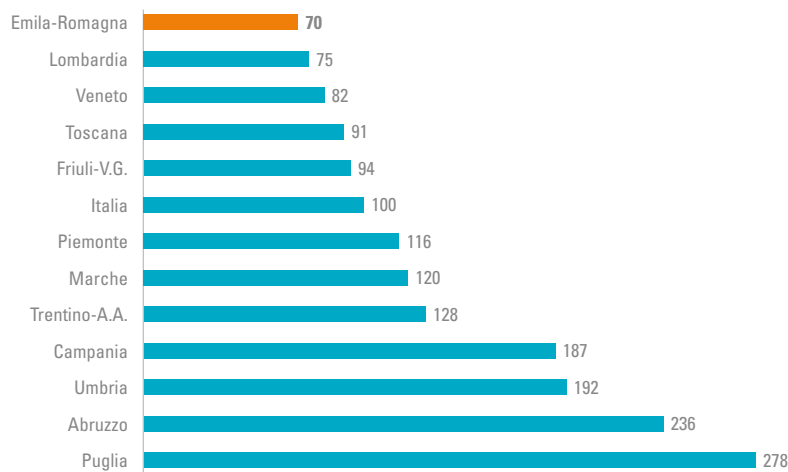
³⁶ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su articolo “I distretti industriali dell'Emilia Romagna tra continuità e rinnovamento”, Sasuolo (2019), 2020.

Figura 7 |

Distanze media degli acquisti delle imprese distrettuali per Regione e media Italia, km ponderati per importo delle transazioni, 2017.

Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Intesa Sanpaolo, 2020

Sanpaolo si tratta di una vicinanza di 70 km in media per i distretti dell'Emilia-Romagna, il valore più basso nel panorama distrettuale italiano e nettamente inferiore alla media dei distretti italiani (100 km) e alle distanze osservate nelle forniture delle aree non distrettuali della Regione (106 km)³⁷.

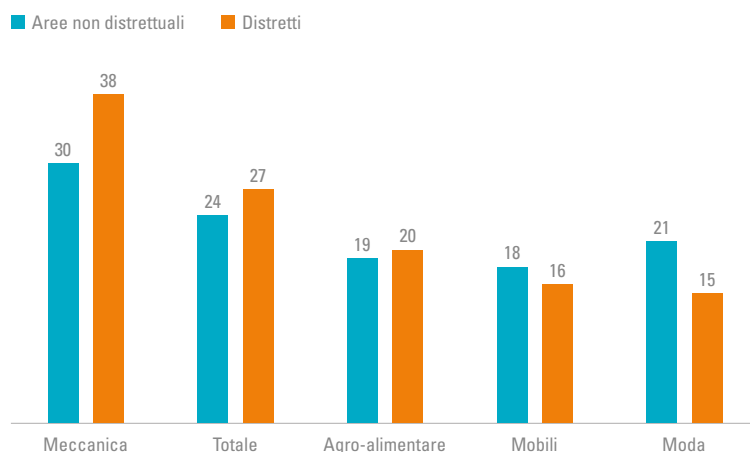


Per ciò che riguarda le tecnologie digitali, esse sono più diffuse nei distretti che nelle aree non-distrettuali, soprattutto nei distretti della meccanica (Figura 8)³⁸.

Figura 8 |

Imprese che adottano tecnologie digitali in Emilia-Romagna, valore percentuale, 2018.

Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Intesa Sanpaolo, 2020



³⁷ Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Intesa Sanpaolo, 2020.

³⁸ Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Intesa Sanpaolo, 2020.

Nella distribuzione delle aziende meccaniche che utilizzano tecnologie digitali è stato rilevato il ruolo trainante delle aziende di medie-grandi dimensioni, il 52% delle quali utilizza tecnologie 4.0. Al contrario, strumenti e tecnologie digitali sono poco presenti nelle microimprese (29%) e nelle piccole imprese (37%)³⁹.

La limitata diffusione delle tecnologie industry 4.0 – presenti solo nel 26% delle imprese regionali – è dovuta, in parte, alla difficoltà di reperire i talenti. Emerge infatti la presenza di uno *skill mismatch* che limita la capacità delle aziende di individuare e assumere personale capace di utilizzare le tecnologie digitali. In particolare, il nodo delle competenze sembra essere più accentuato in alcuni ambiti industriali: aziende del settore mobili, dell'agro-alimentare, del sistema moda e della meccanica (Figura 9).

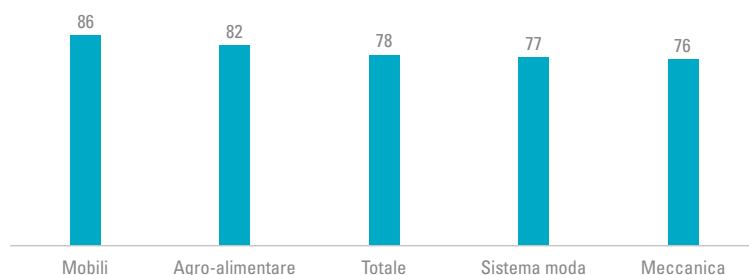


Figura 9 | Aziende che segnalano difficoltà a reperire personale specializzato in ambiente 4.0, valori percentuali, 2018. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati Intesa Sanpaolo, 2020

I distretti emiliano-romagnoli di eccellenza a livello nazionale e internazionale sono:

- Macchine per imballaggio – Bologna
- Macchine per il legno – Rimini
- Macchine per l'industria alimentare – Parma
- Macchine per l'industria della ceramica – Modena / Reggio Emilia
- Macchine utensili – Piacenza
- Macchine agricole – Modena / Reggio Emilia
- Automotive – ecosistema Motor Valley
- Medica e Biomedica – Mirandola

³⁹ Ibid.

04

**Gli impatti dell'High
Performance Computing
per il Paese e per i territori,
per l'industria e per
l'ecosistema dell'innovazione**

4.1

Introduzione e modello logico delle analisi

Lo sviluppo delle tecnologie connesse al paradigma dell'High Performance Computing¹ generano impatti positivi connessi all'**applicazione dell'elevata capacità di calcolo** nei diversi settori industriali, dell'innovazione e del servizio.

Impatti positivi sono anche legati alla fase di **sviluppo di un HPC e delle relative infrastrutture abilitanti e di supporto**, considerando l'indotto e l'occupazione qualificata attivati lungo le catene di fornitura a livello globale, nazionale e nei territori.

Infine, occorre considerare **l'effetto catalizzatore dell'investimento** in soluzioni di frontiera come gli HPC a beneficio del sistema economico-produttivo, dell'ecosistema dell'innovazione e della ricerca, ma anche dei singoli territori che grazie all'insediamento di un HPC – abilitante la Data Economy – decidono di puntare, diventando veri e propri attrattori di investimenti privati e pubblici, ma anche di talenti e capitale umano.

Proprio per quantificare e stimare a 360° questi impatti, The European House – Ambrosetti, insieme ad ATOS, ha deciso di sviluppare una **metodologia di analisi proprietaria** che è sintetizzata attraverso il seguente schema logico:

Figura 1. |

Modello analitico per la valutazione quali-quantitativa degli impatti connessi all'High Performance Computing e alle strategie di investimento e localizzazione del Sistema-Italia e dei suoi territori (illustrativo), The European House – Ambrosetti, 2020.



¹ Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su Commissione Europea, 2020.

Nello specifico, questa modellizzazione è stata applicata all'**Italia** e all'investimento connesso alla realizzazione dell'HPC Leonardo in **Emilia-Romagna**.

Quantificazione degli impatti

4.2

A partire dal modello presentato, è quindi possibile stimare gli impatti abilitati dall'HPC per:

- **il settore business e per l'industria**, con riferimento a quei soggetti che decidono di investire in tecnologie connesse all'High Performance Computing;
- **il mondo della ricerca**, inclusi gli impatti e le ricadute per i territori che ospitano capacità di supercalcolo a disposizione del Sistema produttivo e dell'innovazione.

Con riferimento al primo ambito – e come già illustrato nei capitoli precedenti – l'HPC è in grado di offrire **grandi benefici ai business player che decidono di adottare questa tecnologia**. In particolare, i maggiori vantaggi possono essere ottenuti da:

- le realtà in grado di abbracciare compiutamente il paradigma della **trasformazione digitale**, attraverso una profonda innovazione dei propri business model;
- gli attori in grado di beneficiare della **Data Economy** e dall'utilizzo di dati complessi per migliorare processi e modelli, portare avanti attività di ricerca e di sviluppo, innovare prodotti e offrire servizi a maggior valore aggiunto;
- i settori e per le aziende per cui sono critiche la capacità previsionale e di modellizzazione a tutti i livelli, inclusi: l'abbattimento dei **rischi legati all'incertezza** (sviluppo di farmaci e molecole, ...), la riduzione dei **costi** (es. manutenzione predittiva nella manifattura, ...), l'efficacia della fase di **R&D** (es. velocità e minimizzazione dei rischi associati alla fase di **prototipazione** nell'industria automotive, nell'industria aeronautica, ...);
- tutti i business per cui la **cybersecurity** assume un ruolo cruciale. La sicurezza dei dati e la prevenzione o mitigazione di attacchi informatici richiederà infatti una

crescente e sempre maggiore capacità di calcolo e di elaborazione per affrontare minacce via via più sofisticate (settore bancario, assicurativo, ...).

In generale, per le realtà pubbliche e private che hanno deciso a vario titolo di adottare tecnologie HPC o sviluppare progettualità R&D ad esse connesse, è possibile quantificare – attraverso stime e use case – l’impatto di investimenti in progettualità HPC.

Per arrivare a tale quantificazione The European House - Ambrosetti si è basata sul principale database che aggrega oltre 200 progetti applicativi in ambito HPC pubblici e privati, realizzato da Hyperion Research² e basato su **survey, interviste e casi studio aziendali** in diversi settori e geografie. L’iniziativa monitora investimenti in progetti HPC e ne indaga il ritorno in termini di fatturato generato, riduzione dei costi e nuovi posti di lavoro.

Sebbene i dati grezzi e i risultati raccolti nel database presentino una discreta eterogeneità dovuta a differenze nelle tipologie di investimento, nel tipo di settore e nella dimensione della realtà che avvia tale iniziativa, è possibile riscontrare – per gli investimenti condotti da realtà industriali – **ritorni positivi ed elevati** in quasi tutte le progettualità connesse a innovazione di processo o di prodotto.

È inoltre possibile isolare i soli casi relativi al **settore manifatturiero** a livello globale. In questo modo emergono risultati maggiormente omogenei e comparabili: i ritorni sull’investimento, in media, sono di **80 volte** l’investimento iniziale. La riduzione dei costi media, laddove monitorata, è stata invece di circa **20 volte** l’investimento nella progettualità HPC³.

Per quanto riguarda invece la creazione di nuova occupazione, il dato medio corrisponde alla creazione di c.a. **20 nuovi posti di lavoro**, valore che trova conferma anche a livello italiano, nelle interviste condotte dal Gruppo di Lavoro The European House – Ambrosetti e che sale, nel caso di una vera e propria realizzazione di un HPC pre-Exascale, a c.a. 70 nuovi posti di lavoro.

2 Hyperion Research, “HPC Investments Bring High Returns”, Luglio 2020.

3 Se si considerano le sole progettualità italiane monitorate, in numero insufficiente per fornire evidenze statisticamente rilevanti, tali valori corrispondono a ritorni 10 volte superiori l’investimento iniziale in media e 7,5 volte superiori se consideriamo la riduzione di costi.

Più che il dato puntuale è qui importante sottolineare come nella quasi totalità dei progetti considerati il ritorno sull'investimento in tecnologie HPC abbia portato risultati positivi sul fatturato e sulla profittabilità. Tali risultati sono stati **testati e validati dal gruppo di lavoro The European House – Ambrosetti attraverso ulteriori interviste e Case Study** legati agli investimenti in tecnologie HPC da parte di imprese industriali e manifatturiere in Italia.

Le modalità attraverso cui si è concretizzato questo impatto positivo sono molteplici e connesse a: riduzione dei tempi e dei costi di R&D, progettazione e prototipazione, riduzione dei costi operativi e di manutenzione, riduzione dei costi legati a cyberattacchi, revisione ed efficientamento del complesso dei modelli operativi e organizzativi, realizzazione di nuovi prodotti e tecnologie, maggior capacità e rapidità di innovazione, maggior qualità dei prodotti realizzati, implementazione di veri e propri nuovi modelli di business connessi alla Data Economy.

In tutti i casi, inoltre, l'adozione di soluzioni HPC ha richiesto **lo sviluppo e l'attivazione di figure professionali qualificate**, sia in termini di **upskilling** della propria forza lavoro, che nella creazione di **nuovi posti di lavoro** altamente specializzati: ingegneri e data scientists con competenze connesse al calcolo parallelo. In questo caso, la variabilità dei risultati è connessa alla dimensione dell'investimento e alla pervasività del progetto HPC avviato, e va da alcune unità a molte decine di nuovi posti di lavoro creati in caso di realizzazione di un sistema “pre-Exascale”⁴.

Il secondo ambito di misurazione è riferito al **settore della ricerca (accademia, centri di ricerca, istituzioni, ...)**. L'investimento in infrastrutture e tecnologie HPC in questo caso è finalizzato a mettere tale capacità computazionale al servizio della ricerca, delle attività di R&D delle imprese del territorio in ottica precompetitiva o comunque ai livelli più bassi del TRL (technology readiness level), delle istituzioni del territorio e del Sistema Paese nel suo complesso.

Un investimento di questo tipo attiva filiere di fornitura per la realizzazione non soltanto del supercalcolatore, ma anche di tutte le opere e costruzioni a supporto del suo insediamento e della sua operatività nel territorio.

.....
4 Per approfondimenti si rimanda al primo capitolo dello presente Studio.

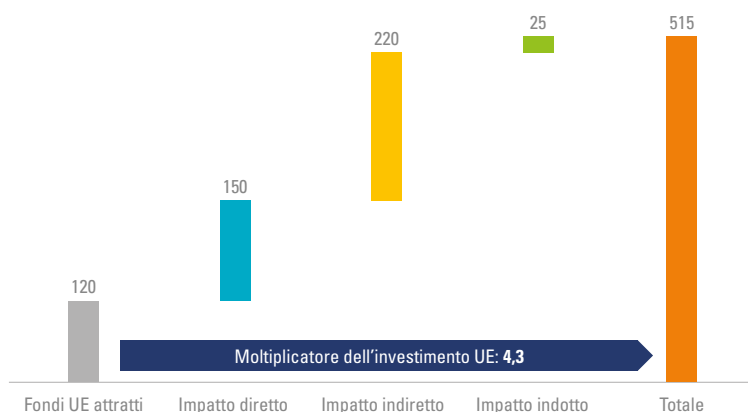
The European House – Ambrosetti ha misurato questo secondo ambito di impatti attraverso **il caso paradigmatico dell'insediamento dell'HPC Leonardo in Emilia-Romagna**.

Si tratta di un caso particolarmente virtuoso, perché paradigmatico della capacità del nostro Paese e di una sua Regione – che è già oggi vero e proprio leader territoriale e di sistema del supercalcolo – di sviluppare una progettualità che ha avuto **successo nell'attrarre, in chiave competitiva, risorse comunitarie**.

Queste sono diventate **volano per ulteriori investimenti da parte di attori privati e pubblici**, verso una progettualità di medio-lungo periodo in grado di dotare il territorio, il Paese e l'UE di un asset fondamentale nei decenni futuri, per la ricerca, per le imprese e per il capitale umano.

In questo senso, il successo nell'attrazione di **120 milioni di Euro** di fondi UE - utilizzabili sia per l'acquisto e l'installazione della macchina sia per l'adeguamento infrastrutturale della zona di insediamento del supercomputer - ha permesso di attivare ulteriori investimenti sul territorio per un controvalore di c.a. **150 milioni di Euro** (contributo diretto) che, a loro volta, attiveranno filiere di sub-fornitura per c.a. **220 milioni di Euro** (contributo indiretto all'economia italiana). A ciò si aggiungeranno c.a. **25 milioni di Euro** per effetto degli acquisti sostenuti dalle retribuzioni attivate dall'investimento (contributo indotto).

Figura 2. |
Impatto diretto,
indiretto e indotto
dell'investimento UE
sulle forniture (€ mln.),
stima prospettica.
Fonte: elaborazione
The European House
– Ambrosetti su dati
IStat, 2020.



Per pervenire a questa stima preliminare, The European House – Ambrosetti si è basata sullo studio di altri casi benchmark di insediamento di HPC con caratteristiche simili al progetto Leonardo sviluppato dal CINECA in Emilia-Romagna e sui primi dati di attivazione delle forniture disponibili⁵ relativi all'investimento specifico. A tali dati è stato poi applicato il **modello di stima così detto input-output**.

Tale metodologia “delle interdipendenze settoriali” è utilizzata per misurare l'impatto di una variazione di attività in uno specifico settore o in un insieme di essi sull'intero sistema economico. In questo caso si è partiti dall'attivazione di un insieme di forniture in diversi settori economici, connessa ad un investimento comparabile con quello per la realizzazione dell'HPC Leonardo, per poi misurare le ricadute sulle filiere di fornitura in termini di fatturato aggiuntivo attivato.

Allo stesso modo è stato possibile misurare l'impatto sulla creazione di posti di lavoro per la realizzazione dell'investimento (full time equivalent – FTE). In questo caso, il successo nell'attrazione di **120 milioni di Euro** di fondi UE (per la realizzazione dell'HPC e per l'infrastrutturazione del sito) permetterà di generare ricadute occupazionali legate alla realizzazione dell'infrastruttura per c.a. **300** occupati coinvolti direttamente (impatto diretto), cui si aggiungono c.a. **800** occupati sostenuti nelle filiere di sub-fornitura (impatto indiretto) e c.a. **430** nell'economia per effetto delle retribuzioni erogate ai fornitori (impatto indotto).

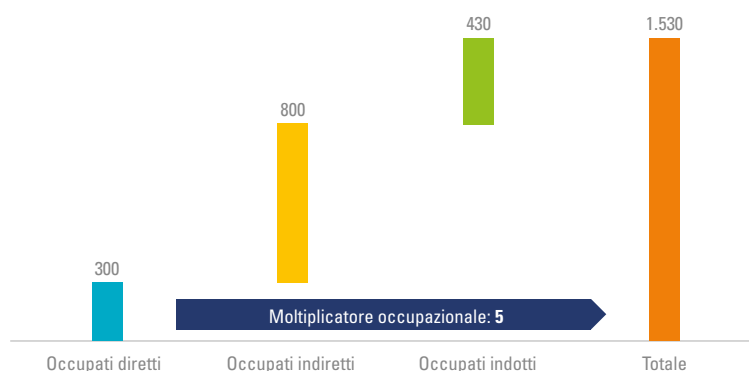


Figura 3. | Impatto diretto, indiretto e indotto dell'investimento UE sull'occupazione (full time equivalent), stima prospettica. Fonte: elaborazione The European House – Ambrosetti su dati IStat, 2020.

⁵ Essendo il progetto in una fase iniziale di sviluppo tale misurazione, basata su dimensioni legate al capitolato, deve essere considerata come una stima preliminare e restituire degli ordini di grandezza (moltiplicatori), più che una quantificazione puntuale delle ricadute economiche attese.

Agli impatti diretti, indiretti e indotti, si aggiunge poi un **effetto “catalizzatore” dell’investimento**, legato alla maggior attrattività di un territorio. La localizzazione di un HPC innesca infatti ricadute virtuose, in termini di maggior attrattività di un territorio per **capitali** di imprese nazionali ed estere che decidono di effettuare investimenti produttivi e di insediarsi in prossimità dell’HPC (nel caso dell’HPC Leonardo il 20% circa del tempo-macchina sarà allocato ad imprese terze), anche attraverso la creazione di propri uffici e poli di ricerca. La maggior attrattività ha poi impatti catalizzati sui **talenti**: Data Scientists e altre figure professionali altamente qualificate decideranno infatti di studiare, fare ricerca e business, di vivere insomma presso un territorio che esprime un “vero e proprio ecosistema del supercalcolo”, creando così un hub con un’elevata concentrazione e specializzazione cognitiva connessa all’HPC.

Una dinamica tipica dei “distretti tecnologici” che può essere definita come un vero e proprio **“effetto Silicon Valley”**, che permette di caratterizzare e potenziare il tessuto innovativo e produttivo di un territorio. Un esempio di questa dinamica è offerto dal caso dell’HCP MareNostrum4, operativo dal 2017 presso il Supercomputing Center di Barcellona (BSC), centro di ricerca pubblico localizzato presso la Polytechnic University of Catalonia (UPC). È gestito da un consorzio composto dal Ministero spagnolo dell’innovazione (60%), dal Governo della Catalogna (30%) e dall’UPC (10%).

MareNostrum è anche il **supercomputer più potente della Spagna**, uno dei tredici supercomputer della Rete spagnola di supercalcolo e uno dei sette supercomputer dell’infrastruttura europea PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe) dedicato, tra gli altri, alla ricerca nel campo del cambiamento climatico, della ricerca medica e della modellizzazione nel campo della fisica applicata.

Grazie all’installazione dell’HPC il budget operativo annuo del BSC è passato da 7 milioni di Euro/anno a 34 milioni di Euro/anno sostenendo una forza lavoro complessiva di c.a. 600 occupati altamente qualificati da 45 Paesi. Inoltre, grazie **all’HPC MareNostrum** sono stati realizzati 10 spin-off industriali con investimenti per 2,5 milioni di Euro e con contratti per 8 milioni di Euro e un’occupazione catalizzata per c.a. 100 occupati altamente qualificati. Infine, ulteriori 300 occupati dipendono da imprese e centri di ricerca privati localizzati nel distretto per diretto effetto della realizzazione dell’HPC.

In conclusione, di capitolo, occorre riconoscere come non tutti gli impatti connessi ad un progetto o investimento HPC siano misurabili in chiave principalmente o esclusivamente quantitativa. La maggior parte degli impatti business sono infatti specifici per ciascuna azienda e caso applicativo. Allo stesso modo, **molti benefici connessi all'applicazione di HPC nel mondo della ricerca non hanno ricadute quantitative direttamente calcolabili.**

Si consideri, ad esempio, che l'HPC assume la connotazione di una vera e propria infrastruttura strategica, di base, e centrale per la competitività delle imprese italiane ed europee e le loro scelte di localizzazione e investimento. Questo è vero soprattutto alla luce della **riconfigurazione delle catene del valore, con il progressivo processo di reshoring** caratterizzato dalla dematerializzazione dei flussi, in cui le merci fisiche, tangibili sono sostituiti da dati digitali, intangibili (non è più necessario movimentare parti fisiche, l'hub manifatturiero può stampare e assemblare parti in loco previo invio di input digitali). Ecco, quindi, che disporre di infrastrutture di supercalcolo diventa essenziale non solo per la ricerca (privata e pubblica), ma anche per la produzione industriale.

L'HPC si afferma quindi come **infrastruttura abilitante per la fase di grande riorganizzazione dei sistemi produttivi** che richiede il controllo in tempo reale delle filiere di fornitura⁶ e della gestione dei clienti in logica di progressiva servitization. HPC e big data diventeranno sempre di più punti fondamentali di sviluppo del business.

L'HPC permette inoltre di affrontare **sfide chiave della modernità**: i modelli previsionali avanzati permettono di anticipare eventi meteorologici estremi o avversi (sempre più frequenti) a beneficio della sicurezza e della salvaguardia degli individui e di settori critici come quello agricolo e dei trasporti; la realizzazione di digital twin di spazi urbani permette di raggiungere maggior efficienza e qualità dei servizi all'interno delle città, l'applicazione nel campo della salute permette, tra gli altri, di sviluppare terapie personalizzate (*precision medicine*) o di

6 Grazie alle tecnologie HPC è possibile ricreare digital twin, copie di aziende sotto il profilo dei processi aziendali, in modo da testare, anticipare e prevedere i cambiamenti, migliorando l'efficienza e riducendo il rischio. Allo stesso tempo, mettendo a sistema i dati di più player, sarà possibile realizzare modelli digitali di intere filiere.

affrontare crisi sanitarie con rapidità. Nel caso del Covid-19, ad esempio, la mappatura del genoma del virus in tempi rapidissimi – essenziale per lo sviluppo dei vaccini – è stata possibile grazie a tecnologie HPC.

Per qualificare alcuni impatti connessi all'applicazione di tecnologie HPC in modo maggiormente esemplificativo e puntuale, The European House – Ambrosetti ha realizzato una serie di interviste volte alla costruzione di **case study applicativi di tecnologie HPC presso aziende in Italia e in Emilia-Romagna**, con l'obiettivo di fotografare: le dinamiche legate all'adozione di tecnologie HPC, le criticità e gli obiettivi connessi a queste iniziative e le ricadute concrete che sono state abilitate da tali iniziative.

1.3

Casi studio paradigmatici dell'adozione di tecnologie HPC e dei benefici connessi

In questa ultima sezione The European House – Ambrosetti ha scelto di descrivere i tratti salienti e i principali takeaways raccolti durante le interviste svolte con alcuni attori chiave dell'ecosistema innovativo italiano.

Le interviste sono state svolte con l'intenzione di verificare la conoscenza della tecnologia HPC, la consapevolezza delle potenzialità associate alla tecnologia e il tasso di adozione nelle imprese italiane. Al tempo stesso, le interviste sono state utili per raccogliere dati quantitativi utilizzati nella parte di analisi degli impatti sul territorio, precedentemente descritta.

The European House – Ambrosetti ha scelto di coinvolgere un gruppo variegato, sia per dimensione che per settore industriale di appartenenza, di imprese italiane e di attori del mondo pubblico al fine di ottenere un'ampia visione circa lo stato dell'arte della tecnologia HPC.

Dalle interviste sono emersi alcuni punti chiave:

- Le aziende che hanno adottato l'HPC sono **entusiaste in termini di capacità trasformativa**, riconoscono che alcuni risultati sono semplicemente non realizzabili con le tecnologie tradizionali: queste aziende hanno la potenzialità di **agire da traino** per tutti gli altri attori del loro ecosistema, a partire dalle PMI più dinamiche della filiera;
- Il potenziale trasformativo dell'HPC è tale che **le aziende faticano a comprenderlo**, soprattutto se ragionano in ottica di continuità e/o incrementale invece che di disruption del business model: le aziende devono **ripensare business model e ruolo nella catena del valore**, senza i pregiudizi e i limiti derivanti dalle limitazioni delle tecnologie pre-HPC;
- L'HPC offre la possibilità di affrontare **problemi complessi** che quasi sempre escono dal perimetro della singola azienda e attengono «all'**interesse pubblico**» (es. sicurezza, salute, sostenibilità, ...): la **PA** non può essere solo un puro finanziatore dell'infrastruttura ma con il suo «comportamento di acquisto» (**strategic procurement**) deve abilitare progetti HPC-driven sempre più sfidanti e trainanti;
- La quantità di dati gestibile con l'HPC è tale che **il collo di bottiglia diventa la loro trasmissione** dall'utente al centro di calcolo: l'asset costituito da un HPC può diventare un **fattore di attrazione** per un territorio; le aziende installate sul territorio possono beneficiare in un asset strategico non facilmente replicabile;
- I centri di supercalcolo hanno la potenzialità di attivare meccanismi di **trasferimento della ricerca verso il mercato**, ambiti in cui l'Italia è storicamente fragile e sottoperformante, pertanto è fondamentale affiancare ai centri di supercalcolo **centri specializzati di trasferimento tecnologico** al fine di valorizzare la conoscenza scientifica lì prodotta;
- L'HPC ha un **impatto organizzativo significativo**, non può essere considerato un sistema informativo aggiuntivo ma è il cuore di un vero e proprio modello organizzativo data-based: **l'IT diventa completamente integrata** in tutte le attività aziendali e non è più distinguibile come entità a sé stante;
- L'HPC richiede **competenze** di gestione specifiche cui

si aggiungono le competenze di dominio «verticali» che, nell'industria, devono essere combinate con quelle di «business» per un mix ottimale: il **fabbisogno qualitativo-quantitativo** di queste competenze «di eccellenza» deve essere considerato nell'impostazione del sistema di istruzione e formazione per il futuro.

Nel prosieguo della sezione sono descritti i casi studio riassunti da The European House – Ambrosetti sulla base delle informazioni raccolte con le interviste.

I singoli casi studio

OIL & GAS – leader mondiale nella potenza di calcolo applicata a un'attività specifica, costosa e ad alto rischio

L'Azienda ha recentemente aggiunto un nuovo sistema HPC (cluster) da 35.450 TFlop/s al precedente, che era operativo dal 2018. La capacità di calcolo di picco combinata dei due cluster è ora di oltre 50.848 TFlop/s, ovvero 50 milioni di miliardi di operazioni matematiche al secondo.

L'Azienda usa l'HPC nell'attività Upstream, sia per la ricerca degli idrocarburi, sia per migliorare la modellizzazione dei giacimenti in fase di produzione.

In estrema sintesi, si ricostruisce un modello tridimensionale del sottosuolo analizzando i segnali di ritorno di onde acustiche inviate dalla superficie e, a partire da queste e dalle conoscenze geologiche, i geologi possono, con una certa confidenza, individuare le situazioni più favorevoli per la presenza di giacimenti di Idrocarburi naturali. La logica di questo processo non è nuova, la novità è che la capacità di calcolo di questi sistemi ha permesso di ridurre i tempi necessari a ricostruire i modelli del sottosuolo da alcuni mesi a pochi giorni o addirittura ore, contribuendo enormemente anche a cambiare e rendere ancora più efficienti

i processi aziendali. Grazie a questa compressione dei tempi si possono ora valutare più scenari a partire da modelli più accurati del sottosuolo nelle aree investigate. Questa applicazione ha permesso di gestire al meglio rischio e incertezza e accorciare il tempo tra la scoperta di un giacimento e la messa in produzione.

È da sottolineare che la riduzione dei tempi dall'inizio dell'investimento a quando il giacimento diventa produttivo – cioè da quando si comincia a spendere a quando si può vendere la prima produzione fisica (*Time to first oil*) – è un beneficio sostanziale per il settore dell'energia, perché agisce su quello che è probabilmente il maggior driver di costo del settore⁷ – con l'introduzione dei sistemi HPC l'Azienda è riuscita a dimezzare i tempi di completamento della prima produzione, passando da 9 anni a 4,5 anni.

Gli sviluppi più recenti che l'Azienda sta perseguendo vanno nella direzione di combinare la capacità di simulazione numerica con logiche di apprendimento *Machine Learning* e *Deep Learning* per migliorare ancora le proprie capacità di predizione e simulazione.

Inoltre, il campo di applicazione delle tecnologie HPC si sta allargando sempre di più per abbracciare anche il settore della ricerca per il processo di transizione energetica, sia per le energie rinnovabili e l'energia da moto ondoso, sia per le nuove energie come la fusione nucleare.

Le attività ad alto contenuto di innovazione, sopra descritte, sono svolte dall'Azienda in collaborazione con università e istituti di ricerca italiani e internazionali.

Il percorso seguito per lo sviluppo delle proprie capacità di simulazione ed elaborazione dati è partito dalla collaborazione con il Politecnico di Milano, in seguito l'Azienda ha assunto al proprio interno il gruppo di risorse del Politecnico con cui collaborava e, grazie anche alla cooperazione con il Consorzio interuniversitario CINECA di Bologna, ha sviluppato competenze di scrittura di codice per supercalcolatori estremamente avanzate. Si è passati così dall'utilizzo di software esterni "preconfezio-

7 In una intervista ad un altro player globale del settore, ci è stato dichiarato un risparmio, derivante dall'HPC, di circa 1 miliardo di dollari, dovuto all'accorciamento da 10 a 4-5 anni del tempo intercorrente tra l'acquisto del terreno al *first oil*.

nati”, allo sviluppo di algoritmi proprietari e alla concezione di hardware progettati ad hoc per sfruttare al massimo le capacità del software da installare nei sistemi HPC aziendali. Man mano che la mole di dati e di applicazioni cresceva, si è posto all’Azienda il problema della *governance* dei dati da un lato, e dall’altro della gestione della domanda interna di calcolo per garantire lo sfruttamento e l’utilizzo ottimale delle risorse HPC disponibili.

Questa esigenza ha quindi spinto l’Azienda a sviluppare anche algoritmi che gestiscono la capacità di calcolo e il ‘traffico’ di calcolo sugli 87.000 processori del proprio HPC, allocandolo nel modo migliore il carico tra CPU e GPU del sistema, e ottenendo al tempo stesso un tasso di utilizzo delle risorse disponibili superiore al 95%. In questo modo, l’Azienda si è dotata di un’altra competenza interna.

Non tutte le imprese, tuttavia, possono sviluppare al proprio interno le competenze necessarie a utilizzare l’HPC sia dal lato del software, sia dal lato delle applicazioni industriali.

A maggior ragione le PMI.

L’esperienza di questa Azienda di questi ultimi 10 anni dimostra, però, che la virtualizzazione di interi processi, resa possibile dall’HPC, può essere molto vantaggiosa ed è, quindi, importante che aziende leader di settore sviluppino delle applicazioni e dei software base e facciano crescere un indotto di competenze e professionalità nel settore HPC che le PMI della filiera possano adottare ed adattare a sé stesse.

SOCIETÀ DI PROGETTAZIONE E PRODUZIONE DEL SETTORE AUTOMOTIVE – *piena integrazione tra HPC, processi e business model*

Questa Società è un caso di adozione piena dell’HPC, le cui potenzialità e caratteristiche definiscono tutto il business model, al punto che la Società oggi agisce anche come centro di R&S per primari costruttori mondiali di auto di alta gamma, che trovano più conveniente sviluppare alcuni dei loro sistemi in outsourcing, sfruttando la competenza che la Società ha sviluppato nell’applicazione dell’HPC alla progettazione dell’auto e dei suoi sottosistemi.

Sviluppare questa competenza, secondo la Società, richiede un salto concettuale trasformativo: le caratteristiche dell'HPC abilitano modellazioni e simulazioni di un livello tale da non essere concepibile fino a che non si comprendano le capacità di super calcolo. I due aspetti – competenza di calcolo HPC e competenze verticali di settore – devono essere entrambe presenti. In questo caso, esse sono presenti all'interno della stessa Società, in altri casi è necessaria la collaborazione tra l'azienda e il centro di calcolo HPC (CINECA). Per questo, la vicinanza fisica tra i due soggetti è un vantaggio. La Società oggi si avvale sia di hardware HPC proprio, sia del CINECA.

I vantaggi che la Società cita a proposito dell'HPC riguardano la riduzione di tempi e costi: l'integrazione tra il mondo virtuale e quello reale permette di progettare sistemi complessi e simulare l'uso in tempo reale: si passa dal *Digital Twin* statico di un sistema (o anche dell'intera vettura) al modello matematico che ne descrive il comportamento dinamico – la quantità di dati processabile con l'HPC rende possibile scomporre il sistema in un grandissimo numero di micro parti e descriverne il comportamento in tempo reale.

L'uomo è parte di sistema nel sistema (*human in the loop*): ad esempio nelle simulazioni di guida dove tutte le componenti, dalle sospensioni, alle gomme, ai freni, alla parte aerodinamica (60.000 parti circa) devono reagire in tempo reale alle azioni del pilota sul simulatore. Questo sarebbe impossibile da fare con il calcolo tradizionale.

Dall'idea alla produzione si abbatte il time to market e il mix delle attività, si passa da quasi 2 anni a 9 mesi, di cui 8 di sviluppo virtuale e 1 di produzione fisica, con impatti su efficacia ed efficienza: in pratica si può concepire, progettare e testare una vettura senza costruirla, con evidenti vantaggi di costo e di riduzione delle conseguenze degli errori.

Alcune attività molto costose vengono eliminate: i crash test virtuali sostituiscono quelli reali con risparmi nell'ordine 0.5 milioni di Dollari a test: un test fisico costa circa 500 mila Dollari, uno simulato circa 12. È evidente che ridurre il numero di crash test fisici riduce i costi in modo sensibile.

AZIENDA MECCANICA ITALIANA CON EXPORT MONDIALE – la sfida trasformativa della manutenzione predittiva

Questa Azienda è capofila del progetto europeo IoTwins che ha l'obiettivo di facilitare l'adozione di tecnologie Industria 4.0 in modo particolare nelle PMI.

Lo scopo della Società è di costruire competenze di *predictive maintenance* che permettano di migliorare la manutenzione dei riduttori per pale eoliche che l'Azienda produce, riducendone il costo e aumentandone la vita utile. La *predictive maintenance* è la tipica applicazione resa possibile dall'HPC in quanto richiede la gestione di un gran volume di dati diversi tra loro e ad alta variabilità: nel caso in esame, i dati che servono per l'analisi sonora e vibrazionale dei riduttori.

La fase attuale è quella nella quale le competenze di ingegneria meccanica dell'Azienda e le competenze di calcolo del CINECA stanno collaborando per allenare l'Intelligenza Artificiale a individuare in anticipo le possibili rotture; in sostanza si punta a individuare quella combinazione di valori dei parametri osservati che precedono problemi di funzionamento del riduttore: per essere accettabile, il sistema deve avere una accuratezza di almeno il 90% (meno del 10% di falsi positivi). Una volta tarato, il sistema potrebbe avere impatto anche sul modello di business: dalla vendita del riduttore alla vendita del servizio.

L'aspettativa è di una riduzione dei fermi macchina del 15-25%, delle rotture impreviste di oltre il 25%, dei tempi di set up di oltre il 30%, dei costi di manutenzione di oltre il 10%.

Il fatto che CINECA e Azienda siano molto vicini (700 metri di distanza) è giudicato dall'Azienda come un punto chiave per rendere efficace la collaborazione tra i due set di competenze, entrambi necessari per ottenere l'obiettivo: le competenze di ingegneria meccanica e *operations* da una parte e le competenze di scrittura di codice HPC dall'altra.

AZIENDA MULTIUTILITY – alla ricerca di un business case sostenibile

Questa multiutility ha svolto un'ampia analisi strategica sull'opportunità di utilizzare l'HPC: è emerso un non-interesse ed una non-necessità percepita nell'adottare l'HPC nel proprio business routinario, ritenendo sufficiente l'accesso alle risorse di calcolo e storage garantito dalla scalabilità del Cloud.

Tuttavia, l'Azienda ha sia un ruolo come produttore di dati che possono alimentare l'HPC, che un interesse potenziale come utilizzatore dei risultati. Un esempio sono le previsioni meteo a breve termine e per micro-geografie, che hanno un impatto significativo su diversi suoi business e – meglio se completati con dati provenienti da altre fonti – possono dare una migliore descrizione della situazione dei quartieri della città o di sue microzone.

Da multiutility, l'Azienda può anche assolvere al compito di raccolta di dati dal territorio attraverso sensori collocati sui propri mezzi o infrastrutture.

Ad oggi, l'Azienda non ha identificato un business case che giustifichi l'investimento per HPC e propone la Pubblica Amministrazione (P.A.) per il ruolo di promotore di questa innovazione, cosa che può realizzarsi tramite l'attività di *procurement* strategico, in cui la P.A. definisce gli standard, propone progetti e promuove la raccolta di dati standardizzati da utilizzare in proprio per migliorare la gestione del territorio e li mette a disposizione per sviluppatori con idee innovative.

AZIENDA FARMACEUTICA – utilizzo per il molecular modelling

Questa Azienda italiana è stata scelta come capofila del progetto europeo per la ricerca di farmaci antivirali per il SarsCov2. Il progetto – Exscalate4Cov – utilizza calcolo HPC per velocizzare il processo di *molecular modelling* e questo ha permesso di arrivare ad individuare dei composti efficaci – uno dei quali sta per cominciare la sperimentazione sull'uomo – in circa 7 mesi, rispetto ad un tempo di sviluppo 'pre-HPC' almeno doppio.

È importante sottolineare che l'Azienda in questione aveva già deciso da anni di lavorare sulla velocizzazione del processo: la sfida che la R&S interna si era posta, al tempo della diffusione del virus Zika (2007 e 2013-14) era quella di fare in 3 mesi il lavoro che normalmente si faceva in 1 anno e mezzo. Da questa iniziativa, l'azienda ha negli anni, in collaborazione con CINECA e alcune Università, sviluppato le proprie competenze di scrittura di software per il super calcolo e definito la piattaforma Exscalate, che è stata poi scelta per il lavoro sul SarsCov2.

La piattaforma creata dall'Azienda è capace di valutare 3 milioni di molecole al secondo partendo da una “biblioteca chimica” di 500 miliardi di molecole.

Le applicazioni dell'HPC nel campo delle Life Science

Biomedicina e Healthcare sono campi nei quali si producono grandi quantità di dati di tipo molto diverso tra loro ed è per questo che l'HPC è utile ed è funzionale a realizzare nuovi processi di cura e di sviluppo dei farmaci che per ora potevano solo essere immaginati. In queste aree, l'HPC abilita processi che velocizzano il passaggio delle idee dalla ricerca all'applicazione sul paziente (from R&D to bedside).

Alcuni esempi di ambiti applicativi sono:

- Lo sviluppo di farmaci
- Il “Digital Twin” umano
- La medicina di precisione

Lo sviluppo di nuovi farmaci può essere accelerato virtualizzando la fase di *drug discovery*, ossia quella in cui si identifica il composto guida e lo si ottimizza per l'uso nel corpo umano.

Le capacità di calcolo HPC permettono di modellare il comportamento di strutture tridimensionali di molecole, che vengono ‘montate’ a partire da molecole note e alle quali vengono associate le relative proprietà chimico-fisiche, per valutarne l'effetto nell'organismo umano. Questo processo è noto come *molecular modeling* (*molecular graphics* o *computational chemistry* tra le altre definizioni) e non è una novità, ma dal momento che implica una serie di calcoli, basati sui metodi della chimica teorica e su da-

ti sperimentali, per la previsione delle proprietà del composto che si cerca, è chiaro che, maggiore è la capacità di calcolo, maggiore è la capacità di processare un gran numero di molecole note e dati sperimentali nell'unità di tempo. L'HPC fa esattamente questo, il che è essenziale per le nuove malattie – si pensi al Covid 19 – e rappresenta un vantaggio economico fondamentale per l'industria per accorciare il *time to market* dei farmaci.

Il *Digital Twin* umano si riferisce alla realizzazione computerizzata di un modello del singolo individuo: modello costruito con l'intelligenza artificiale basandosi sulla genomica e sui dati di Tac e Risonanze magnetiche.

È evidente la grande quantità di dati di input e di calcoli che si devono gestire per arrivare al risultato ed è, quindi, chiaro che solo l'HPC rende pratico il *digital human*. Ma è altrettanto chiaro il vantaggio che se ne può ricavare ai fini delle cure. Per esempio, il *Digital Twin* permette di capire se per un certo farmaco e per l'individuo in esame, sia più efficace la somministrazione orale, nasale o per iniezione e questa informazione può essere messa a disposizione dell'individuo stesso, ma anche del medico o del farmacista ed è un passo verso la medicina personalizzata.

Con medicina di precisione si intende la cura delle malattie basate sulle caratteristiche genetiche del singolo individuo, appartenente ad un cluster di cui sono note le caratteristiche e la rispondenza alle terapie. I progressi della tecnologia – dall'HPC, alle nanotecnologie e altre – rendono possibile l'applicazione dei progressi della scienza biologica, soprattutto della genomica e di tutte le -omics⁸, che implicano la gestione di una grandissima quantità di dati.

Possiamo immaginare un mondo in cui al paziente viene fatta una diagnosi personalizzata, basata sulla sua mappa genetica e su una grande libreria di altri dati di casi e patologie simili – o predisposizioni genetiche alla patologia – , interpretata da algoritmi di AI. Il medico curante, al paziente che riferisca, ad esempio, una familiarità per malattie cardiache, può fare una analisi del DNA – o accedere al *Digital Twin* del paziente stesso – , confrontare i dati

8 The word omics refers to a field of study in biological sciences that ends with – *omics*, such as genomics, transcriptomics, proteomics, or metabolomics. Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su paper “Periparturient disease of dairy cows” di Burim N. Ametaj, Springer, 2020.

con quelli memorizzati per pazienti simili e proporre una prevenzione o cura personalizzata. Un ostacolo pratico alla realizzazione di quanto descritto sarebbe la grandissima quantità di dati prodotti localmente in formati diversi (pazienti e ospedali) che renderebbe difficile e costoso trasportarli tal quali alla macchina HPC, senza filtrarli e standardizzarli. Una possibile soluzione è *l'Edge Computing* (Edge HPC) che, in questo caso, sarebbe usato per normalizzare i dati locali e trasmettere alla macchina HPC solo quelli necessari e nel formato richiesto per l'elaborazione, ricevendo poi il risultato elaborato da trasmettere al medico e al paziente.

AZIENDA METALMECCANICA ESPORTATRICE **– dati raccolti, ma non processati**

Questa azienda metalmeccanica produce attrezzatura da fitness avanzata che esporta in tutto il mondo.

Le attrezzature prodotte sono connesse e producono dati puntuali sui singoli allenamenti, dati che possono essere utilizzati sia per restituire consigli agli utenti, sia per dare informazioni alla progettazione e alla produzione.

L'azienda per ora si limita a raccogliere i dati, relativi a centinaia di milioni di allenamenti singoli ogni anno, ma sta cominciando a verificarne le possibilità di utilizzo, questo avviene anche in collaborazione con partner specializzati. Lo scopo è di arrivare a soluzioni di intelligenza artificiale – basate, o meno, su HPC – che permettano di validare numericamente gli *insight* degli esperti dell'azienda.

PRIMARIA BANCA ITALIANA – Possibili campi di applicazione dell'HPC e limiti

Questa banca ha necessità di fare input e processing di grandi quantità di dati, ma non ancora di elaborarli con l'HPC. Ci sono applicazioni specifiche che potrebbero beneficiare dell'HPC:

- Trading algoritmico
- Individuazione di frodi e attacchi cyber

Entrambe, tuttavia, hanno necessità di continuità di servizio e di disponibilità istantanea, come quella che si può avere nei servizi Cloud e che non esiste ancora per l'HPC. Più in generale, le possibilità dell'HPC di gestire grandi quantità di dati e molte loro variazioni potrebbero essere sfruttate in Banca nelle seguenti aree:

- Simulazioni di scenari macroeconomici
- Analisi del rischio di credito
- Simulazioni di portafoglio

Anche se le capacità di calcolo oggi presenti in banca riescono già a soddisfare le richieste del business e la Banca ritiene che utilizzerà soluzioni HPC quando le riterrà *commercially viable*.

Nel campo della *cyber security*, lo scenario potrebbe cambiare – e l'HPC diventare necessario – se o quando gli hacker disporranno di capacità HPC o di *Quantum Computing*.

ICT PUBBLICO – *etica nell'uso dell'IA*

L'Azienda è una società ICT pubblica italiana e gestisce una enorme quantità di dati, che nel 2020 sarà pari a 1 yottabyte (10^{24}). Con una simile quantità di dati, tecnologie come HPC e *Quantum Computing* sono di sicuro interesse e la società le sta studiando. In particolare, l'interesse dell'Azienda, dato il suo carattere pubblico e il fatto che tratta dati dei cittadini, è sull'etica. Sul super calcolo, le aree di ricerca applicata dell'Azienda sono, appunto, l'etica digitale e gli algoritmi: bisogna assicurare che le correlazioni tra elementi di banche dati diverse non diano luogo a correlazioni spurie (fenomeni correlati ma non legati da rapporto causa-effetto) e che gli algoritmi siano reversibili e comprensibili. È chiaro quanto, a questo fine, possa essere importante l'HPC che, con la sua capacità di calcolo, aiuta a svolgere le simulazioni più velocemente: l'HPC permette di testare in modo molto più granulare gli algoritmi ed avere, quindi, più prove del loro funzionamento per più valori dei parametri di input. Per il tipo di dati che tratta, l'Azienda ritiene che le sue applicazioni, per quanto automatizzate, dovranno avere un controllo umano e l'obiettivo è che i documenti siano prodotti con la stessa assenza di *bias* di quelli prodotti dall'uomo.

PRIMARIA ASSICURAZIONE ITALIANA **– la sfida trasformativa**

L'assicurazione è socio fondatore privato di IFAB — International Foundation for Artificial Intelligence e Big Data, una fondazione composta da aziende private, leader in vari ambiti industriali, e attori del mondo della ricerca accademica e di frontiera. La visione dell'azienda è che l'infrastruttura HPC di Bologna possa fungere da catalizzatore nazionale degli interessi di ricerca e applicazione negli ambiti dei Big Data, Artificial Intelligence, Meteorologia, re-ingegnerizzazione in chiave digitale dei processi produttivi e, grazie alla sua scala, rappresentare il punto di riferimento italiano in Europa.

L'HPC potrebbe abilitare la vera trasformazione digitale: l'utilizzo dei dati per traslare l'esperienza e la conoscenza in sistemi e, con questi, costruire vantaggio competitivo — si affronta l'automazione delle singole applicazioni e processi trattandole come sottosistemi che vengono poi integrati in un sistema complesso che contiene il patrimonio di esperienza e conoscenza della compagnia. Patrimonio che, ricostruito sulla base dei dati raccolti e interpretato dall'Intelligenza Artificiale, informa i sistemi di gestione per il periodo successivo.

L'Assicurazione sta innovando i suoi processi core come la liquidazione sinistri, il pricing dei prodotti assicurativi, la gestione dell'enorme parco di scatole nere che contribuisce a generare una enorme quantità di dati. Per la gestione di questa infrastruttura e di infrastrutture simili la disponibilità di Cloud Europeo basato su infrastruttura Europea sarà essenziale e strategica.

La modellazione e automazione dei singoli processi non richiede capacità HPC, mentre la gestione del sistema complesso che risulta dalla loro integrazione, è probabile che richieda competenze e capacità HPC ed è in questa fase che istituzioni come IFAB hanno un ruolo.

AZIENDA CONSERVIERA – HPC non ancora considerato

Questa Azienda non utilizza sistemi HPC ed è consapevole di non aver ancora affrontato il tema di quanto trasformativo esso possa essere.

L'Azienda intravede, però, dei possibili campi di applicazione per migliorare la pianificazione della raccolta e della produzione. Nello specifico, questa Azienda lavora pomodoro, conferito da terze parti, alle quali richiede di assicurare una raccolta esclusivamente meccanica. Questo implica che nei giorni di pioggia la raccolta si fermi perché i mezzi rovinerebbero il campo. Ciò, unito al fatto che l'intera raccolta avviene nell'arco di 70 giorni – ognuno dei quali, quindi, vale l'1,5% del fatturato – rende molto attraente l'idea di avere previsioni meteo a medio termine molto accurate e per microzona, come quelle ottenute con l'HPC.

I dati meteo possono poi essere integrati con i dati aziendali al fine di migliorare tutto il ciclo di raccolta e produzione. Un esempio è la possibile integrazione dei dati meteo con quelli – patrimonio aziendale – di andamento della maturazione in funzione della temperatura, per prevedere meglio quando fare la raccolta ed estenderne il periodo o differenziare le zone. Ciò aiuterebbe anche a gestire i conferitori, i quali sono legati all'azienda da contratti annuali con obiettivi di quantità, date etc.

Anche la produzione può beneficiare dell'HPC e delle sue capacità di fare analisi su grandi moli di dati: oggi la produzione è programmata sullo storico delle vendite, ma non tiene conto di analisi di scenario, ad esempio dell'andamento delle vendite di pasta – che influenzano direttamente le vendite di conserva – o di altre variabili economiche. Implementare un sistema HPC permetterebbe di migliorare le previsioni e gestire in maniera più efficace ed efficiente gli impianti di produzione e di conseguenza migliorare l'economicità dell'Azienda.

HPC nella ricerca: due diversi enti

Il primo Attore studia le evoluzioni delle malattie tumorali utilizzando metodi di biologia computazionale che rendono necessario l'HPC: il sequenziamento del genoma tumorale di una persona richiede di processare 200 Gbyte di dati e negli studi se ne analizzano da qualche decina (piccoli studi) a migliaia (grandi studi) e anche per il solo storage dei dati sono necessari Petabyte di spazio.

Questo Ente sta attualmente predisponendo un proprio hardware HPC.

La questione delle competenze, secondo il primo Attore, è cruciale: ricerca come quella fatta al centro richiede competenze di biologia e di informatica e richiede che le due parti siano in grado di collaborare. Questo tipo di competenze – ad esempio computer scientist con competenze di biologia (biologi computazionali) che sanno progettare modelli e algoritmi di AI e ML per interpretare la realtà – non è disponibile su larga scala e le persone che le possiedono sono appetibili anche dai settori Big tech che pagano molto di più.

Secondo il primo Attore, la ricerca e la promozione delle competenze per deve partire dai laureati STEM da avviare poi al calcolo HPC e alla biologia. In termini di servizi IT legati all'HPC, il parere del Centro è che le risorse scarse siano più lo spazio di archiviazione e di trasporto dei dati – non risolti dal Cloud per ragioni di privacy – che non la capacità di calcolo e, a questo proposito, si sottolinea l'importanza dei programmi che ottimizzano l'allocazione delle risorse di calcolo HPC tra le varie richieste.

Il secondo attore intervistato ha introdotto la prima macchina HPC nel 2009, assemblando un cluster per il calcolo parallelo. Attualmente, questo Istituto utilizza HPC proprio insieme a capacità di calcolo del CINECA, al quale è collegata da linee dati veloci. L'HPC dell'Istituto – costituito da 64 nodi ibridi CPU/GPU per 4 PetaFlop/s di potenza di picco – è stato installato nel 2020 e la sua capacità di calcolo è già occupata costantemente dall'80 al 100%, soprattutto per la robotica, le life science e per la progettazione di nanomateriali.

L'opinione dell'Istituto è che l'HPC oggi sia per la ricerca quello che internet era 20 anni fa e che anche le aziende non possano farne a meno per la loro *digital transformation*, data la capacità di gestione dei dati richiesta dalle applicazioni AI e ML (*high capacity storage* e *high performance computing*): è l'HPC che abilita l'industria 4.0.

Il processo che le aziende dovrebbero seguire per cominciare ad utilizzare l'HPC, secondo questo attore, è di rivolgersi ai centri di ricerca per avere una guida su cosa si può fare e su come affrontare il problema, eventualmente accedendo a capacità di calcolo HPC di terzi, almeno all'inizio, per poi capire di quali risorse e competenze proprie dotarsi, sia HW sia SW. Quest'ultimo punto è critico perché, con il diffondersi dell'uso di applicazioni HPC Cloud dei maggiori attori (BigTech) – che includono soluzioni pronte – le aziende rischiano di perdere il controllo sul core business.

Un Istituto che utilizza *High Throughput Computing* e *HPC*

Questo Ente nazionale ha un suo centro di calcolo presso l'Università di Bologna, collegato con una linea dati da 1 Terabyte/sec con il CINECA e a breve lo sposterà presso il Tecnopolo, nella stessa area del centro di calcolo CINECA.

Le necessità di calcolo di questo attore – per le proprie applicazioni di fisica teorica – non richiedono HPC, ma *High Throughput Computing*: la capacità di gestire decine di Petabyte di dati al giorno, ma senza necessità di calcolo parallelo. Questo anche dopo il 2026, anno in cui sarà operativo il nuovo acceleratore del Cern di Ginevra, che aumenterà di un fattore 10 i dati da gestire.

L'Istituto, consapevole che la capacità di gestione dei dati stesse diventando una necessità e una potenziale fonte di vantaggio competitivo (o, viceversa, una criticità) per i paesi e per l'Europa – sia nel campo della ricerca, sia per l'industria – nel recente passato, ha messo in campo 2 iniziative collegate:

- Nel 2016 è stato promotore della proposta, fatta propria dall'EU, che ha portato, in sequenza: al programma Euro HPC Joint Undertaking, al bando Europeo per 3 HPC e all'aggiudicazione al CINECA di uno di questi.
- Successivamente, l'Istituto ha lanciato – con partner industriali e accademici – il programma IoTwins per le industrie, che ha lo scopo di sperimentare applicazioni dell'HPC per la *predictive maintenance* e per l'ottimizzazione dei processi. Partner industriali italiani del programma sono Bonfiglioli (che ne è il capofila) e Marposh, entrambi basati in Regione Emilia-Romagna.

L'Istituto sottolinea il fatto che le caratteristiche tipiche del calcolo HPC – parallelo e utilizzabile in discontinuo – sono particolarmente vantaggiose nelle applicazioni di Intelligenza Artificiale, nello specifico in fase di istruzione degli algoritmi. Fase che l'HPC può ridurre da mesi a giorni o ore, rendendo le applicazioni industriali effettivamente praticabili.

Resta da fare un'opera di evangelizzazione delle PMI e di sviluppo delle competenze, soprattutto software, per usare queste competenze e realizzare il potenziale trasformativo dell'HPC.

Applicazioni meteo e climate control

Il Centro meteorologico intervistato è in fase di trasferimento da Reading (UK) a Bologna in conseguenza della Brexit e anche perché nella sua attuale sede non aveva lo spazio necessario per espandersi.

Il Centro ha trovato nel Tecnopolo di Bologna una serie di caratteristiche vantaggiose: una buona offerta della Regione, lo spazio e un ecosistema di aziende, enti di innovazione e ricerca e competenze di Intelligenza Artificiale di alto livello.

L'Attore disporrà a Bologna di una capacità di calcolo che permetterà di fare previsioni meteo con una risoluzione 5 volte maggiore di quella di cui dispone attualmente: in pratica, le particelle di territorio e di atmosfera (a diverse quote dal livello terreno) per le quali sarà possibile fare previsioni differenziate saranno 5 volte più piccole delle attuali. Questo si traduce nella possibilità di prevedere il tempo a 10-14 giorni di distanza, con 5 giorni di preavviso per gli eventi estremi e a livello micro. Questa capacità di prevedere eventi meteo estremi comporta grandi benefici per applicazioni, tra le altre, di agricoltura di precisione o di gestione delle città, per esempio adottando misure di preparazione all'emergenza (es. idrica) per quartiere o microzona e non più dovendo fermare l'intera città o zone più ampie.

Anche il tema di controllo delle alterazioni del clima, che va sotto il titolo generico di de-carbonizzazione, beneficia del calcolo HPC, in due modi. Il primo, diretto: l'efficienza energetica degli HPC è superiore a quella dei centri di calcolo tradizionali. In sostanza, si produce meno CO₂ a parità di tempo di utilizzo (oltre a produrre risultati che non sarebbero possibili con il calcolo tradizionale nello stesso tempo). L'altro modo nel quale l'HPC aiuta la lotta al cambiamento climatico, è la possibilità che offre di sviluppare modelli di descrizione e comportamento del sottosuolo per individuare le aree adatte allo stoccaggio della CO₂ rimossa a monte o a valle dei processi di combustione dei combustibili fossili. Le tecnologie di sequestro pre e post-combustione, esistono e alcune sono in fase commerciale, ma il vero ostacolo al loro utilizzo – soprattutto in Europa – è dato dalla estrema difficoltà a individuare zone in cui sia considerato sicuro immagazzinare la CO₂ sequestrata.

05

Le proposte di The European House - Ambrosetti

5.1

La visione alla base delle proposte

Alla luce di quanto sin qui analizzato e sviluppato nei cantieri di lavoro illustrati, è possibile concludere che lo scenario evolutivo dell'HPC e del suo ruolo nelle performance competitive tra Paesi e territorio, nell'attrattività e nella crescita delle imprese, e nella capacità di innovazione e ricerca risponda ad un **mix di dinamiche a livello globale/sovrnazionale e locale/territoriale**.

Con riferimento al primo ambito, occorre innanzitutto considerare che gli HPC assumono **vere e proprie connotazioni geopolitiche**. Si tratta infatti di infrastrutture chiave nella c.d. era della “geopolitica del digitale”, in cui alle risorse strategiche tradizionali (petrolio, gas, accesso all'acqua, ...) si aggiungono i dati e la capacità di elaborarli. Controllare questa capacità fisica e digitale e le tecnologie sottostanti, mantenendo l'autonomia nello sviluppo e nella realizzazione, diventa quindi fondamentale per qualsiasi attore geopolitico, tra cui gli Stati-Nazione e l'UE nel suo complesso.

Il controllo e l'autonomia in questo ambito tecnologico è inoltre fondamentale nella competizione economica e industriale nell'era della **Data Economy**, in cui i dati diventano risorsa strategica non soltanto in chiave geopolitica ma anche a livello industriale, favorendo gli attori che maggiormente sapranno trarre benefici dall'uso di dati, ma anche quelli che avranno accesso ad una crescente capacità computazionale e al calcolo parallelo, per sviluppare modelli e algoritmi che da quei dati permettano di trarre valore.

Inoltre, l'accesso agli HPC e all'elevata capacità di calcolo che offrono per la creazione di modelli previsionali accurati e affidabili, diventano indispensabili per risolvere problematiche e **sfide che interessano gli Stati e la comunità internazionale**. Poter disporre di questa capacità computazionale diventa fondamentale, tra gli altri, per stimolare un più veloce adattamento della società rispetto al cambiamento climatico ed ai fenomeni da esso indotti come, per esempio, mitigare gli effetti di fenomeni atmosferici avversi anche estremi, prevedere e studiare terremoti, sviluppare rapidamente farmaci e vaccini sicuri ed efficaci.

A questi elementi si aggiungono considerazioni relative alle economie di scala e alle opportunità legate alle sinergie tra Paesi: una robusta infrastruttura HPC, in grado di soddisfare la crescita esponenziale nella domanda da parte di privati e istituzioni pubbliche e di ricerca, richiede infatti già oggi **ingenti investimenti e capitali**. Le modalità di funzionamento e fruizione contribuiscono poi a rendere vantaggiose progettualità HPC multi-Paese. Il framework dell'Unione Europea presenta quindi un ecosistema particolarmente favorevole, permettendo il pooling di risorse economiche e di competenze, anche facendo leva su iniziative di ricerca, sviluppo e innovazione condivise (Horizon Europe, ...).

La stessa considerazione vale per il **capitale umano**: gestire un'infrastruttura HPC e gli algoritmi necessari richiede competenze di frontiera, ancora scarse nel mercato dei talenti. Gli individui che le possiedono, oltre ad essersi formati attraverso un percorso generalmente improntato all'internazionalità, sono incentivati a intraprendere carriere in diversi Paesi, con un'elevata circolazione di esperienze, conoscenze e network che trascendono i confini geografici.

Infine, ciascun HPC può rappresentare un “nodo” fisico all'interno di un network più o meno esteso. Maggiore è il **network**, anche a livello internazionale (es. UE) maggiori sono le opportunità, la flessibilità, le possibilità di accesso e utilizzo, e la scalabilità, con ricadute per le imprese e la ricerca maggiori e più rapide. In questo senso, una progettazione condivisa di medio-lungo termine della rete HPC continentale, come avviata dall'UE, è di grande valore aggiunto anche per evitare duplicazioni e favorire le sinergie anche sotto il profilo formale e tecnologico.

Al tempo stesso, le infrastrutture HPC assumono una **forte connotazione territoriale**, soprattutto quando l'HPC non è realizzato da un'azienda privata esclusivamente per usi propri, ma da enti di ricerca e universitari che lo mettono a disposizione di terzi. Le opere infrastrutturali e tecnologiche vengono realizzate su di un territorio e si pongono in sinergia con esso, con i suoi spazi, con i suoi fornitori, con l'ecosistema dell'innovazione e ricerca, della formazione e dell'impresa, con i suoi talenti.

Nonostante la costruzione di un centro di supercalcolo non “cada nel vuoto”, ma si inserisca facendo leva sull'esistente, che è spesso dirimente per la scelta realizzativa, per il suo funzionamento sono richieste **infrastrutture con precise caratteri-**

stiche tecnologiche (ma anche ambientali, urbanistiche, ...), del valore di diverse decine di milioni di Euro. Ecco, quindi, che si attivano forniture specializzate, si convertono spazi spesso in disuso e valorizzano aree e luoghi, lasciando un patrimonio infrastrutturale al territorio.

Così facendo la scelta di localizzare un HPC porta valore per un territorio, ponendo in essere meccanismi trasformativi positivi, che generalmente si inseriscono in continuità con un percorso già avviato, incrementandone il c.d. capitale cognitivo e **l'attrattività verso talenti internazionali e capitali**, sottoforma di investimenti in R&D, localizzazione di imprese o centri di ricerca e IDE produttivi.

Infine, la realizzazione di un HPC mette in atto **dinamiche distrettuali** che portano ad un'aggregazione di realtà industriali e innovative che finiscono per sviluppare relazioni sotto forma di brevetti condivisi, iniziative di formazione dedicate, progettualità in chiave collaborativa, scambi di conoscenza che non rispondono solo ad economie di scala, ma ad una vera e propria comprensione del valore aggiunto connesso ad approcci collaborativi e di Open Innovation.

È riconoscendo questa duplice dimensione: internazionale e territoriale, che The European House – Ambrosetti ha sviluppato le seguenti proposte e ambiti di indirizzo, per realizzare la visione che ha ispirato l'iniziativa:

*L'Italia e l'Emilia-Romagna devono assumere un **ruolo di leadership** fra i centri europei d'eccellenza **nel supercalcolo** e affermarsi come motore **nella Data Economy**.*

Un duplice livello che riconosce il ruolo chiave del Sistema-Paese e dei suoi attori dell'innovazione, dell'industria, della tecnologia e della formazione, senza cui sarebbe impossibile mantenere il ruolo di primo piano che già oggi **l'Italia** ha nel supercalcolo e, grazie al quale, si trova nella posizione per beneficiare, anche in chiave competitiva, degli sviluppi connessi alla Data Economy.

Allo stesso tempo, viene riconosciuto il ruolo di motore e apripista di un particolare territorio del Paese, quello dell'**Emilia-Romagna**, che attraverso una precisa strategia e capacità di attrazione e investimento è riuscita a valorizzare gli asset loca-

li, sviluppando un vero e proprio ecosistema del supercalcolo e dell'economia dei dati. Con le nuove progettualità in essere, questo territorio potrà consolidare il ruolo di colonna portante a livello nazionale ed europeo in questi ambiti, attraendo investimenti e talenti a vantaggio del Sistema-Paese e della sua competitività.

Framework logico delle proposte e opportunità connesse al fondo Next Generation EU

5.2

A partire da questa visione e per facilitarne la realizzazione, The European House – Ambrosetti ha identificato **6 ambiti di priorità**, che racchiudono un mix di proposte sia strategiche che concrete e operative. In particolare, ciascun ambito si rivolge ad un preciso gruppo di stakeholder o affronta un tema chiave per affermare il ruolo di protagonista dell'Italia nello scenario europeo e globale dell'HPC, facendo leva sugli asset e i punti di forza del Paese, ma anche dei suoi territori, a partire dall'Emilia Romagna.

I 6 ambiti identificati riguardano: 1) la Pubblica Amministrazione come attore di indirizzo con ampie capacità di stimolo a livello sistemico; 2) il settore privato attraverso un'ottica di filiera integrata, a partire dalle dinamiche relazionali e dalla capacità di volano positivo delle grandi aziende; 3) gli owner di HPC in generale, per favorire sinergie e dinamiche di rete, che massimizzino il potenziale associato a questa tecnologia e ne valorizzino la scalabilità; 4) il mondo della ricerca, con un focus sul trasferimento tecnologico afferente la tecnologia HPC e le progettualità ad essa associate; 5) il mondo della formazione a 360°, in modo da poter mettere a disposizione del Sistema talenti adeguati alle necessità della Data Economy, sia verticali/specialistiche che orizzontali/multidisciplinari, anche alla luce delle evoluzioni future; 6) il settore finanziario e bancario, perché ponga in essere meccanismi e azioni incentivanti gli investimenti in HPC, alla luce delle particolari esigenze connesse a questa tecnologia.

Una premessa di metodo riguarda tuttavia il decisore politico ai massimi livelli del Paese e dei territori. Occorre inserire la lea-

dership tecnologica in campo computazionale tra i grandi obiettivi-Paese per la crescita, l'innovazione e il futuro dell'Italia, facendo leva sulle sinergie tra Sistema-Paese e territori. In questo senso, un'opportunità senza precedenti è offerta dal Piano per la ripresa dell'Europa nel quadro della crisi innescata dalla pandemia del Covid-19. Il piano **Next Generation EU per il periodo 2021-2023** – vincolato al bilancio europeo del periodo 2021-2027 – mette infatti a disposizione dei Paesi Europei e dei loro territori 750 miliardi di Euro. La Presidente della Commissione Europea, Ursula von der Leyen, ha annunciato l'impegno di stanziare 8 miliardi di Euro dei fondi previsti per finanziare la nuova generazione di supercomputer HPC “made in UE”.

Visto il ruolo di apripista e di leader del nostro Paese, gli impatti a livello sistemico e locali connessi allo sviluppo di tecnologie HPC e le dinamiche multilivello territorio-Paese sottostanti sia lo sviluppo di tecnologie HPC che l'assegnazione dei fondi UE, l'Italia non può perdere l'opportunità connessa al fondo Next Generation EU in questo ambito. Molte delle proposte di seguito illustrate, soprattutto quelle che beneficiano di dinamiche cooperative Stato-Regione, possono quindi rientrare nelle progettualità che il Governo italiano dovrà presentare alla Commissione Europea, sia in chiave concreta e operativa, sia come linee guida di indirizzo che possono ispirare l'azione e la progettazione da parte dei decisori italiani.

5.3

Le 6 proposte di The European House - Ambrosetti

Proposta 1.

Promuovere progetti HPC-driven attraverso un modello di procurement pubblico proattivo e partnership pubblico-private

Nello sviluppo di un ecosistema HPC nazionale e territoriale, la Pubblica Amministrazione assume un ruolo centrale. È innanzitutto la P.A. che indirizza lo sviluppo infrastrutturale (anche in termini di competenze) del Paese e di un territorio,

e che quindi deve riconoscere - almeno ai livelli dirigenziali e di programmazione - le potenzialità e le implicazioni connesse all'economia dei dati. È sempre la P.A. che può avviare o supportare la partecipazione a bandi e progetti internazionali, come le iniziative avviate dall'UE, nel campo della Data Economy e delle infrastrutture connesse.

Sempre la P.A. può avere il ruolo di motore, pianificando e attivando iniziative volte alla realizzazione di infrastrutture di supercalcolo a beneficio del territorio. Oltre agli HPC privati, sviluppati da attori industriali, un ruolo rilevante assumono infatti gli HPC pubblici e pubblico-privati, ad esempio connessi a centri di ricerca su temi di frontiera e di pubblico interesse, all'accademia, alle dotazioni di una Regione o di un territorio.

In questo senso la P.A., sia a livello centrale che locale, deve riconoscere il ruolo sempre più centrale degli HPC e **investire nella loro realizzazione**, con una pianificazione consapevole del fabbisogno attuale e prospettico, del contesto competitivo, delle risorse e dei ritorni necessari, delle sinergie con il privato. A tal fine occorrerà predisporre un procurement in grado di valorizzare competenze e ruolo delle PMI e massimizzare le sinergie a livello territoriale/locale.

Perché ciò sia possibile occorrono **competenze aggiornate e un iter normativo chiaro**, che permettano di semplificare, favorire le sinergie tra pubblico e privato, attrarre gli IDE, nel rispetto della legalità e del pubblico interesse. Occorre inoltre superare un approccio basato sulla minimizzazione dei costi negli appalti pubblici, adottando invece un modello incentrato sul ritorno degli investimenti e sulla prioritizzazione delle necessità strategiche del Paese e del suo tessuto industriale e dell'innovazione.

Occorre inoltre che le diverse P.A. dialoghino tra loro, sia orizzontalmente che tra livello centrale e territoriale, assicurando un **coordinamento** di lungo periodo ed evitando costose duplicazioni o vincoli alle sinergie tra i diversi nodi nell'infrastruttura tecnologica.

Infine, le diverse P.A. devono migliorare la **qualità dei dati raccolti e renderli condivisibili** tra diversi livelli della P.A. e in un rapporto di collaborazione pubblico-privata. Per assicurare il rispetto della sicurezza e del corretto trattamento dei dati e della privacy si potrà ricorrere a **consorzi** orizzontali, che

mantengano il controllo di dati sensibili a livello pubblico, permettendo tuttavia integrazioni con gli attori privati sulla base di archivi anonimizzati, metriche e KPI.

Proposta 2.

Stimolare l'adozione di HPC nelle imprese di grandi dimensioni con progetti che siano anche da traino per le PMI di eccellenza

Similmente alla Pubblica Amministrazione, anche il settore privato può svolgere un ruolo sistemico nella diffusione di competenze e risorse HPC a livello-Paese e territoriale. Occorre innanzitutto che all'interno del tessuto imprenditoriale-produttivo del Paese venga diffusa la **consapevolezza** circa il ruolo dei dati e i benefici associati ad elevate potenze di calcolo. In questo senso, diversi use case e lessons learned emerse dalle interviste condotte indicano l'importanza di sviluppare in modo strutturato e multi-settore un esercizio di ricognizione e analisi che sistematizzi quanto sin qui emerso e permetta di migliorare la percezione circa la fattibilità, i benefici e le ricadute concrete e le linee guida specifiche a beneficio delle imprese che vogliono dotarsi di tale capacità di calcolo.

Occorre poi mettere a disposizione delle imprese di tutte le dimensioni quante più opportunità di accesso a soluzioni e capacità HPC possibili, facilitando la trasposizione di questa risorsa all'interno degli **specifici business model e della progettualità concrete** (dalla creazione di veri e propri HPC Exascale costo-efficaci per poche realtà industriali all'adozione di soluzioni Cloud tailor made che possono, con le giuste condizioni in termini di competenze e progettualità, offrire benefici concreti anche per le piccole imprese).

In questo senso le **logiche collaborative**, anche tra pubblico e privato, con la messa a disposizione di tempo macchina e tecnici da parte di centri di ricerca, risulta un modello vincente da perseguire e sviluppare, anche approntando il framework normativo e finanziario utile a diffondere in modo capillare e radicato quelle che oggi sono best practice riconosciute anche all'estero.

Le grandi imprese (OEMs, integratori, technology leader, ...) possono sfruttare **logiche di filiera top-down** per facilitare la conoscenza e l'adozione costo-efficace e coerente di tale capa-

cià HPC lungo tutta la value chain e il downstream, anche per gli attori di medie e piccole dimensioni (similmente a quanto accaduto con gli standard ambientali), promuovendo comportamenti virtuosi e incentivando investimenti che permetteranno ai player di filiera di interfacciarsi anche a livello internazionale, grazie ai nuovi asset competitivi acquisiti in modo coerente rispetto alle necessità di business.

Infine, le imprese devono poter contare non solo su infrastrutture, consapevolezza e strumenti finanziari, ma anche su di un pool di talenti che sappia integrare nei business model e nelle organizzazioni esistenti tale capacità di calcolo, traendone valore. In questo senso, almeno per quanto riguarda le competenze di frontiera e le skill multidisciplinari, un ruolo chiave può essere giocato dalla collaborazione tra privati e atenei, favorendo lo sviluppo dello strumento del **dottorato industriale** con un focus su progettualità HPC.

Lanciare un’iniziativa-Paese che riunisca, all’interno di una cabina di regia, gli adopter di HPC in Italia, favorendo sinergie, coordinamento e indirizzi strategici

Proposta 3.

La capacità computazionale diventerà, nei prossimi anni, sempre più strategica e, con il crescere dei volumi di dati generati, saranno richiesti HPC sempre più potenti. Mentre sistemi Exascale sono in fase di progettazione e le soglie per entrare nelle classifiche degli HPC più performanti crescono continuamente, **considerazioni di costo-opportunità e requisiti di flessibilità e adeguatezza suggeriscono l’opzione di mettere in rete più sistemi esistenti**, anche di categoria inferiore, per raggiungere elevate potenze computazionali, così da creare una rete di sistemi con elevatissime capacità di calcolo.

Perché ciò sia possibile, occorre già oggi realizzare le **infrastrutture abilitanti** come la c.d. ultra-connettività. A fronte di una maggiore diffusione della connessione internet 5G e delle infrastrutture Cloud sarà infatti possibile **creare network di HPC sempre più ampi**, capaci di generare una potenza computazionale superiore rispetto alla somma della capacità di calcolo dei singoli HPC componenti.

L'impiego di sistemi di calcolo HPC posizionati in diverse geografie permette inoltre di **aumentare la resilienza della rete**: se infatti un singolo HPC fosse soggetto a blocco, gli altri sistemi di calcolo sarebbero comunque capaci di continuare ad elaborare i dati, evitando così ritardi nelle elaborazioni e / o rischi di perdita di dati / output.

Occorre anche studiare **soluzioni per favorire la cessione di potenza computazionale inutilizzata**, migliorando resilienza e flessibilità “di Sistema” a livello regionale, nazionale ed europeo. In particolare, secondo questa logica si potranno generare nuovi modelli di ricavi per le aziende private che mettono a disposizione “tempo macchina” inutilizzato agli enti pubblici e della ricerca. Allo stesso modo gli attori del mondo pubblico potranno sfruttare questo modello per dare accesso ai sistemi di calcolo ad attori privati – potenzialmente aziende di medio / piccole dimensioni –, oggi non utilizzatrici dei sistemi di calcolo HPC. In questo modo sarebbe possibile ottenere un maggior coinvolgimento del mondo business all'interno dell'ecosistema HPC con ricadute positive per le aziende stesse ma anche per l'intero sistema economico, che beneficerebbe di nuovi prodotti e servizi sviluppati grazie alla tecnologia HPC.

In questo senso, man mano che crescono gli HPC pubblici e privati nel Paese, diventa necessario e di valore realizzare uno **spazio di discussione, confronto e coordinamento per tutte quelle realtà che decidono di dotarsi di questa infrastruttura strategica**. Una **Cabina di Regia degli owner di HPC** in Italia permetterebbe infatti di favorire la diffusione di best practice, standard e lessons learned, massimizzerebbe le sinergie, consentirebbe il coordinamento e ridurrebbe idiosincrasie e silos dannosi per il Paese, le sue aziende e gli owner stessi. Questa Cabina di Regia diventerebbe inoltre il luogo privilegiato per abilitare la messa in rete di capacità di supercalcolo, attraverso logiche di governance e funzionamento pubblico-private.

Agire quanto prima in questo senso permetterebbe di formulare proposte di azione concrete, identificare priorità per gli owner stessi e per i decisori, accompagnare i futuri adopter e quanti decidono di investire in queste tecnologie, dando loro rappresentanza e fornendo un luogo di coordinamento in grado di aggiungere valore alla scelta, lungimirante, di effettuare un investimento in ricerca e sviluppo di questa portata.

Promuovere meccanismi di Trasferimento Tecnologico che valorizzino i ritrovati della ricerca

Proposta 4.

In un contesto-Paese che vede **limitate capacità di Trasferimento Tecnologico** (scarsa propensione alla valorizzazione imprenditoriale della ricerca collegata ad una limitata diffusione di cultura imprenditoriale nelle Università; mancanza di adeguate risorse economiche; scarsa valorizzazione economica della ricerca; scarsità di personale dedicato al Trasferimento Tecnologico, ...) gli sviluppi connessi all'ecosistema del supercalcolo aprono prospettive per una maggior collaborazione pubblico-privata (in termini di sinergie, ma anche di predisposizione dei fattori abilitanti e di condivisione di progettualità, risorse e talenti). Non solo, efficienti partnership pubblico-private ed un efficace Trasferimento Tecnologico sono anche un fattore abilitante e un prerequisito per mantenere il presidio e sviluppare capacità di supercalcolo.

L'HPC, eccellenza nell'ecosistema tecnologico-industriale italiano a livello UE, apre quindi alla possibilità di potenziare capacità di Trasferimento Tecnologico proprio a partire da questo ambito, rendendolo **al contempo necessario**.

Occorre innanzitutto agire sul **capitale umano**, sostenendo l'eccellenza della ricerca italiana in ambito HPC e sviluppando una cultura imprenditoriale tra i ricercatori e i data scientists, anche grazie all'elevato grado di internazionalizzazione professionale di questi professionisti.

Sempre con riferimento ai talenti, è possibile avviare **Master di specializzazione per il Trasferimento Tecnologico** (anche sostenuti da partnership pubblico-private) per formare professionisti con adeguate competenze, anche verticali rispetto alla tecnologia HPC (per sua natura multidisciplinare e multisettoriale per ambiti applicativi) e alla Data Economy. In parallelo è possibile agire realizzando corsi "Road to Market" nelle università che diano la possibilità a ricercatori, studenti e dottorandi di ricevere un insegnamento specifico sulle possibilità di valorizzazione della ricerca e di collaborazione con il mondo dell'impresa.

È necessario anche stanziare **maggiori risorse a disposizione del Fondo per il Trasferimento Tecnologico** italiano e rimodulare il loro utilizzo ricomprendendo le attività su tutti gli stadi della pipeline della ricerca e incrementando pro-

gressivamente le risorse, anche attraverso una marcata finalizzazione che riconosca le specificità e le sinergie legate all'HPC.

In questo senso occorre anche **potenziare gli Uffici per il Trasferimento Tecnologico** attraverso la codificazione delle caratteristiche dei modelli organizzativi efficaci per gli uffici di Trasferimento Tecnologico e l'aumento del numero di professionalità specializzate e risorse economiche.

In termini di **progettualità pilota** si potrà realizzare un «Centro per l'innovazione e il Trasferimento Tecnologico nel campo dell'HPC» dedicato e sviluppare realtà sul modello dell'IFAB, volti a promuovere le sinergie industria-ricerca in ambito HPC, anche con una connotazione territoriale.

Infine, è prioritario avviare una **mappatura delle infrastrutture** di ricerca esistenti sul territorio nazionale (a partire da centri di competenza HPC) e la creazione di un database della ricerca accessibile alle imprese, velocizzando il processo di connessione tra ricerca e impresa, portando anche alla sperimentazione di aree di ricerca prima non ipotizzate.

Proposta 5.

Mettere a disposizione le risorse preparate in linea con i reali bisogni degli utilizzatori di HPC

Un fattore abilitante per favorire lo sviluppo delle tecnologie HPC e la capacità di generare valore per il privato e per il pubblico è la disponibilità di adeguate competenze, sia **verticali**, che **orizzontali**. Le prime hanno a che vedere con lo sviluppo di soluzioni HPC, la loro gestione e manutenzione, la programmazione di algoritmi secondo il paradigma del calcolo parallelo. Le seconde riconoscono la trasversalità della tecnologia HPC, applicabile a molteplici settori (dall'automotive al biotech, dalla meteorologia alla sismologia) e impattanti su diverse funzioni di un'organizzazione (management, HR, procurement, strategy, R&D, ...).

Occorrono quindi **talenti multidisciplinari** in grado di comprendere la nuova grammatica digitale abilitata dall'HPC, dialogare con gli HPC-specialists e i talenti verticali, trarre valore dalla potenza computazionale applicandola ai dati disponibili, comprendendo le specificità e le implicazioni settoriali e agendo su business model e processi in modo coerente.

Nel nostro Paese entrambi gli ambiti di competenza sono scarsi e già oggi molto richiesti dalle imprese. Occorre quindi un'**azione integrata**, che coinvolga Governo, enti di formazione, privati e player tecnologici, per sviluppare rapidamente un pool di talenti adeguati, trattenendoli sui territori e anzi, attrandone dall'estero.

Occorre innanzitutto rivedere i programmi formativi e i meccanismi di progettazione e ingresso nei Corsi di Laurea per favorire la diffusione di profili con così dette competenze **STEM** (Science, Technology, Engineering, Mathematics).

Allo stesso tempo, vincoli burocratici e carenze nella progettazione dei Corsi di Laurea devono fare spazio **all'interdisciplinarietà** (oggi in Italia è fatto espresso divieto di conseguire una doppia laurea), integrando competenze settoriali con coding, data analysis e conoscenze tecnologiche e informatiche.

Non bisogna poi dimenticare la realtà degli **ITS**, che deve essere potenziata a livello nazionale e che, nel percorso di sviluppo e rilancio, deve recepire e riconoscere l'importanza di tecnologie HPC e, più in generale, della Data Economy. In tal senso è possibile attivare programmi e progetti pilota a partire dagli ITS dell'Emilia-Romagna, in sinergia con le realtà industriali, i centri di ricerca e le dotazioni del territorio.

Infine, non bisogna dimenticare gli attuali lavoratori, a tutti i livelli aziendali, ma soprattutto a quelli apicali e in settori maggiormente esposti alla rivoluzione della Data Economy. Anche alla luce della progressiva evoluzione del paradigma delle competenze, occorre abbracciare la necessità di formazione continua e il LifeLong Learning, ancora poco diffuso nel nostro Paese, integrando tematiche connesse a coding, data science, management digitale, cloud computing e HPC. In questo senso, è possibile ipotizzare un centro specializzato su questi temi a livello regionale, avviando una progettualità pilota in Emilia-Romagna.

Sotto il profilo dell'**attrattività**, occorre favorire, sempre a livello territoriale, dinamiche distrettuali e di circolazione della conoscenza che possano portare all'affermarsi di veri e propri hub di richiamo internazionale, con elevata reputation, circolazione di competenze e idee di frontiera, infrastrutture tecnologiche e cognitive di eccellenza, capitali e imprese. In questo senso, gli HPC possono rappresentare degli asset insostituibili nell'iniziare a

formare talenti e competenze nell'ambito del Quantum Computing, proprio per la capacità di simulare questo tipo di ecosistema. Avviare quindi progettualità in questo senso potrebbe spingere le migliori menti e i talenti più ambiziosi a insediarsi sul territorio, oltre a iniziare a preparare i data scientists del futuro.

In parallelo la P.A. - a livello sia regionale che nazionale e in coordinamento con le imprese e con le iniziative di politica industriale - dovrà predisporre **norme e incentivi** volti ad attrarre i migliori talenti internazionali (insieme ad investimenti in R&D, produttivi e imprese) in ambito HPC e a trattenerli sul territorio.

Proposta 6.

Sviluppare nuovi strumenti di finanziamento per l'adozione di HPC

Le dotazioni HPC e le infrastrutture sottostanti, soprattutto considerando sistemi con elevata capacità computazionale (pre-Exascale, Exascale, ...), richiedono **budget importanti e ritorni non sempre quantificabili** (in ambito industriale si tratta di sistemi con implicazioni positive sotto il profilo dei costi, della rapidità di prototipazione, della riduzione del rischio, ... rispondenti a dinamiche affini a quelle degli investimenti in R&D).

Fatti salvi gli investimenti sostenuti direttamente da aziende private, gli HPC multistakeholder sono finanziati principalmente attraverso il ricorso a fondi pubblici. Visto il potenziale moltiplicativo dei potenziali effetti di un HPC, è fondamentale ragionare su **scemi e strumenti di finanziamento** che riconoscano le specificità connesse ad un investimento HPC (sia in ambito privato che pubblico-privato). Sarebbe auspicabile valutare come approntare un fondo con la missione di **sostenere la costruzione di nuovi HPC** o costruzione di una rete di HPC. Più in generale si devono prevedere misure e norme specifiche, volte a incentivare, anche sotto il profilo fiscale, gli **investimenti in capacità computazionale** (come già avviene in ambito R&D).

Inoltre, abbiamo visto attraverso lo studio di alcuni territori, come l'HPC abbia capacità di stimolare la nascita di nuove iniziative imprenditoriali, principalmente attraverso il meccanismo del Trasferimento Tecnologico. In questo senso, sarebbe utile comprendere se gli attuali **strumenti di sostegno alle start-up e scale-up** ad alta densità scientifica siano sufficienti ovvero se ne

debbano essere approntati di specifici, alla luce del fatto che – nel mondo – iniziano ad emergere alcuni casi di aziende di recente costituzione il cui business model contempla o è abilitato da HPC.

Ruolo e progetti bandiera per la Regione Emilia-Romagna

5.4

Come emerge dallo Studio e come espresso dalla Visione presentata in apertura di capitolo - e alla base della formulazione delle proposte - lo sviluppo della capacità computazionale HPC a livello di Sistema-Paese e la possibilità di trarne benefici per la competitività dell'Italia, la crescita dell'industria e il progresso scientifico-tecnologico dipende in buona parte dalle sinergie tra **governo centrale e territori**. Questi ultimi possono fare leva sui propri asset cognitivi, economici e sociali per assumere un ruolo di motore dello sviluppo della capacità di calcolo di un Paese, attraendo al contempo investimenti e capitale umano e beneficiando degli attori locali.

Protagonista dell'evoluzione dell'HPC in Italia è stata sicuramente la **Regione Emilia-Romagna**, già oggi hub di riferimento del supercalcolo in ambito nazionale ed europeo. In Emilia-Romagna è infatti installata circa il 27,5% della capacità di calcolo HPC italiana e l'5,1% della capacità di calcolo HPC europea. A ciò si aggiunge il 70% della capacità di calcolo e storage nazionale. Con l'installazione dell'HPC Leonardo e a parità di contesto, l'Emilia-Romagna raggiungerà l'82,6% della capacità di calcolo italiana e il 20,9% di quella EU.

Perché la Regione possa interpretare al meglio questo suo ruolo di guida anche in futuro, massimizzando nel lungo periodo i benefici associati agli investimenti in HPC e alla strategia complessiva dell'innovazione e della ricerca, abbiamo identificato alcuni **“progetti bandiera” per l'Emilia-Romagna in ambito HPC**, trasversali ai 6 cantieri di proposte illustrati.

1. Promuovere la realizzazione di un numero sufficiente di **dottorati industriali in ambito HPC**, in sinergia con

imprese del territorio che abbiano necessità concrete o che possano mettere a disposizione del capitale umano del territorio opportunità di sviluppo di medio periodo associate a questa tecnologia.

2. Sviluppare percorsi multidisciplinari a livello di **formazione terziaria e post-laurea sul tema dell'HPC** e della sua applicazione all'interno delle organizzazioni e dei diversi ambiti del sapere, valorizzando gli spazi di autonomia delle università e dei centri di alta formazione nella creazione di corsi di laurea e programmi ad hoc e interdisciplinari e sfruttando le sinergie con il territorio.
3. Insediare un **Centro Nazionale per l'innovazione e il Trasferimento Tecnologico nel campo dell'HPC** che faccia da aggregatore di competenze e modelli operativi per il Trasferimento Tecnologico in questo specifico ambito tecnologico, formando e mettendo a disposizione delle Università, dei centri di ricerca e del settore privato competenze, persone e best practice.
4. Attivare un **Advisory Board di leader di impresa** del territorio, per mettere a sistema competenze, best practice e lessons learned, formulare proposte e indirizzi di azione, e promuovere gli investimenti sul territorio in questo ambito, dall'Italia e dall'estero.
5. Lanciare una **Call for Action** di respiro internazionale per promuovere l'insediamento delle start-up più innovative nel campo dell'HPC all'interno del tecnopolo di Bologna, mettendo a loro disposizione le infrastrutture tecnologiche e cognitive necessarie.
6. Lanciare un **Roadshow nazionale ed internazionale** volto a promuovere e posizionare l'offerta HPC dell'Emilia-Romagna e i benefici connessi per le imprese, in modo da una maggiore consapevolezza delle potenzialità della Regione.

Italia

Milano

The European House - Ambrosetti

Via F. Albani, 21
20149 Milano
Tel. +39 02 46753.1
ambrosetti@ambrosetti.eu

Bologna

The European House - Ambrosetti

Via Persicetana Vecchia, 26
40132 Bologna
Tel. +39 051 268078

Roma

The European House - Ambrosetti

Via Po, 22
00198 Roma

Europa

Amburgo

GLC Glücksburg Consulting AG

Bülowstraße 9
22763 Hamburg
Tel. +49 40 8540 060
Mr. Martin Weigel
amburgo@ambrosetti.eu

Berlino

GLC Glücksburg Consulting AG

Albrechtstraße 14 b
10117 Berlin
Tel. +49 30 8803 320
Mr. Martin Weigel
berlino@ambrosetti.eu

Bruxelles

Ambrosetti Brussels Office

Tel. +32 476 79 10 89
Laura Basagni
laura.basagni@ambrosetti.eu

Istanbul

Consulta

Kore Şehitleri Caddesi Üsteğmen
Mehmet Gönenç Sorak No. 3
34394 Zincirlikuyu-Şişli-Istanbul
Tel. +90 212 3473400
Mr. Tolga Acarli
istanbul@ambrosetti.eu

Londra

Ambrosetti Group Ltd.

5 Merchant Square, Paddington
London W2 1AY
london@ambrosetti.eu

Madrid

Ambrosetti Consultores

Castelló nº 19
Madrid, 28001
Tel. +34 91 575 1954
Ms. Marta Ortiz
madrid@ambrosetti.eu

Asia

Bangkok

Mahanakorn Partners Group Co., Ltd.

Kian Gwan House III, 9th Floor, 152
Wireless Rd., Lumpini,
Pathumwan, Bangkok, 10330,
Thailand
Tel. +66 (0) 2651 5107
Mr. Luca Bernardinetti
bangkok@ambrosetti.eu

Pechino

Ambrosetti (Beijing) Consulting Ltd.

No.762, 6th Floor, Block 15
Xinzhaoliyuan, Chaoyang District
Beijing, 100024
Tel. +86 10 5757 2521
Mr. Mattia Marino
beijing@ambrosetti.eu

Seoul

HebronStar Strategy

Consultants

4F, ilsiln bldg., 27,Teheranro37-gil,
Gangnam-gu, Seoul
Tel. +82 2 417 9322
Mr. Hyungjin Kim
seoul@ambrosetti.eu

Shanghai

Ambrosetti (Beijing) Consulting Ltd.

No. 1102 Suhe Mansion,
No.638 Hengfeng Road, Zhabei
District
Shanghai, 200070
Tel. +86 21 5237 7151
Mr. Mattia Marino
shanghai@ambrosetti.eu

Bai Shi Barbatelli & Partners Commercial Consulting Shanghai Company Ltd. (Shanghai)

No. 517 Suhe Mansion,
No.638 Hengfeng Road, Zhabei
District
Shanghai, 200070
Tel. +86 21 62719197
Ms. Cristiana Barbatelli
shanghai-partner@ambrosetti.eu

Singapore

The European House - Ambrosetti (Singapore) Consulting Pte. Ltd.

1 Kay Siang Road #12-02
Singapore 248922
Tel. +65 90998391
Mr. Marco Bardelli
singapore@ambrosetti.eu

Tokyo

Corporate Directions, Inc. (CDI)

Tennoz First Tower 23F
2-2-4 Higashi Shinagawa, Shinagawa-ku
Tokyo, 140-0002
Tel. +81 3 5783 4640
Mr. Nobuo Takubo
tokyo@ambrosetti.eu

Medio Oriente

Dubai

The European House - Ambrosetti Middle East

Business Center Dubai World Central
P.O. Box: 390667 - Dubai - UAE
Mob. (UAE) +971.54.55.10003
Mob. (IT) +39.340.592.1349
Mr. Luca Miraglia
luca.miraglia@ambrosetti.eu

Africa

Midrand

Grow to the Power of n Consulting

Suite F9, Building 27
Thornhill Office Park – Bekker Road
Vorna Valley, Midrand
South Africa 1685
Tel. 0861 102 182 (local)
Tel. +27(0)11 805 0491 (international)
Mr. Nico De Kock
johannesburg@ambrosetti.eu