



AGENZIA NAZIONALE PER LE
NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO
SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Calcolo ad alte prestazioni e big data

Accordo INFN-ENEA

INFN, Laboratori Nazionali di Frascati

Roma, 05/11/2024

G. Carlino (INFN), M. Celino (ENEA)



1101 0110 1100
0101 0010 1101
0001 0110 1110
1101 0010 1101
1111 1010 0000



PON 2000-2006

PON Ricerca, Sviluppo Tecnologico, Alta Formazione 2000-2006

- Asse II “Rafforzamento e apertura del sistema scientifico a di alta formazione meridionale”
 - Misura II.2 “Società dell’Informazione per il Sistema Scientifico Meridionale”
 - Azione a – Sistemi di calcolo e simulazione ad alte prestazioni

Obiettivo: Realizzazione di un’infrastruttura di calcolo ad alte prestazioni basata sulla tecnologia grid per applicazioni scientifiche multidisciplinari e tecniche e gestione di grosse banche dati.



Napoli



Portici



Catania



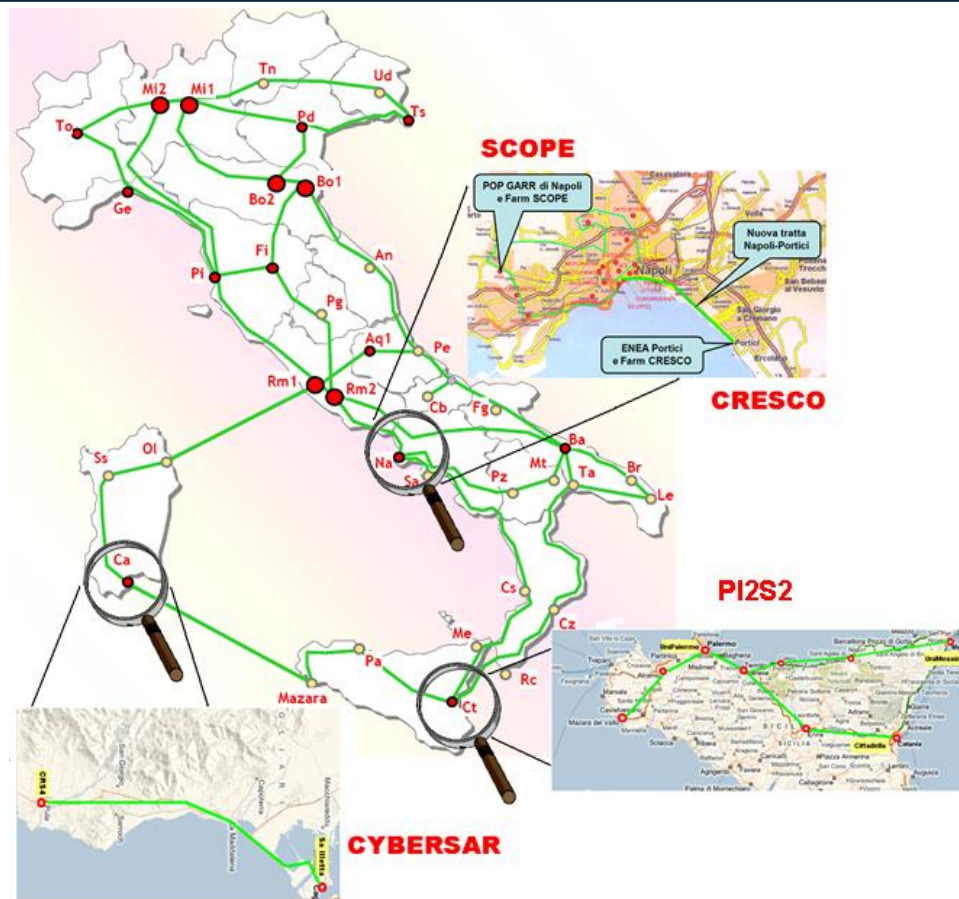
Cagliari

Interoperabilità dell’infrastruttura Grid dei progetti con connettività (reti e comunicazioni) adeguata in termini di **prestazioni, affidabilità, efficienza, ridondanza.**

PON 2000-2006

Realizzazione

- Realizzazione e/o potenziamento data center nelle regioni del Sud Italia
- Mettere a fattor comune tutte le risorse computazionali in un'unica infrastruttura di Griglia
- Rendere le singole infrastrutture indipendenti mutuamente interoperabili
- Realizzare un anello di fibre che interconnetta i siti relativi ai progetti finanziati dal PON utilizzando WDM con l'implementazione di collegamenti IP dedicati in tecnologia 10GigaEthernet e la remotizzazione di collegamenti fra le strutture di Storage in tecnologia FC o SCSI.



Infrastruttura Calcolo Scientifico INFN

L'Infrastruttura di Calcolo Scientifico INFN è parte dell'infrastruttura mondiale di calcolo distribuito gestita da WLCG in attività dall'inizio degli anni 2000

L'Infrastruttura di Calcolo INFN, in attività da più di 20 anni, è costituita da 10 centri:

- 1 Tier1: CNAF @ BO
 - 9 Tier2: BA – CT – LNF - LNL/PI - MI – NA – PI - RM1 - TO
- connessi con link dedicati a 240 Gbps (Tier1) e a 10 / 100 Gbps (Tier2) al backbone del GARR

Non solo centri INFN

- HPC @CINECA: da anni l'INFN utilizza i sistemi di calcolo ad alte prestazioni sia per l'HTC che per attività che richiedono alta parallelizzazione

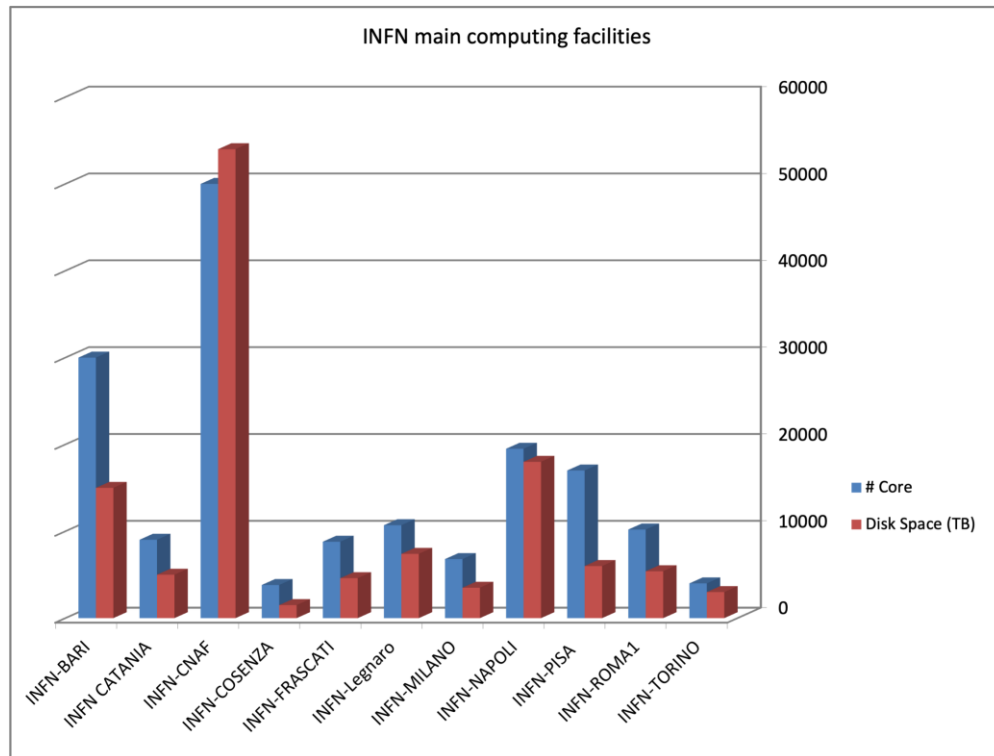


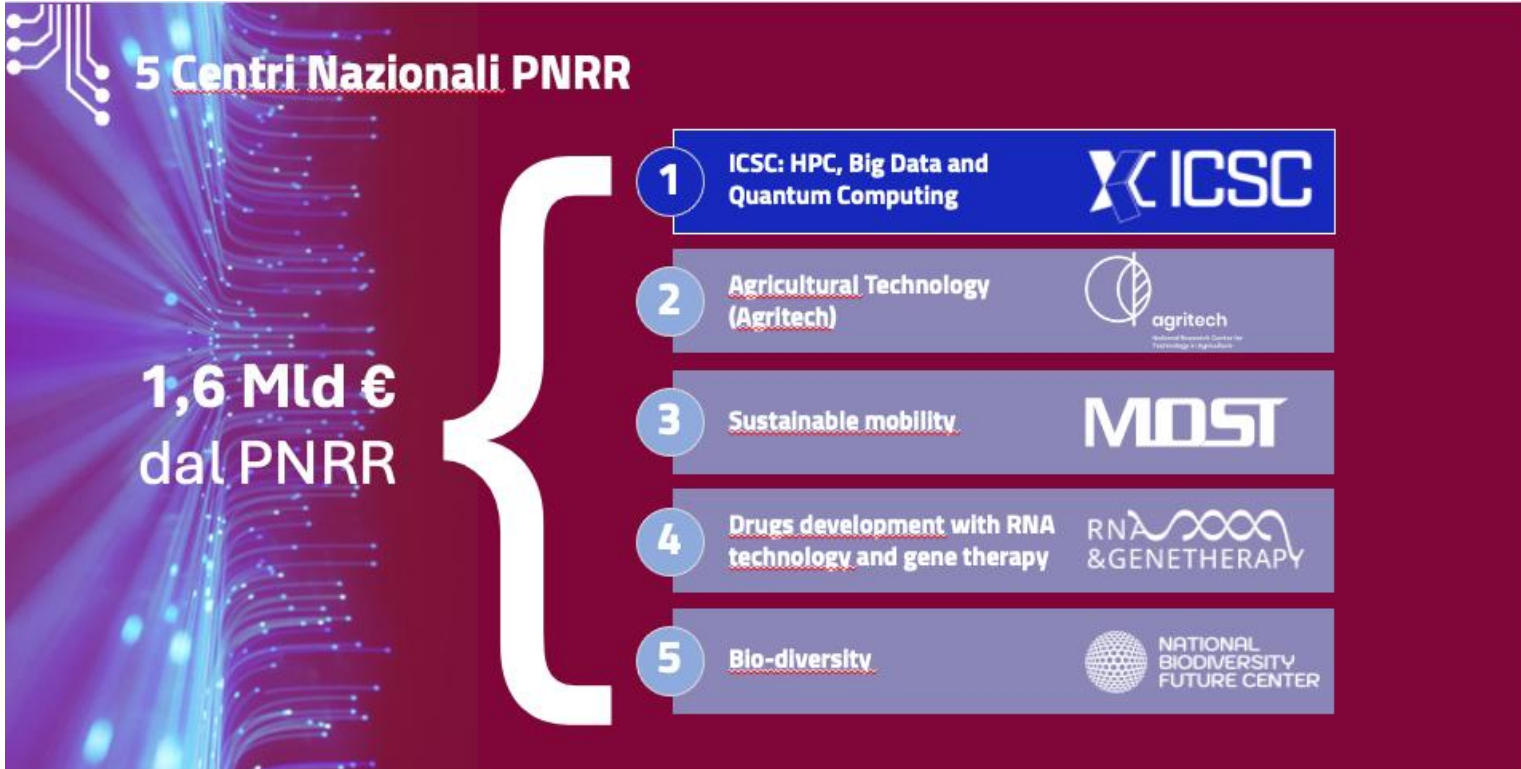
Infrastruttura Calcolo Scientifico INFN

Risorse di calcolo e storage nei centri INFN per attività HTC e Big Data:

- Calcolo
 - 170.000 cores
 - 2.200.000 HepSpec06
- Storage
 - 125 PB Disco
 - 220 PB Nastro

L'infrastruttura si sta arricchendo di architetture alternative (GPU, FPGA, ARM) per supportare applicazioni parallele e studiare come aumentare l'efficienza energetica dei centri








5 Centri Nazionali PNRR


1,6 Mld €
dal PNRR


- 1** ICSC: HPC, Big Data and Quantum Computing


- 2** Agricultural Technology (Agritech)


- 3** Sustainable mobility


- 4** Drugs development with RNA technology and gene therapy


- 5** Bio-diversity



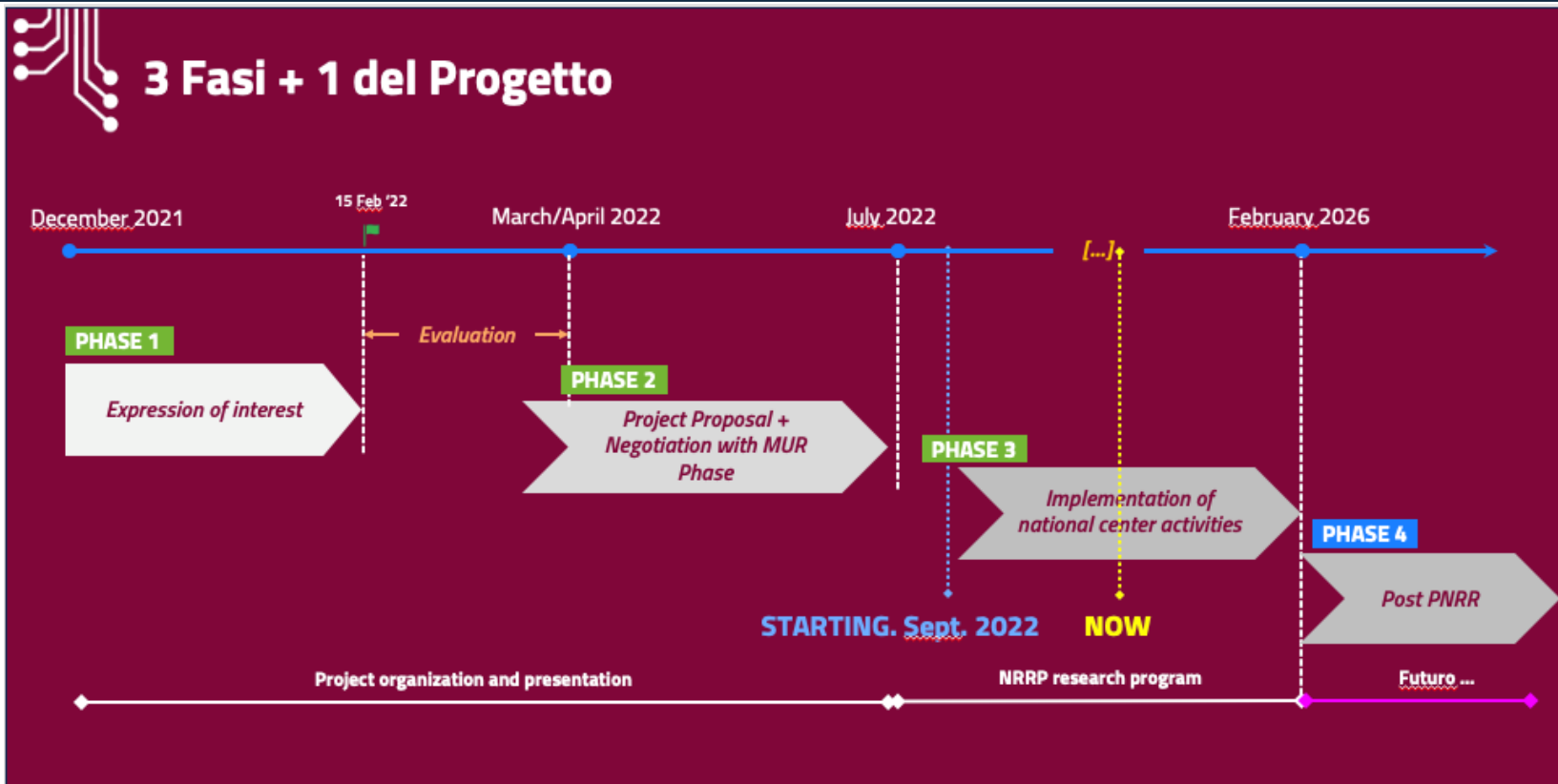
The ICSC aim and objectives

Create the **national digital infrastructure** for research and innovation, starting from the existing HPC, HTC and Big Data infrastructures ...

... evolving towards a **cloud datalake** model accessible by the scientific and industrial communities through flexible and uniform cloud web interfaces, relying on a high-level support team ...

... form a globally attractive **ecosystem based on strategic public-private partnerships** to fully exploit top level digital infrastructure for scientific and technical computing and promote the development of new computing technologies







Fondazione ICSC: partner pubblici e privati

Istituti Nazionali



12

Istituti di Ricerca

HUBs



13

Aziende

Aziende



25 Università



The #Headquarters Bologna Technopole



Il contesto italiano

#Tier1
Inaugurato il 10 Maggio 2024

INFN
GRAF
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

CINECA

#Leonardo
n. 6 Top500 supercomputer in the world



ICSC 2024 Annual Meeting
Antonio Zoccoli | 17 settembre 2024

Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU

Ministero dell'Università e della Ricerca

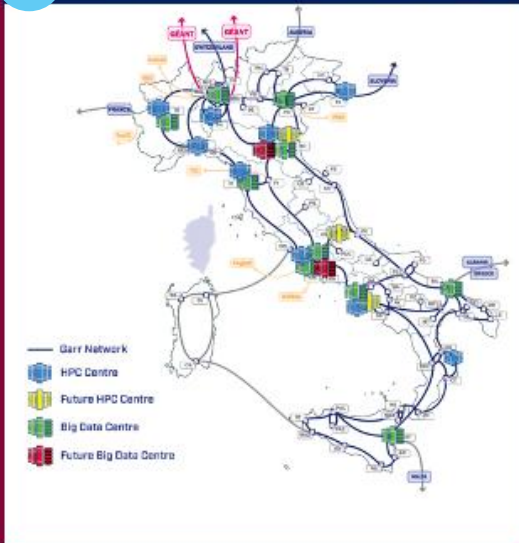
ItaliaDomani
per un futuro di progresso e benessere

ICSC
Centro Nazionale di Ricerca in HPC,
Big Data and Quantum Computing



Organizzazione delle attività

0 SUPERCOMPUTING CLOUD INFRASTRUCTURE



- | | |
|---|---|
| <p>1</p> <p>FUTURE HPC & BIG DATA</p> | <p>2</p> <p>FUNDAMENTAL RESEARCH & SPACE ECONOMY</p> |
| <p>3</p> <p>ASTROPHYSICS & COSMOS OBSERVATIONS</p> | <p>4</p> <p>EARTH & CLIMATE</p> |
| <p>5</p> <p>ENVIRONMENT & NATURAL DISASTERS</p> | <p>6</p> <p>MULTISCALE MODELING & ENGINEERING APPLICATIONS</p> |
| <p>7</p> <p>MATERIALS & MOLECULAR SCIENCES</p> | <p>8</p> <p>BIOMIMETIC MEDICINE & OMICS DATA</p> |
| <p>9</p> <p>DIGITAL SOCIETY & SMART CITIES</p> | <p>10</p> <p>QUANTUM COMPUTING</p> |



ENEAGRID/CRESCO HPC Clusters

www.cresco.enea.it

Computational RESearch Centre on COmplex systems

6 research centers with ICT services – 3 with HPC clusters

CRESCO6 (1,4 Pflops, 20832 cores)

• 434 nodes 2x24 cores Intel Xeon Platinum 8160 @2.1 GHz;
192 GB RAM, 500GB SATA II disk, Intel Omni-Path 100 GB/s.

Portici

CRESCO4F (20 Tflops, 1024 cores)

• 64 nodes 2x8 cores Intel E5-2670 @2.6 GHz;
64 GB RAM, 500GB SATA II disk, IB QDR 40 GB/s.

Frascati

CRESCO4C (10 Tflops, 512 cores)

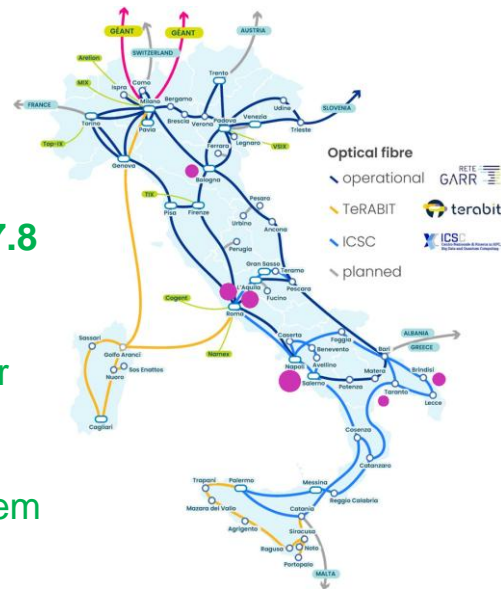
• 32 nodes 2x8 cores Intel E5-2670 @2.6 GHz;
64 GB RAM, 500GB SATA II disk, IB QDR 40 GB/s.

Casaccia

CentOS 7.3 – 7.8

LSF
batch scheduler

GPFS
parallel filesystem



ENEAGRID/CRESCO HPC Clusters

CRESCO7 (0,5 Pflops, 6912 cores)

Portici

- 144 nodes 2x24 cores Intel Xeon Platinum 8160 @2.1 GHz;
192 GB RAM, 500GB SATA II disk, IB EDR 100 GB/s.

XCRESCO (1,9 Pflops, 1920 cores, 240 GPUs)

Frascati

- 60 nodes 2x16 cores IBMPOWER9 AC922 @2.6 GHz;
256 GB RAM, 500GB SATA II disk, IB EDR 100 GB/s,
4 x NVIDIA Tesla V100 GPUs/node, Nvlink 2.0, 16GB.

AlmaLinux 9.2

SLURM batch scheduler

LUSTRE parallel filesystem

NEW FORTHCOMING CRESCO CLUSTER AT THE END OF 2024

CRESCO8 (9 Pflops, ~ 800 nodes, ~100k cores)

Portici

Server Lenovo ThinkSystem SD650 V3

• CPU partition (97024 cores)

758 nodes 2x64 cores Intel Xeon 8592 @1.9 GHz - 512 GB RAM (DDR5);

• HBM (High Band Memory) CPU partition (HBM) (1792 cores)

16 nodes 2x56 cores Intel Xeon 9480 @1.9 GHz

1024 GB RAM (DDR5) + 128 GB HBM;

Server Lenovo ThinkSystem SD650-I V3

• GPU partition (1920 CPU cores + 983040 GPU cores)

15 nodes 2x64 cores Intel Xeon 8592 @1.9 GHz - 512 GB RAM (DDR5);

4 x GPU Intel Max Series 1550 @1.6 GHz, 128 GB HBM2e -3.2 TB/s GPU
Memory Bandwidth Interconnect (bi-directional) Xe Link: 636 GB/s.

Progetti HPC su infrastruttura di supercalcolo ENEA CRESCO

Referenti:

- Francesco Iannone, Frascati, francesco.iannone@enea.it
 - A. Funel (ENEA), Nicodemi (INFN): modelli di sistemi biologici
 - F. Buonocore (ENEA), O. Pulci (Tor Vergata/INFN): scienza dei materiali

Progetto TEXTAROSSA

Progetto EuroHPC Textarossa:

*Towards EXtreme scale Technologies
and Accelerators for euROhpc hw/Sw Supercomputing
Applications for exascale*

Progetto europeo a coordinamento ENEA
dal 1.4.2021 al 31.3.2024, 6 Meuro, 11 partner
www.textarossa.eu

Referenti:

Alessandro Lonardo, Roma 1 (gruppo APE), alessandro.lonardo@roma1.infn.it

Massimo Celino, C. R. Casaccia, massimo.celino@enea.it



textarossa

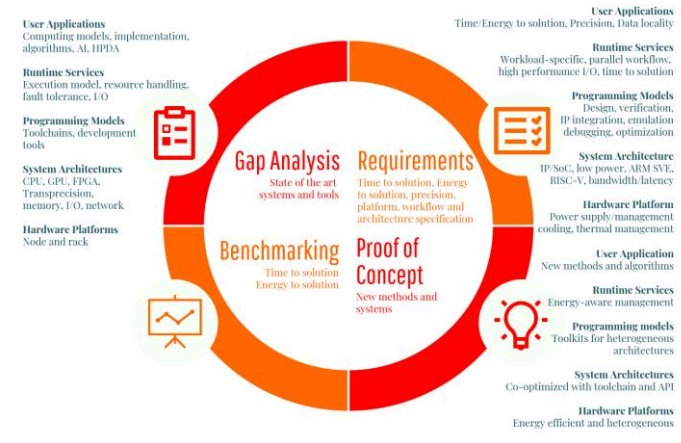
Progetto TEXTAROSSA

- Capace di un miliardo di miliardi di calcoli al secondo, l'exascale computing deve ancora superare le lacune tecnologiche che limitano le prestazioni e l'efficienza energetica.
- C'è la necessità di aumentare la capacità di calcolo e consentire l'integrazione senza soluzione di continuità di **acceleratori riconfigurabili in piattaforme multi-nodo eterogenee di calcolo ad alte prestazioni (HPC)**.
- Il progetto TEXTAROSSA, finanziato dall'UE, mira ad affrontare queste lacune applicando un approccio di **co-design** per progettare e sviluppare supercomputer efficiente e innovativo basato su:
 - acceleratori hardware,
 - raffreddamento a due fasi,
 - algoritmi avanzati,
 - metodologie e software per l'intelligenza artificiale ad alte prestazioni (HPC-AI) e l'analisi dei dati ad alte prestazioni (HPDA).

Proposta: Il progetto TEXTAROSSA è stata una collaborazione di successo tra i due enti, potrebbe essere interessante trovare insieme altre opportunità di finanziamento per la realizzazione di hardware e software specialistici.

textarossa

Co-Design-centric process workflow



Tecnologie FPGA (Field Programmable Gate Array)

ENEA ha una ventennale esperienza nello sviluppo di strumenti per l'utilizzo di dispositivi logici programmabili (FPGA) e nel loro impiego come acceleratori nel calcolo ad alte prestazioni:

- flussi di progettazione High-Level Synthesis (quale Vitis di Amd) nel settore del supercalcolo, realizzando esperienze su cluster con nodi di calcolo equipaggiati con schede acceleratrici FPGA.
- In TEXTAROSSA ENEA ha collaborato con INFN per utilizzare i moduli di comunicazione di INFN per parallelizzare su più dispositivi FPGA applicazioni nel settore dell'immagine processing. Tale esperienza è un esempio di come si possano usare in parallelo dispositivi FPGA per accelerare applicazioni, ottenendo sia più elevate velocità di esecuzione (operazioni al secondo) che migliori efficienze energetiche (operazioni al secondo per watt).

Proposta: un tema di comune interesse potrebbe essere l'analisi e l'utilizzo dei flussi di progettazione per FPGA ad alto livello disponibili sul mercato, come il software Vitis prodotto dalla Xilinx e distribuito in modalità open per l'impiego di metodiche di HLS in domini applicativi quali AI e ML, sicuramente di comune interesse per ENEA ed INFN.



Referenti:

- Piero Vicini, Roma 1 (gruppo APE), piero.vicini@roma1.infn.it
- Paolo Palazzari, C. R. Casaccia, paolo.palazzari@enea.it

Dinamiche quantistiche, sistemi complessi, reti neurali e tematiche legate ad analisi dei dati, big data ed intelligenza artificiale


Collaborazione in corso:

- **Machine learning e intelligenza artificiale** per la digitalizzazione di importanti **imprese della moda** e degli attori coinvolti nei distretti **agroalimentari**. La collaborazione ha consentito di mettere in atto alcuni importanti progetti di innovazione mettendo a fattor comune le rispettive conoscenze e infrastrutture.
- aree di dinamiche quantistiche e sistemi complessi, supercalcolo, reti neurali profonde e più recentemente **quantum machine learning**.
- **PTR22-24 Cybersicurezza** in cui avanzati algoritmi di machine learning vengono utilizzati per l'analisi di grandi moli di dati provenienti da reti elettriche smart
- **METROFOOD-IT** per la promozione della metrologia nell'ambito del cibo e della nutrizione, attraverso strumenti di intelligenza applicati ai dati del settore agroalimentare.

Proposta: integrare le infrastrutture e le competenze HPC di ENEA CRESCO e di INFN RECAS per ottimizzare l'utilizzo dei due sistemi e aumentarne le potenzialità e la progettualità.

Referenti:

- INFN Bari: Roberto Bellotti, Paolo Facchi, Saverio Pascazio
- ENEA: Angelo Mariano, Bari, angelo.mariano@enea.it



Grazie per l'attenzione

- G. Carlino (INFN)
- M. Celino (ENEA)



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



AGENZIA NAZIONALE PER LE
NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO
SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE



#Spoke 0 – Infrastruttura Cloud di Supercalcolo

Budget dello Spoke	134.685.054 €
Personale Massa Critica	78
Personale reclutato	51
Numero Pubblicazioni	2
N. Progetti innovazione	6

Acquisizioni

GARR (infrastruttura e apparati di rete)

Impegnato: ~15 M (100% del budget)

CINECA (facilities e risorse IT)

Impegnato: ~32 M

In corso: ~12.5 M

Previsto: ~24.5 M

INFN (facilities e risorse IT)

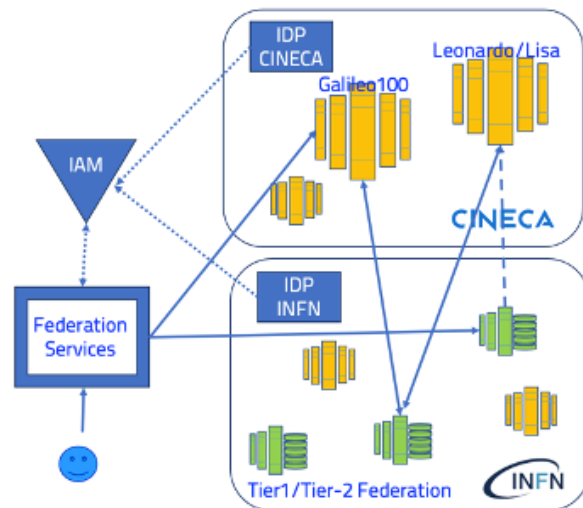
Impegnato: ~18.1 M (di cui >4M fatturato)

In corso: ~16.8 M

Previsto: ~12 M (di cui co-finanziati ~8 M)

Federazione Cloud

Primo Proof of Concept «in progress»



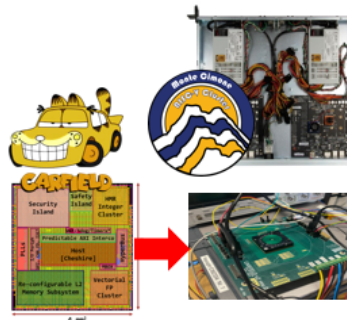


#Spoke 1 – Future Hpc & Big Data

Budget dello Spoke	21.859.389 €
Personale Massa Critica	204
Personale reclutato	76
N. Pubblicazioni	244
N. Progetti innovazione	13

Living Lab «Hardware & Systems» HWS@UNIBO

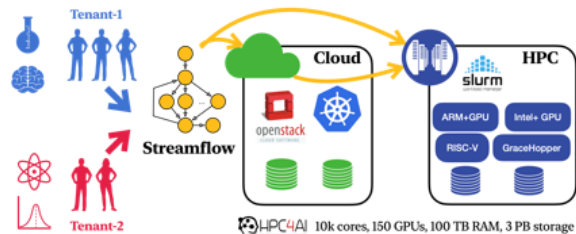
- Integrazione di **MonteCimone**, il primo cluster al mondo RISC-V al mondo (in collaborazione con E4)
- Progettazione di processori per mercati specifici sviluppati a partire dalla piattaforma PULP/RISC-V : **CARFIELD** (automotive Intel16nm, 11/23), **ASTRAL** GF 12nm (spazio GlobalFoundries 12nm, 11/24, IG TASI)



Inaugurato
a giugno 23

Living Lab «Software & Integration» SWI@UNITO

- Sviluppo (su MonteCimone) della prima distribuzione completa al mondo di **Pytorch** (Google+FB) per RISC-V – il software più utilizzato per AI/LLM. Oggi mainstream.
- Progettazione e sviluppo di **Streamflow** – workflow portabili per sistemi multicloud-HPC. EU innovation radar award. Utilizzato da 4 IG (ENI, Sogei, Unipol, IFAB), in valutazione per adozione: IBM, TIM, Astron, MIIRI EU ERIC



HPCC4AI 10k cores, 150 GPUs, 100 TB RAM, 3 PB storage

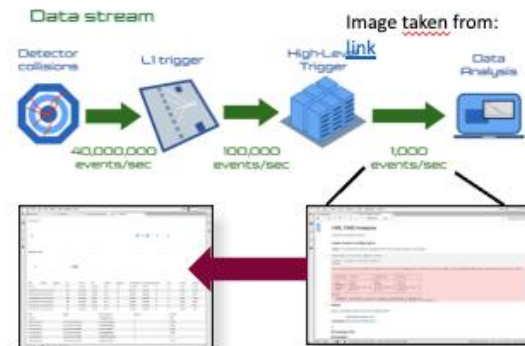


#Spoke 2 – Fundamental Research & Space Economy

Budget dello Spoke	18.939.814 €
Personale Massa Critica	193
Personale reclutato	67
N. Pubblicazioni	340
N. Progetti innovazione	10

Analisi veloce su grandi basi di dati (**Petab+**), con infrastruttura eterogenea (**Cloud + HPC + Grid**) e distribuita.

Disegnata e validata per la fisica a LHC, usabile anche in altri ambiti di ricerca (es. fisica medica) e industriali (es. immagini della space economy)



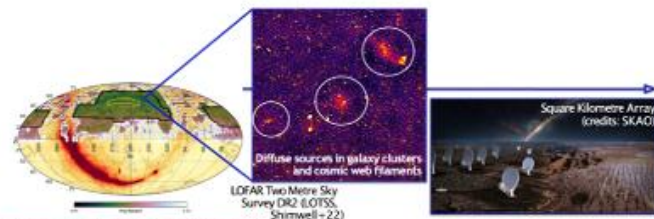
Taglio dei tempi di prototipizzazione in interattivo e accesso trasparente e ottimizzato a grandi basi di dati, anche remote: verrà resa disponibile a tutto ICSC.





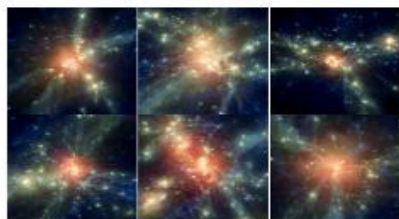
#Spoke 3 – Astrophysics & Cosmos Observations

Budget dello Spoke	12.655.379 €
Personale Massa Critica	97
Personale reclutato	48
N. Pubblicazioni	130
N. Progetti innovazione	9



Big Data: processing e management

- A supporto dei grandi esperimenti: **SKA, EUCLID, CTA+, Fermi, LiteBird, LOFAR, ...**
- Sviluppo di soluzioni rivoluzionarie di archiviazione, processamento e analisi di grandi volumi di dati **basate sul AI e capaci di sfruttare sistemi HPC stato dell'arte.**
- Sviluppo di soluzioni avanzate e di **strumenti di visualizzazione e analisi dati interattivi e collaborativi.**



Simulazioni Numeriche Exascale e oltre

- **Codici numerici astrofisici innovativi** capaci di sfruttare i più innovativi sistemi ibridi di calcolo massicciamente paralleli ed accelerati.
- **Algoritmi sofisticati, integrazione di soluzioni AI, altissima risoluzione** per problemi complessi in cosmologia, astrofisica e fisica dello spazio.



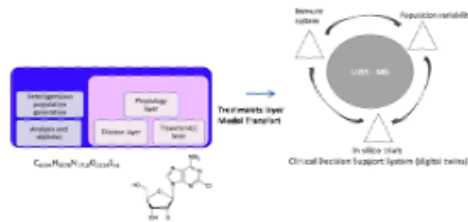
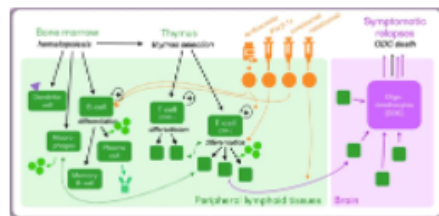
#Spoke 8 – In Silico Medicine & Omics Data

Budget dello Spoke	17.437.760 €
Personale Massa Critica	138
Personale reclutato	36
N. Pubblicazioni	32
N. Progetti innovazione	4

Spoke 8 – In Silico Medicine

UISS-MS-MRI:

- Trial in silico per il trattamento della sclerosi multipla attraverso sviluppo di modelli di simulazione delle dinamiche del sistema immunitario in scenari fisiologici e patologici (simulatore UISS)
- Per ogni paziente modellato, UISS-MS-MRI fornisce **previsioni personalizzate sul miglior trattamento**



Spoke 8 – Omics Data

- Analizzati i dati genomici di numerosi pazienti oncologici affetti da tumore al pancreas;
- identificate le varianti genetiche responsabili della malattia;

I risultati stanno dimostrando come la democratizzazione della medicina di precisione passi attraverso un'implementazione sistematica di HPC e Big Data nella pratica medica e clinica.



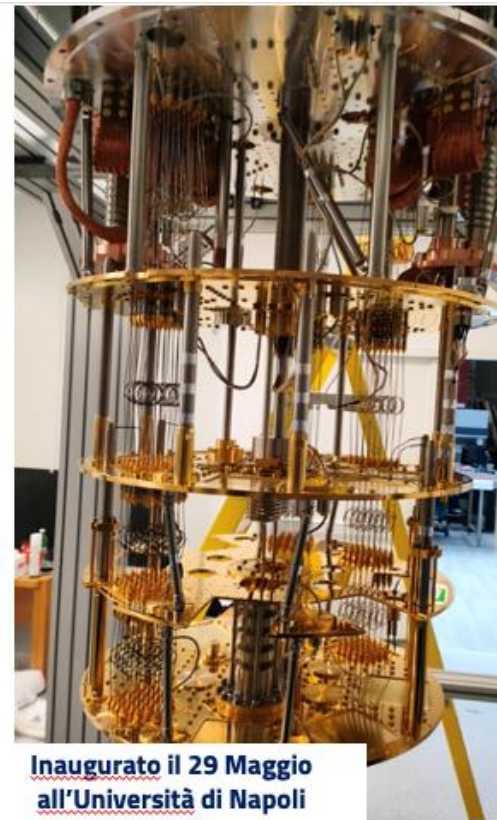
#Spoke 10 – Quantum Computing

Budget dello Spoke	30.578.631 €
Personale Massa Critica	181
Personale reclutato	62
N. Pubblicazioni	130
N. Progetti innovazione	11

Primo computer quantistico a semiconduttori a 24 qubit costruito in Italia

Prossimi obiettivi

- **40 qubits** entro Ottobre 2024
- Connessione con Cineca
- Accesso cloud



Inaugurato il 29 Maggio all'Università di Napoli

Infrastruttura Calcolo Scientifico INFN

- L' Infrastruttura di Calcolo Scientifico INFN è inserita nell' infrastruttura mondiale per il calcolo degli esperimenti LHC al CERN gestita dal progetto WLCG
 - Il progetto WLCG (Worldwide LHC Computing Grid) è una collaborazione internazionale di circa 170 centri in più di 40 paesi che nasce con la missione di fornire risorse di calcolo e storage in una singola infrastruttura, per distribuire e analizzare i dati raccolti da LHC
 - Evoluzione di WLCG per includere esperimenti non LHC o non HEP (astroparticles)
- Estensione degli ambiti di ricerca supportati dall' infrastruttura INFN: per esempio applicazione biomedicali per il trattamento di dati sensibili (certificazione di alcuni centri)

