

Il calcolo scientifico presso l'INFN di Padova e Legnaro

M. Morandin - INFN PD



Introduzione

I centri di calcolo a Padova e Legnaro

Attività di calcolo in area padovana

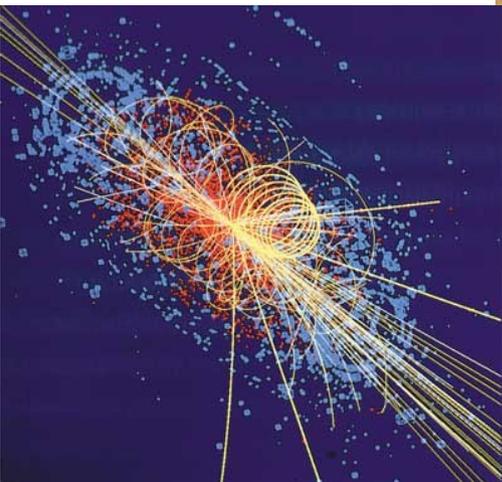
Conclusioni



La missione dell'INFN

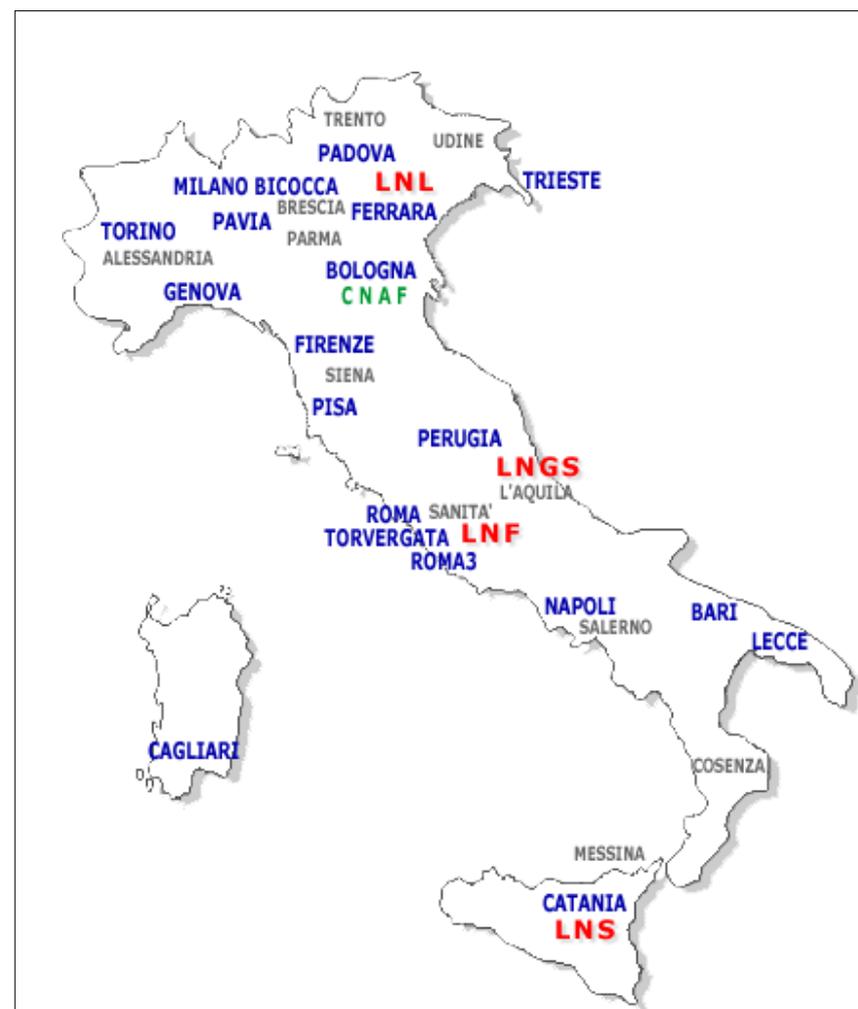


- studio dei **costituenti fondamentali della materia**
- ricerca **teorica e sperimentale**, nei campi di fisica **subnucleare, nucleare e astroparticellare**.
- sviluppo di **tecnologie e strumenti** di ricerca d'avanguardia per le proprie esigenze di ricerca



L'INFN oggi

- fondato nel **1951** con 4 sedi
- oggi:
 - **4 laboratori nazionali**
 - **20 sedi** presso Università
 - **11 gruppi collegati,**
 - **1 centro di calcolo nazionale (CNAF)**
 - ~ **2000 dipendenti**
 - ~ **2000 associati** Universitari
 - ~ **1300 studenti**
 - > **10,000 utenti** dei servizi calcolo



Gli strumenti per il calcolo

- notevole tradizione di **promozione di sviluppi tecnologici** avanzati necessari per le proprie attività di ricerca;
- esigenze di applicazioni computazionali, così come di acquisizione ed elaborazione dei dati hanno richiesto nuovi originali sviluppi
- Esempi:
 - **Rete WAN** (INFNet[1983], poi GARR [1991])
 - **Calcolo massicciamente parallelo** (progetto **APE**)
 - sviluppo middleware **GRID** e creazione infrastrutture operativa a livello nazionale



Sezione INFN di Padova

- una delle quattro **sezioni fondatrici** dell'INFN e attualmente fra le più grandi
 - **140 dipendenti** (t.d.+t.ind.)
 - **200 associati** universitari

- vi si svolgono molte attività di frontiera in:
 - fisica delle **particelle ai collisori**
 - fisica **astro-particellare**
 - fisica **nucleare**
 - fisica **teorica**
 - fisica **dei rivelatori**
- varie attività nel settore del **calcolo**
 - supporto **esperimenti e studi teorici**
 - sviluppo **GRID**



I Laboratori Nazionali di Legnaro

- ricerca di **fisica nucleare** con acceleratori
 - **struttura nucleare e meccanismi di reazione**
 - utilizzo di **reazioni nucleari** per attività interdisciplinari
- sviluppo di **macchine acceleratrici**
- laboratorio di **superconduttività**
- **antenna gravitazionale** Auriga
- attività in campo **biomedico**



- collaborazione con consorzio RFX per realizzazione nuova macchina per la fusione nucleare **ITER**
- **centro di calcolo Tier2 per LHC e sviluppo GRID**



Calcolo per gli esperimenti (I)

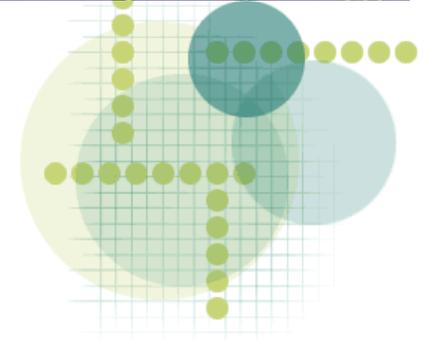
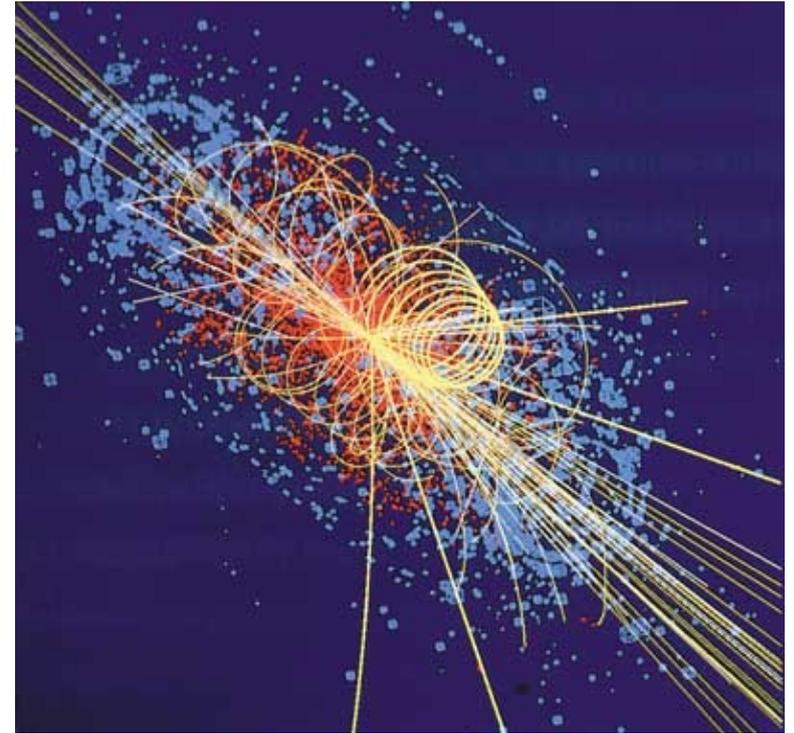
La maggior parte delle risorse di calcolo a Padova e ai LNL sono impiegate per applicazioni di fisica sperimentale

- **acquisizione dati**
- **simulazioni** con tecniche Monte Carlo di apparati sperimentali
 - in quantità spesso $>$ dati sperimentali
- **ricostruzione** e **selezione** degli eventi prodotti da apparati sperimentali e da simulazioni
- **analisi finale** delle interazioni elementari



Calcolo per gli esperimenti (II)

- La maggior parte dei dati sperimentali prodotti dai rivelatori consistono in collezioni di **immagini digitali**
- tali immagini, o “eventi” indipendenti, si prestano bene alla **elaborazione parallela**
- grandi moli di dati stoccati in modalità a sola lettura
- facilmente processabili da **comuni PC**
- **scalabilità** naturale con aumento numero di processori



Calcolo per gli esperimenti (III)

- anche se concettualmente semplice, l'elaborazione dei dati sperimentali presenta **aspetti critici**, dovuti soprattutto a problemi di scaling:
 - impatto degli impianti tecnologici
 - TCO_sala / costo_servers da 50% a > 200% in 10 anni
 - management delle risorse (reali e virtuali)
 - accesso caotico ai dati per l'analisi
 - tempi di accesso a dischi e nastri lontani dal seguire la legge di Moore !



Evoluzione risorse di calcolo

- il computer dipartimentale
 - negli anni '80 si consolida in molte sedi lo sviluppo autonomo di **servizi di calcolo** basati per lo sull'impiego dei **Digital Vax**, collegati fra loro dalla nascente **rete INFNet**
- i cluster e le reti locali
 - negli anni '90 si mettono le basi con i primi cluster di μ Vax le basi per il successivo sviluppo del "**commodity**" o "**farm**" computing che diventa rapidamente competitivo rispetto ai mainframe gestiti dai grandi laboratori e centri di calcolo

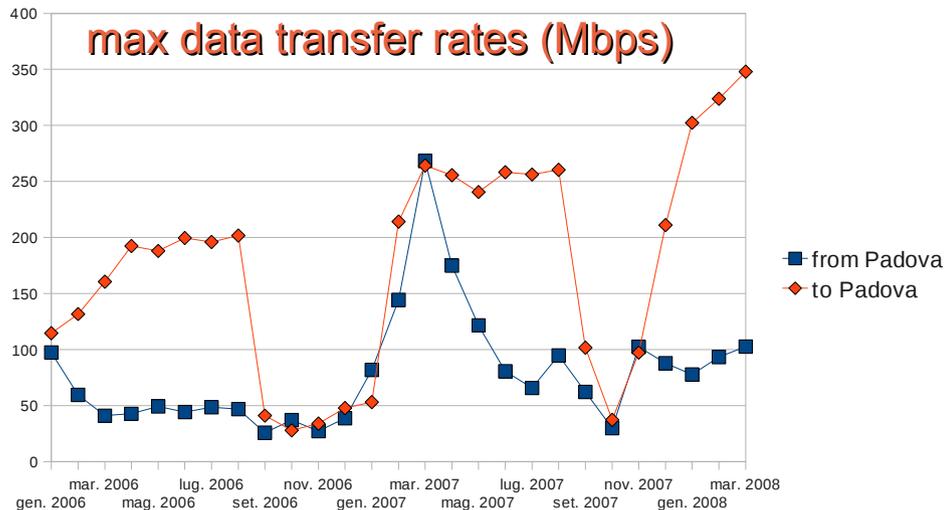


anni 2000

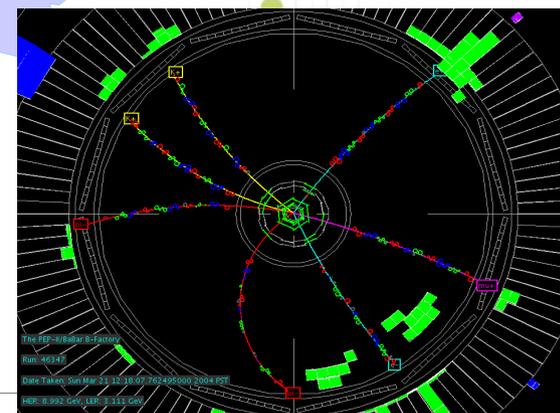
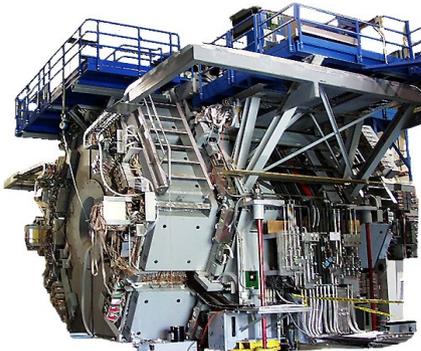
- in alcune sedi INFN si creano le **prime grandi farm** per elaborazione dei dati
- il **calcolo distribuito su WAN** diventa realtà quotidiana così come il trasferimento di grandi moli di dati scientifici
 - anche i più grandi laboratori internazionali non riescono più ad soddisfare le **esigenze di calcolo delle collaborazioni sperimentali** che ospitano
- a Padova abbiamo **anticipato** questa evoluzione ormai divenuta comune in molte sedi



Esempio: studio dell'asimmetria materia-antimateria con i mesoni B

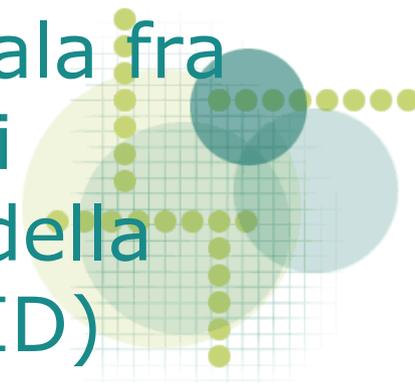


- farm di oltre 600 processori in Italia dove, a poche ore dall'acquisizione, i dati sono trasferiti da SLAC e qui elaborati
- fino ad 1 TB/giorno

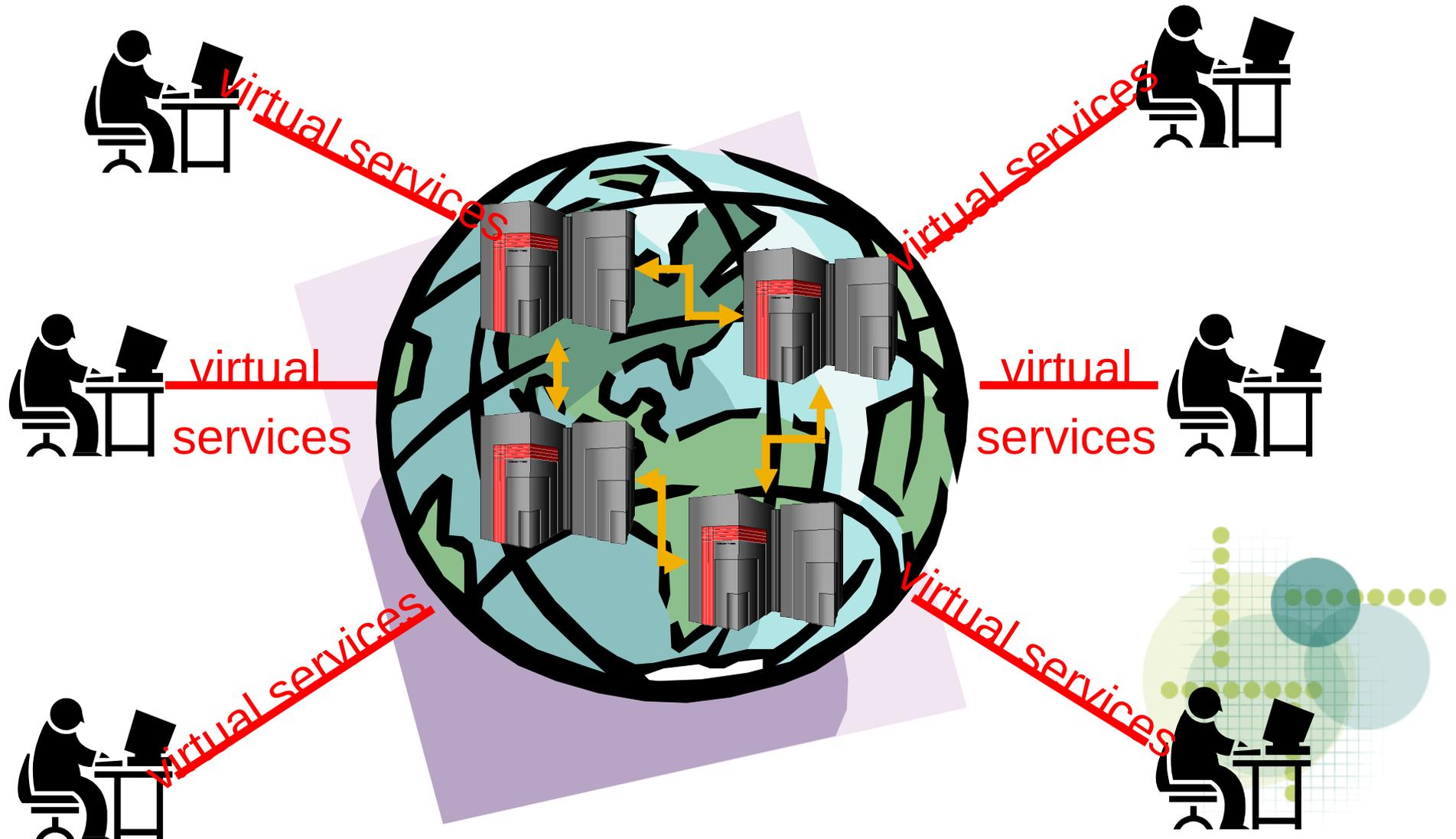


La Griglia computazionale

- ci si rende conto che l'utilizzo efficiente di risorse distribuite necessita di una **nuova infrastruttura** che sfruttando i sistemi esistenti:
 - **reti**
 - **e centri di calcolo**
 - sistemi computazionali
 - sistemi di stoccaggio dati online e offline
- permetta la condivisione su larga scala fra diverse comunità scientifiche: da qui l'impegno dell'INFN nella creazione della **griglia computazionale** (INFN-GRID)



Il paradigma



La GRID italiana

La
Rete



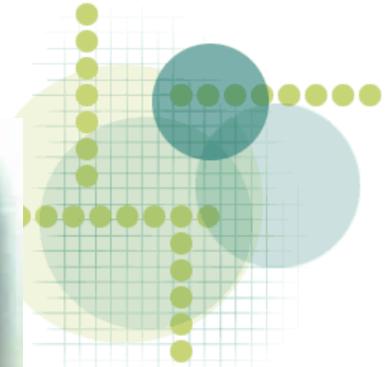
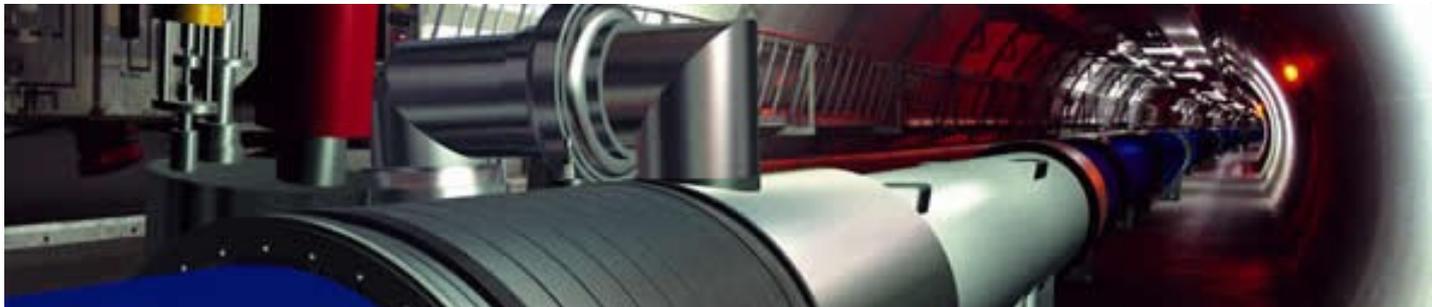
La Grid



Il caso LHC

- i numeri di LHC

- collisore **7+7 TeV**
- **27 km** tunnel
 - dipoli superconduttori
 - nuova scala di energia e di risoluzione (10^{-20} m)
- fiotti di protoni che si scontrano ogni **25 ns**
- interazioni che creano migliaia di particelle secondarie
- costo 5 BChF
- entrata in funzione prevista **quest'anno**

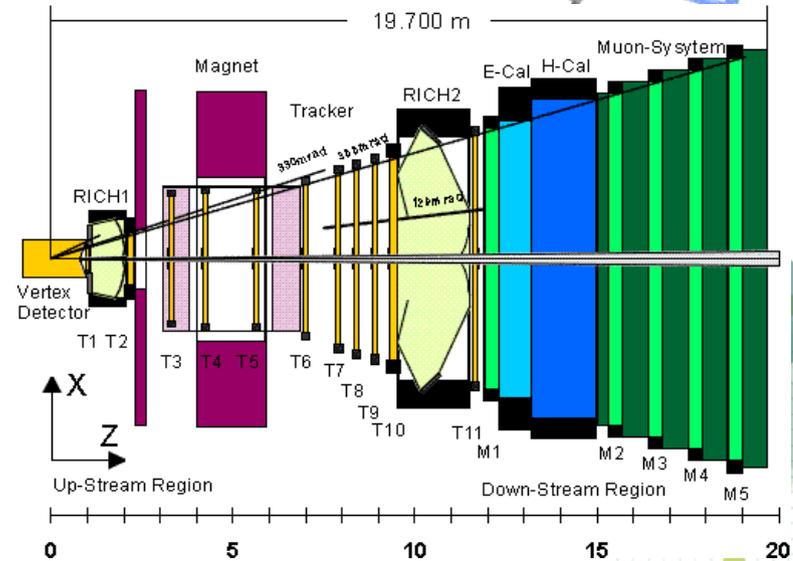
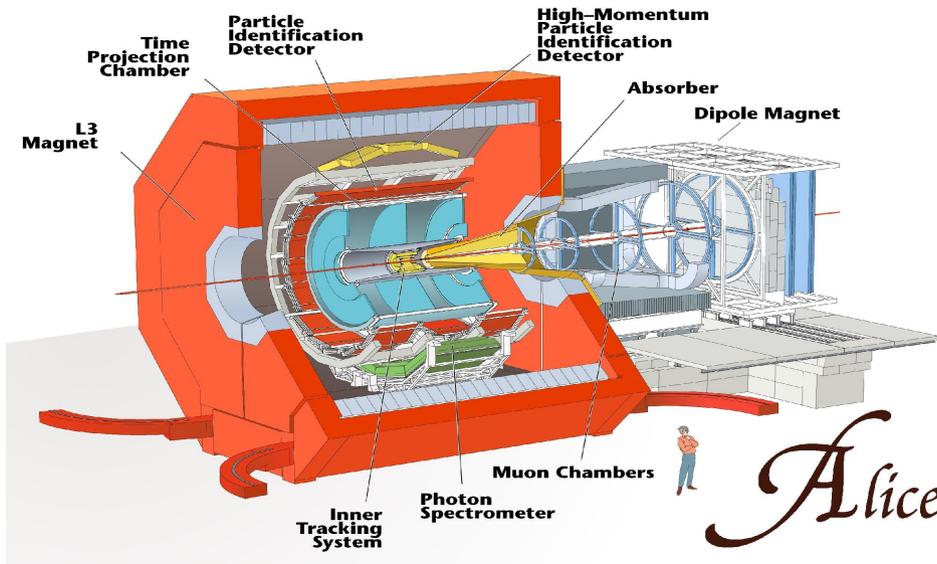
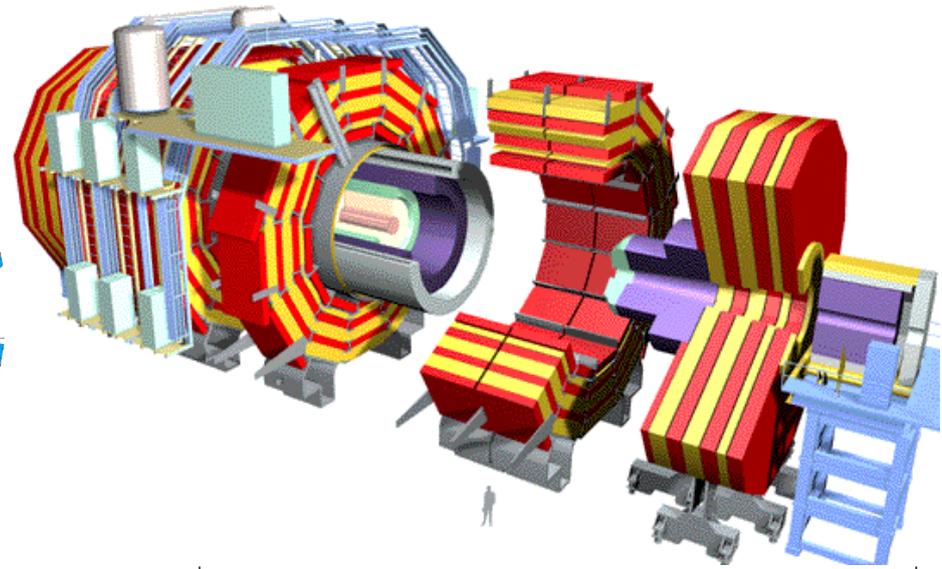
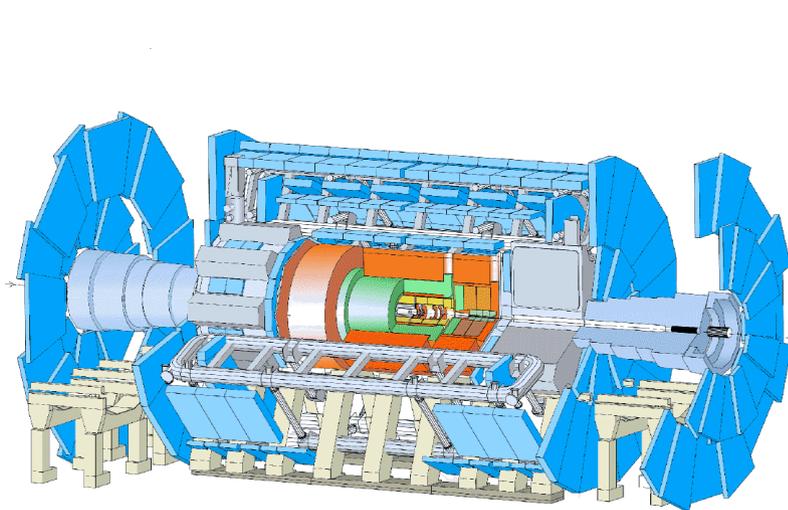


Le domande per LHC

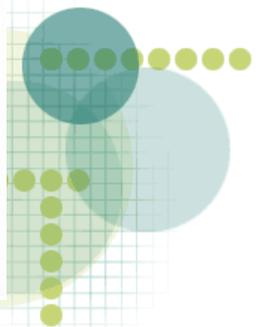
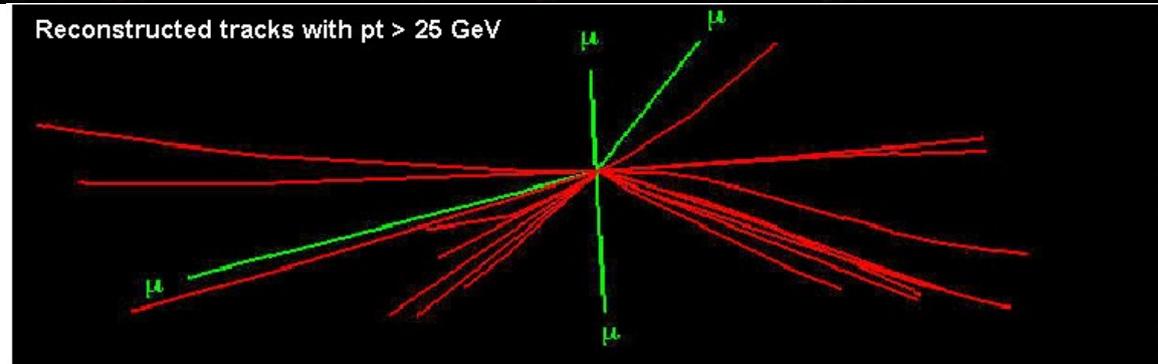
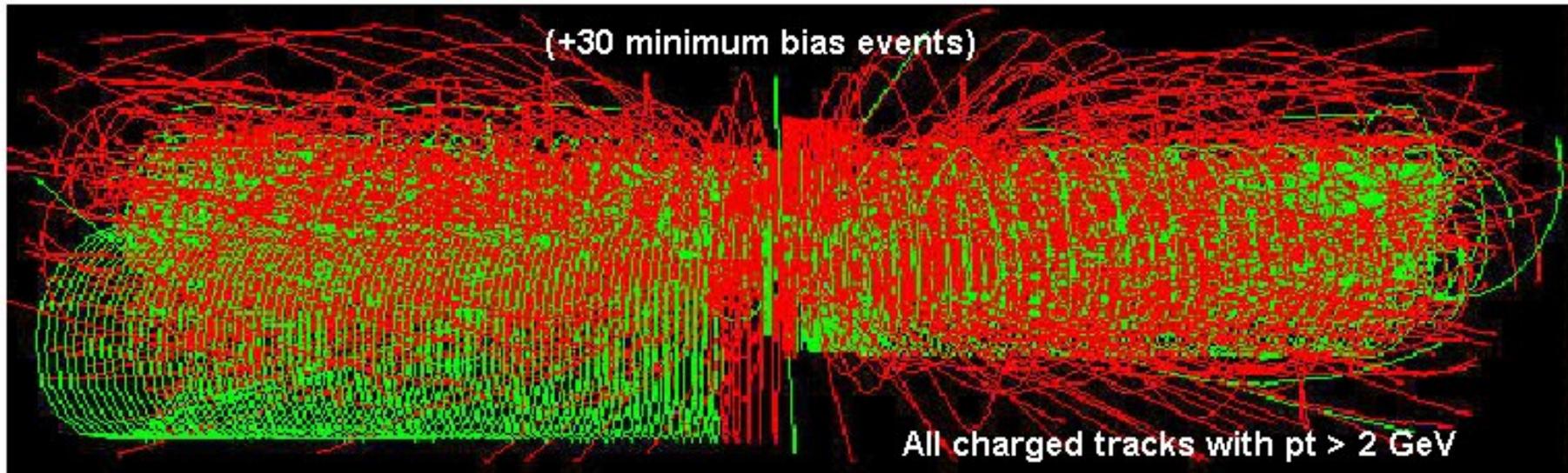
- abbiamo capito il meccanismo che origina **la massa** ?
 - conferma dell'esistenza del campo di Higgs
- di che cosa è fatta la **materia oscura** ?
 - ricerca di possibili candidati supersimmetrici
- qual è il meccanismo che può dare ragione dell'**asimmetria materia-antimateria** dell'Universo
 - ricerca di segnali oltre la violazione di CP dello S.M.
- quali sono le caratteristiche del **plasma quark-gluone**
 - misura di interazioni con nuclei ad elevatissima energia



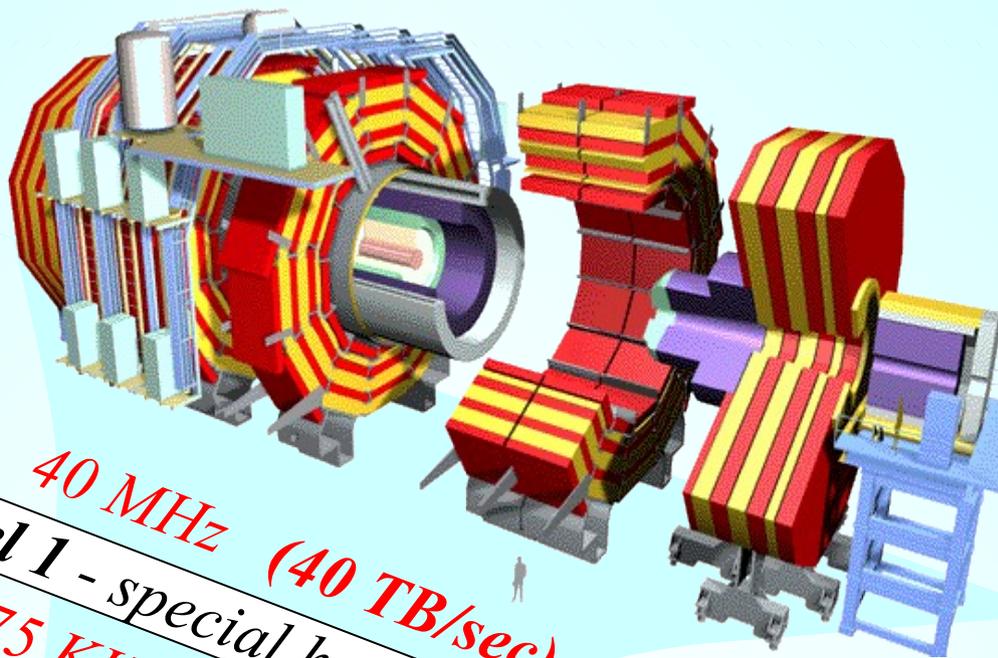
Gli strumenti al LHC



Un evento al LHC



Il flusso dei dati in LHC



40 MHz (40 TB/sec)
level 1 - special hardware

75 KHz (75 GB/sec)
level 2 - emb. processors

5 KHz (5 GB/sec)
level 3 - PCs

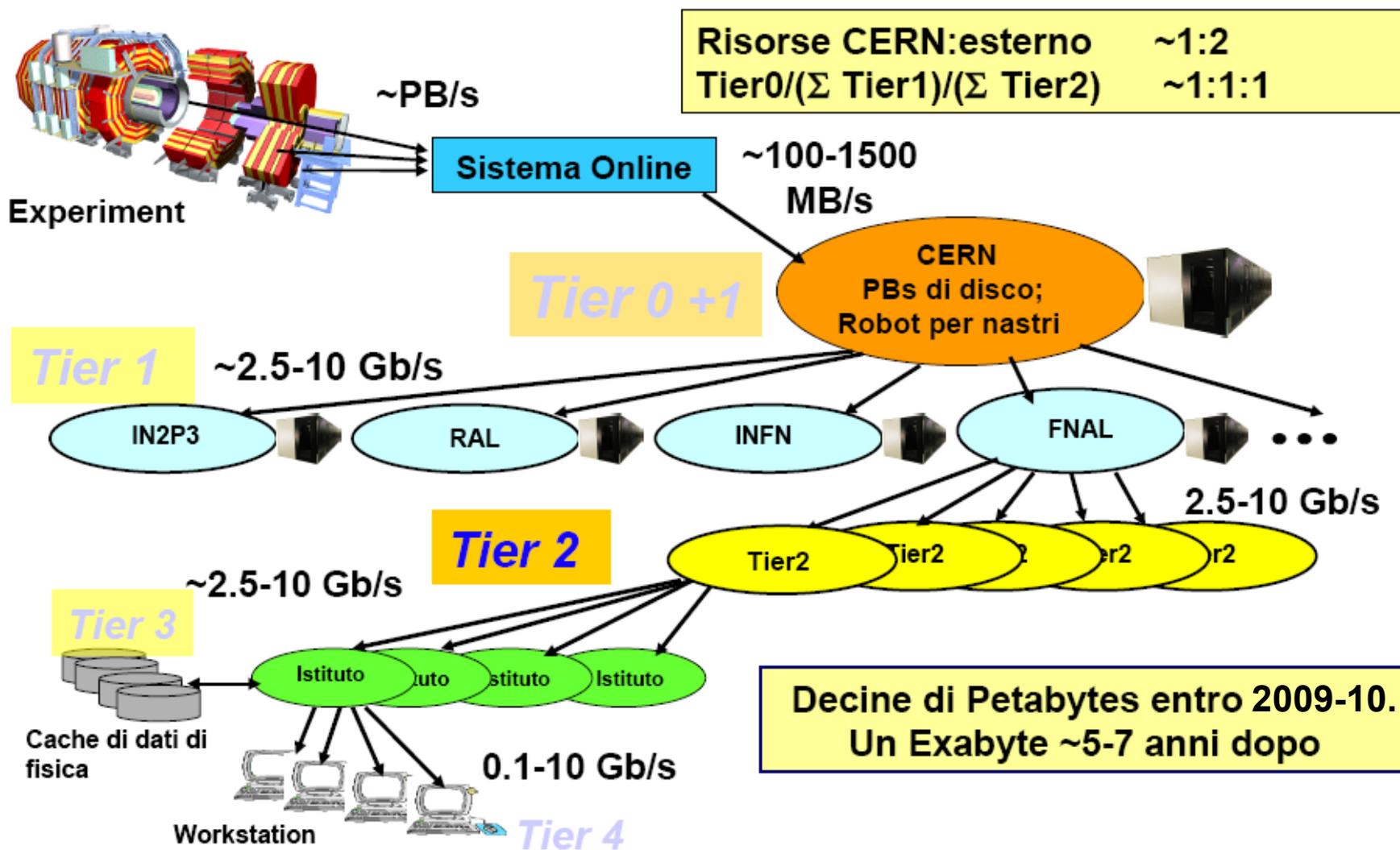
200 Hz
(200-1000 MB/sec)
data recording &
offline analysis

Le dimensioni del problema

- **Quantità di dati** accumulata da ogni esperimento ad LHC
 - $\sim 1 - 2$ MB / evento
 - $\sim 0.1 - 1$ GB/s
 - durata presa dati $\sim 10^7$ s / anno
 - totale: $\sim 1-4$ PB / anno per esperimento
- **Risorse** necessarie
 - stoccaggio dati: **10–14 PB/anno**
 - CPU: \sim **10^5 processori** di oggi



La soluzione distribuita in scala gerarchica



I Tier INFN

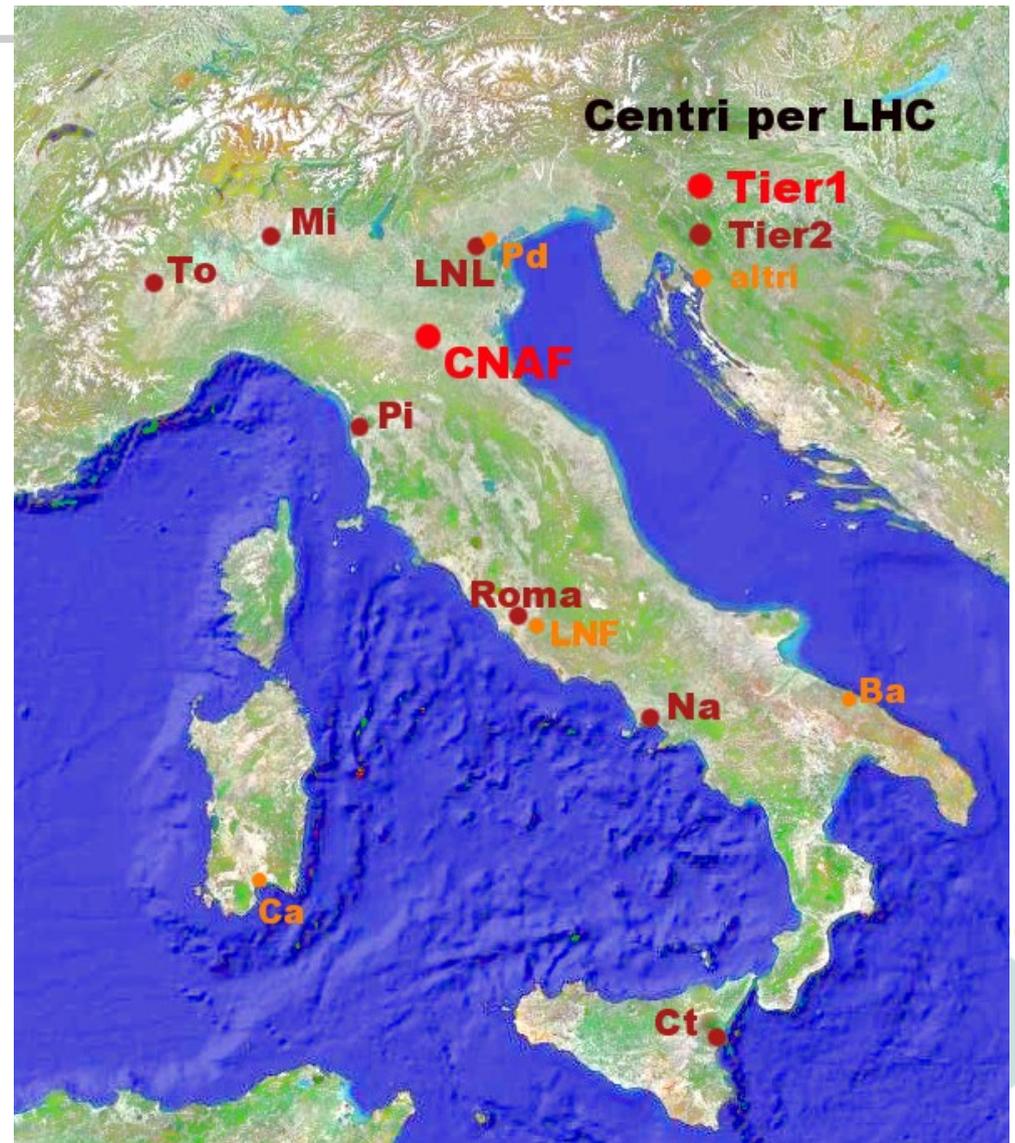
In Italia:

- INFN partecipa a tutti i **quattro grandi esperimenti** al LHC
 - a Padova: **CMS** e **Alice**
- **1 centro Tier1** al CNAF di Bologna
 - ricostruzione + elaborazioni primarie estese
 - nel 2010:
 - **16 MSI2k** (6000 core), **7 PB** su disco, **8 PB** su nastro
- **8 centri Tier2** (simulazione + analisi "caotica")
 - complessiv.: CPU e disco comparabili al Tier1

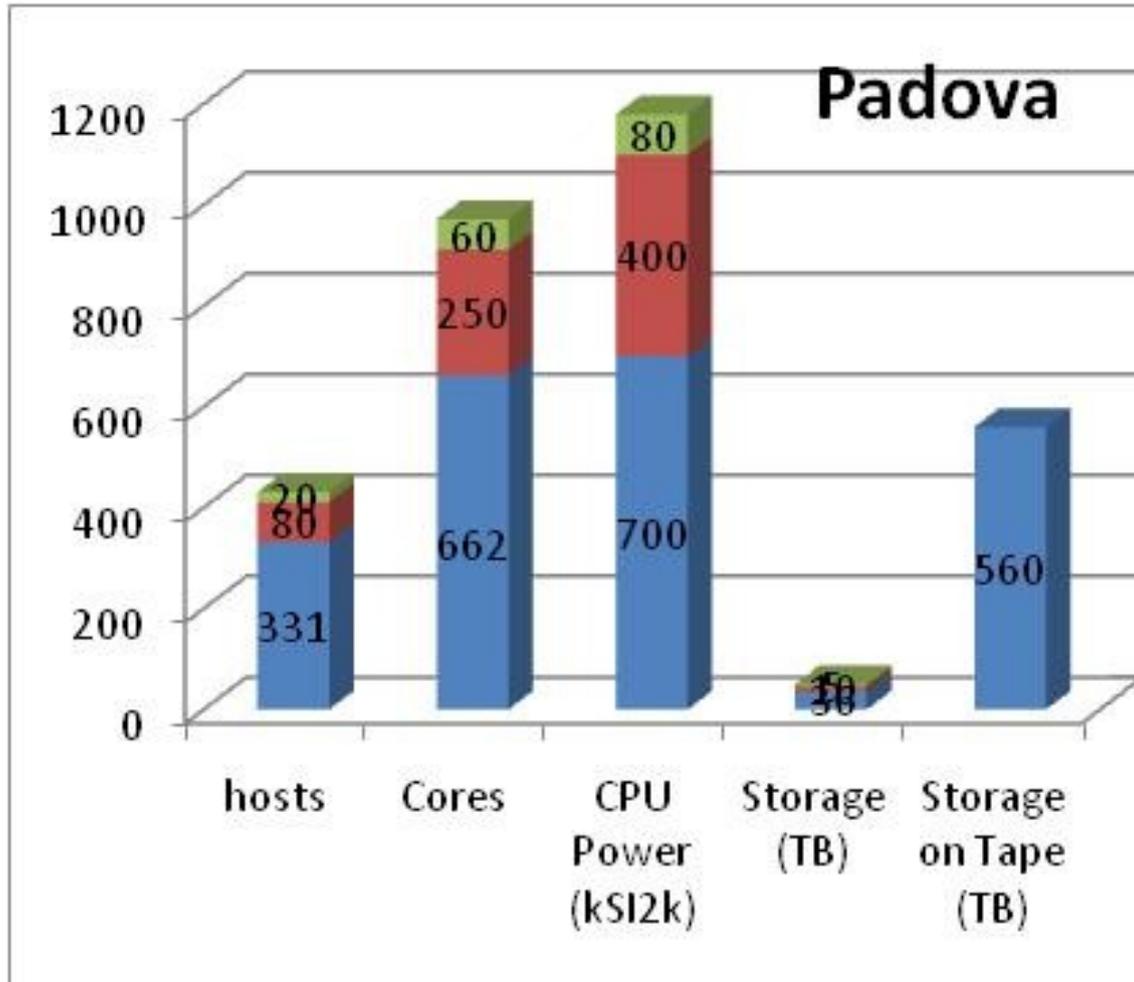


Centri Tier1 e Tier2 in Italia

- centri **Tier2** selezionati nel 2006
- ormai operativi dopo sostanziali potenziamenti infrastrutturali
 - potenziamenti (UPS, imp. raff., imp. elett.) effettuati con approccio modulare
- altre sedi in grado di contribuire quando e se necessario



Risorse di calcolo a Padova



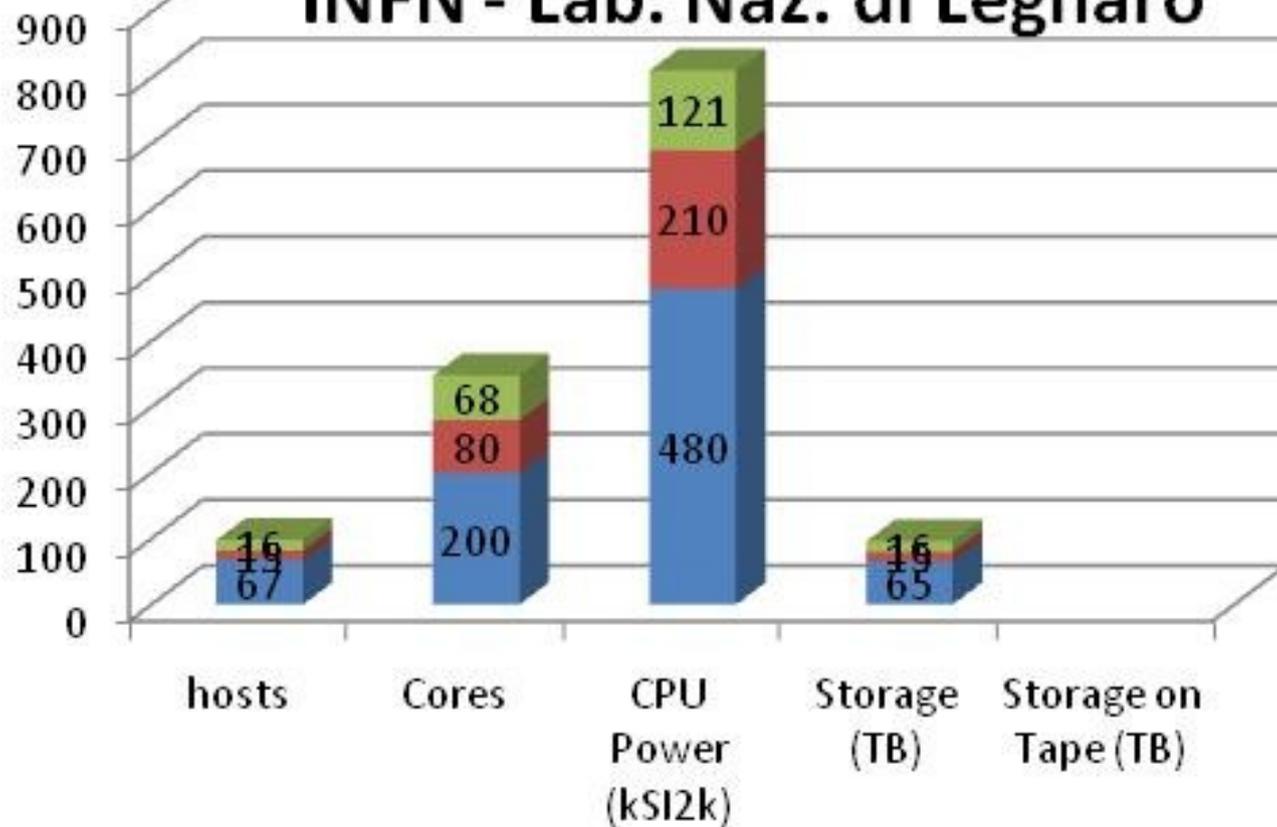
- Altri
- GRID/CMS Local
- Babar

1 kSI2K ~ 0.5 GFLOPS



Risorse di calcolo a LNL

INFN - Lab. Naz. di Legnaro

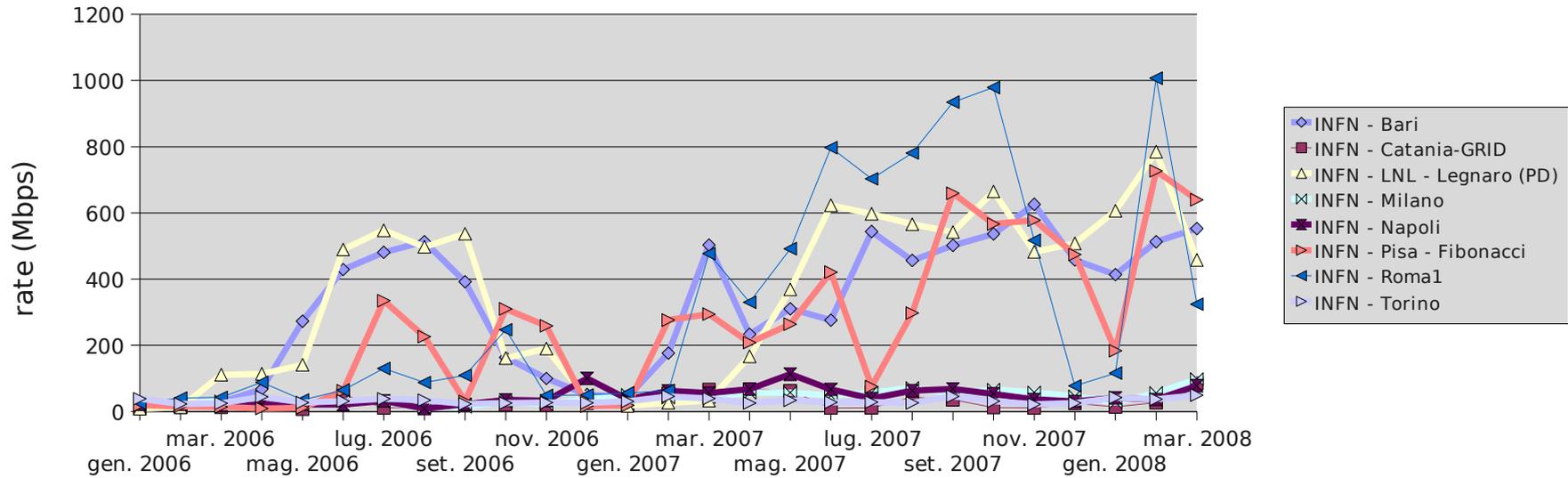


- LNL
- Alice
- CMS

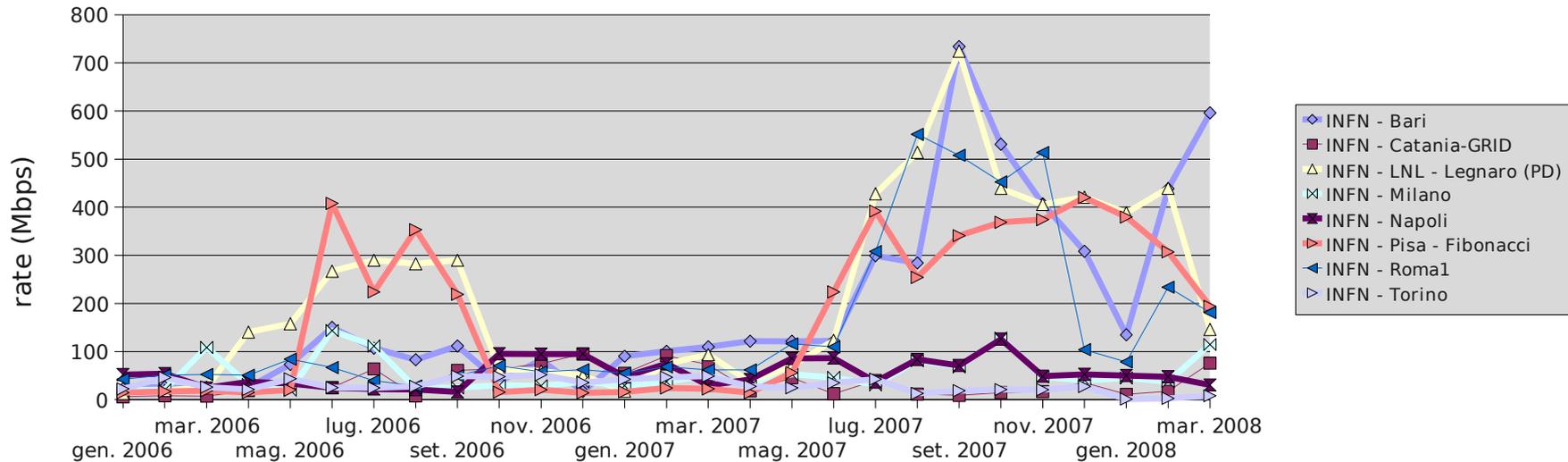


Tier2: utilizzo rete

Tier2 ingoing max. rate (95th perc.)



Tier2 outgoing max. rate (95th perc.)



futura integrazione Pd-LNL

- “fusione” dei due sistemi tramite **link ad alta velocità**
- condivisione di **CPU e storage**
- **file system distribuito** tra i due siti
- **gestione dinamica** delle risorse per massimizzare l’utilizzo di CPU in qualsiasi momento per utenti interni ed esterni



Padova

1 Gbps (2007)

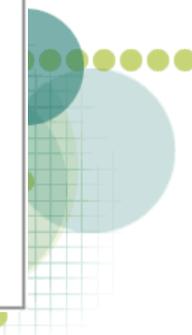
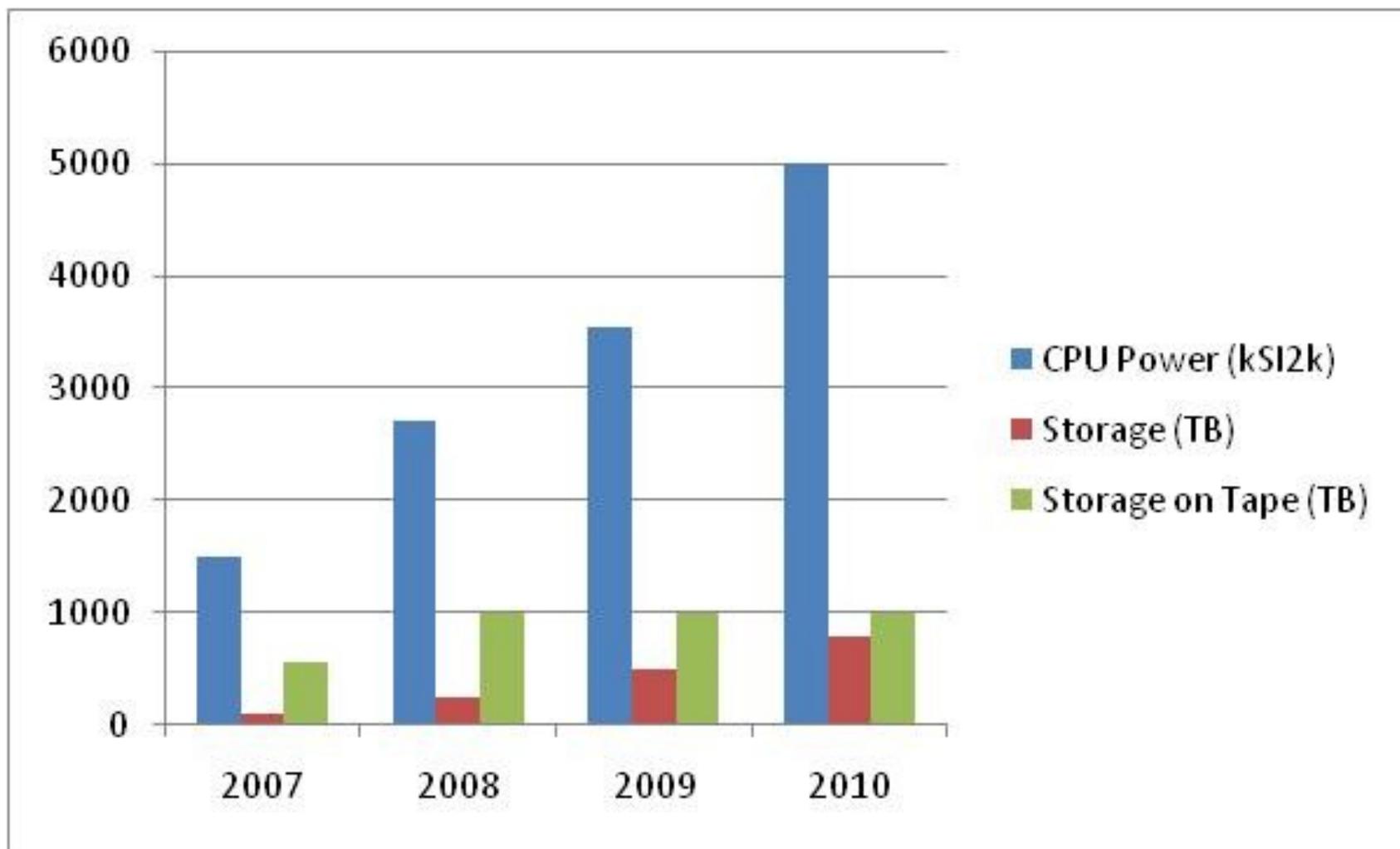
1 Gbps (2007)

10 Gbps (2008)

2 coppie dark fibre
LNL - Pd



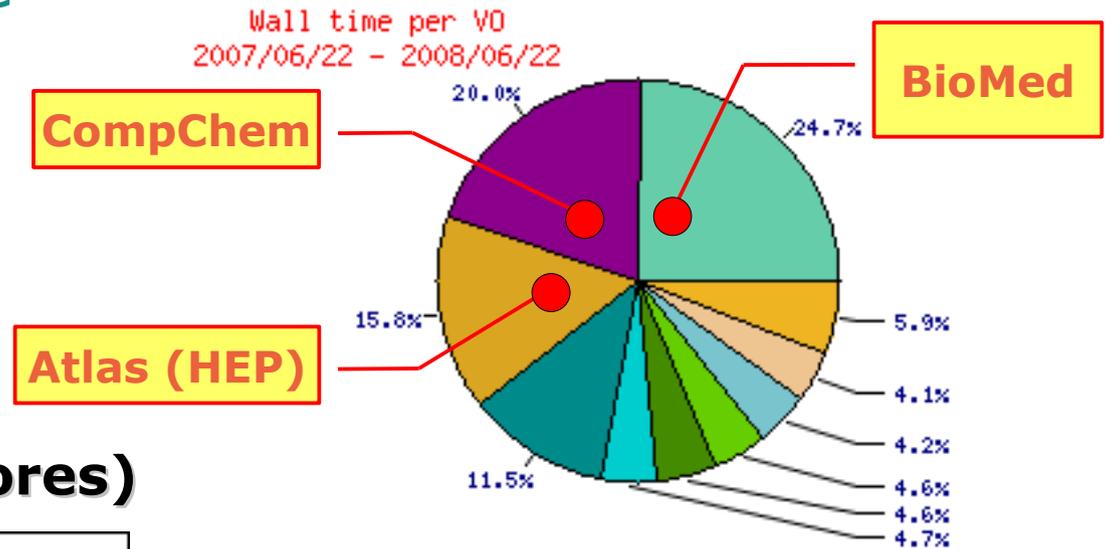
Crescita prevista Pd+LNL



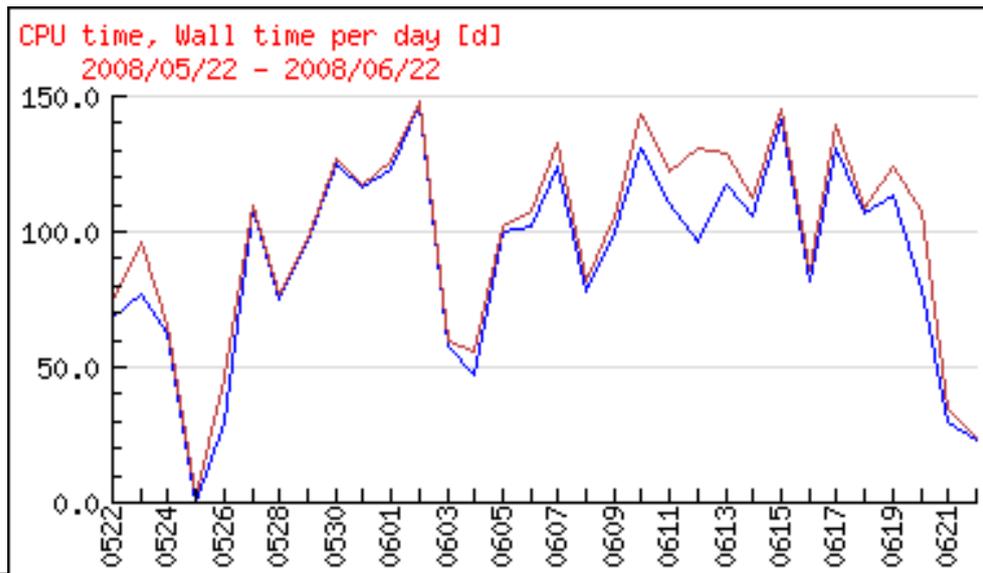
Uso delle risorse GRID presso Sez. INFN di PD

- risorse effettivamente utilizzate da molte **Virtual Organizations**

Cpu time ultimi 12 mesi (cores)



utilizzo CPU ultimo mese (cores)



- oggi farm conta più di 150 core



Esperienza acquisita

- Gestione di **cluster di grandi dimensioni** (> 1500 core)
 - installazione automatica di OS (linux)
 - monitoring del cluster
 - funzionamento continuo
- Gestione di **storage di grande dimensioni** (> 100 TB)
- Gestione di **grandi librerie di nastri** (~ 1000 TB)
- **File system distribuiti**
- Reti ad alta velocita (> 1 Gbps)
- **Condivisione di risorse** fra progetti della stessa e di altre comunità scientifiche
 - Middleware di GRID



Conclusioni

- Le attività scientifiche hanno sempre posto all'INFN **stringenti sfide tecnologiche**
 - le infrastrutture per il calcolo necessarie per LHC sono state uno degli ultimi esempi
- a Padova siamo nelle condizioni di poter dare contributi di prim'ordine:
 - esperienza pluriennale nella gestione di grandi risorse di calcolo
 - realizzazione di un centro **Tier2** in fase finale
 - **infrastruttura GRID** dispiegata ed operativa
 - **connessioni di rete** adeguate con prospettive di future necessità
- l'INFN è senz'altro interessato ad ampliare le già esistenti collaborazioni con altre discipline scientifiche con importanti iniziative **sinergiche** a livello **locale**

