

studi biologici su campioni cellulari e altri esperimenti di fisica interdisciplinare (radiation hardness e tecniche di rivelazione).

**Spese principali**

	<i>in Euro</i>
• Fornitura azoto liquido	167.000
• Fornitura elio liquido	40.000
• Manutenzione pompe da vuoto ciclotrone	45.000
• Pompe da vuoto e componenti	80.000
• Valvole e tetrodi per amplificatori RF	104.000
• Alimentatore per amplificatore RF	38.000
• Deflettori elettrostatici	23.000
• Aggiornamento software di controllo	70.000
• Computer e hardware di controllo	82.000
• Componenti per sorgenti e iniettori	95.000
• Generatore di microonde per sorgenti ECR	57.000
• Resistenze per acceleratore Tandem	30.000
• Componenti linee di fascio	78.000
• Manutenzione UPS	23.000
• Assistenza montaggio linee di fascio	19.000
• Assistenza manutenzione sorgenti e iniettori	38.000
• <b>Totale</b>	<b>989.000</b>

***Unità Funzionale Amministrazione ed organizzazione******Servizio Direzione******Servizio Radioprotezione******Servizio Prevenzione e protezione***

Nell'adempiere ai loro compiti, l'unità funzionale ed i servizi menzionati hanno dovuto confrontarsi con gli aggiornamenti, anche tecnologici, imposti dagli sviluppi e dalle prescrizioni delle normative.

Tra le spese più significative in Euro:

• Strumentazione	82.000
• Servizio di dosimetria	32.645
• Software	35.000
• Convenzione esperto qualificato	11.155
• Ampliamento impianto	28.000
• Tubo in PVC	17.040
• Smaltimento rifiuti	3.000
• Serv.manutenz.rilev.incendi	5.577
<b>Totale</b>	<b>214.417</b>

#### Attività di ricerca LANDIS

Nel corso del 2002 l'attività di ricerca del laboratorio LANDIS ha riguardato la messa a punto e lo studio delle caratteristiche del nuovo spettrometro portatile XRF dotato di un sistema di controllo di stabilità dell'energia e dell'intensità del fascio sorgente. E' stata in particolare effettuata una prima calibrazione del sistema in modo da determinare le condizioni operative migliori.

E' stata inoltre continuata, in vista dello studio del tesoro monetale di Misurata, l'attività riguardante la caratterizzazione non distruttiva della composizione e dello spessore della patina in argento presente su alcune monete romane del periodo tardo imperiale.

Durante il 2002 sono state anche condotte alcune campagne di misure non distruttive su reperti di interesse nei Beni Culturali.

Presso i LNS/INFN è stata analizzata mediante le tecniche XRF e PIXE la Chartula di Assisi, un raro documento autografo di S. Francesco prossimo al restauro.

E' inoltre stata condotta una campagna di misura, in collaborazione con le sezioni INFN di Firenze e di Genova, presso il Museo Nazionale del Bargello di Firenze per lo studio degli smalti blu presenti su alcune opere della Robbia.

Infine si è proceduto all'analisi XRF di alcuni reperti ceramici rinvenuti presso la "Stipe di Alaimo" e custoditi nel Museo Archeologico di Lentini.

Tra le spese più significative in Euro:

- Rivelatore 17.976

#### **Progetto Catana**

L'anno 2002 è stato caratterizzato dall'inizio della fase clinica del Progetto CATANA. A gennaio la linea di protonterapia era completa e la caratterizzazione dosimetrica portata a termine.

A febbraio sono state completate le ultime misure sperimentali riguardanti le distribuzioni laterali e in profondità del fascio di protoni clinico da 62 AMeV. In particolare sono state eseguite diverse prove al fine di scegliere la migliore configurazione dei collimatori posizionati lungo la porzione in aria della linea CATANA e sono stati testati nuovi rivelatori e sistemi dosimetrici (film radiocromici di ultima generazione, diodi al silicio, sistemi basati su telecamere a CCD) tutti mirati al miglioramento della diagnostica e della dosimetria di CATANA.

E stata portata a termine la progettazione del primo modulatore, interamente realizzato nell'ambito del progetto. I modulatori permettono di *modulare* in energia il fascio di protoni e quindi distribuire in modo omogeneo la dose rilasciata sull'intero volume tumorale.

Nel periodo compreso tra il marzo e il novembre 2002, in quattro sedute di trattamento, sono stati trattati con successo 24 pazienti affetti da melanoma della coroide. I dati del follow-up parziale, già disponibili, mostrano ottimi risultati sia in termini di regressione della malattia che in termini di qualità della vita dei pazienti.

Durante il corso dell'anno è stata periodicamente eseguita la verifica della posizione dell'isocentro e dell'allineamento di tutti gli elementi presenti lungo la linea.

Tra le spese più significative in Euro:

- Manutenzioni in generale 50.000

**TECNICHE DI ACCELERAZIONE**  
**Relazioni di attività 2002**

Questo progetto speciale consiste in studi ed attività di R&S che si svolgono in ambito di importanti programmi internazionali volti allo sviluppo delle tecnologie necessarie per la realizzazione dei futuri collisori elettrone-positrone. Tali programmi sono:

**TESLA/TTF:** Ha come laboratorio di riferimento DESY e consiste nello studio di un collider superconduttivo di energia pari a 500 GeV nel centro di massa e nella realizzazione del linac di prova TTF (Tesla Test Facility);

**CLIC/CTF3:** Ha come laboratorio di riferimento il CERN ed ha come scopo lo sviluppo del concetto del Two Beam Accelerator - che rappresenta la tecnologia più promettente per la realizzazione di colliders multi-TeV - ed, in particolare, la realizzazione della CLIC Test Facility n°3 (CTF3) che mira a dimostrare la fattibilità di tale acceleratore.

Una parte minore consiste nella partecipazione ai lavori di un gruppo di studio internazionale, nato in ambito ECFA-CERN, che si occupa dello studio di fattibilità di una Neutrino Factory, cioè di una macchina capace di produrre un fascio di neutrini di intensità molto più elevata dei fasci attuali.

#### **TESLA/TTF (MI, LNL, LNF, RM2)**

Nel 2002 si è conclusa la prima fase di TTF ed è iniziata l'installazione di TTF2. Tutti gli obiettivi previsti per la prima fase sono stati ottenuti: un fascio di 800 ms e 8 mA è stato accelerato attraverso un modulo superconduttivo con un gradiente accelerante superiore a 22 MV/m; un laser ad elettroni liberi con il processo SASE (Self Amplified Spontaneous Emission) è stato operato con successo fino a lunghezze d'onda inferiore a 90 nm.

L'attività dei gruppi INFN si è svolta secondo quanto previsto, con marginali modifiche di programma dovute all'integrazione del lavoro nell'ambito della collaborazione internazionale.

È stato completato ed installato il criomodulo speciale per le superstrutture ed è stato completato il montaggio ed il collaudo del criomodulo #5 da installare in TTF2. Sono stati, inoltre, fatti degli interventi di manutenzione su un paio di criomoduli ed è stata acquisita la nuova elettronica per i WPM avviando l'implementazione del sistema.

Per le cavità RF è stata completata l'acquisizione della strumentazione per lo studio dei microfonici ed avviata la sperimentazione in collaborazione con DESY. Sempre con DESY è stato implementato il sistema di movimentazione dei nuovi tuners, con l'integrazione degli attuatori e

dei sensori piezoelettrici, e sono state fatte misure su cavità di TTF, in condizioni operative, per la definizione dei parametri di accoppiamento dei microfonici e delle forze di Lorentz con i campi acceleranti in cavità.

Sono state realizzate cinque nuove serie di catodi per l'operazione di TTF e del cannone in sviluppo presso DESY-Zeuthen. Sulla base dell'analisi dei catodi "usati" sono state messe a punto delle tecniche di lucidatura per ridurre la corrente di buio. È stato anche avviato lo sviluppo di un nuovo sistema per il contatto elettrico tra catodo e cavità RF. Lo scopo è quello di ridurre la corrente di buio e facilitare l'operazione ad alto duty cycle. È stato approntato il generatore radiazione a 211 nm (5° armonica) sul sistema laser e i nuovi schermi magnetici per il TOF al fine di continuare le misure per la caratterizzazione e l'ottimizzazione dei fotocatodi in termini di corrente di buio ed emittanza termica. È stata avviata la messa in funzione dell'estrattore elettrostatico per misure corrente di buio.

Per quanto riguarda la strumentazione di diagnostica, oltre a mantenere in efficienza la strumentazione di responsabilità INFN, è iniziata la costruzione degli elementi per TTF2. La responsabilità INFN è anche questa volta la costruzione e gestione della diagnostica ottica. Nel 2002 è stato iniziato il montaggio delle targhette per l'Optical Transition Radiation in camera pulita a Desy. È stato completato il prototipo del nuovo tipo di sistema ottico, verificate le sue prestazioni in laboratorio, ed emessi gli ordini per tutti i 15 sistemi che si dovranno produrre, calibrare e installare. Sono state anche messe a punto, insieme a Desy, le procedure ed i tests necessari per definire il sistema di acquisizione immagini, ed acquisiti i relativi prototipi.

Sono stati svolti turni regolari (una trentina) di operazione remota di TTF dalla nuova consolle di Milano. Questa attività pilota sta permettendo di mettere a punto i protocolli necessari.

È proseguita presso i LNL l'attività di sviluppo di nuove tecnologie per la realizzazione di cavità secondo le tre linee di lavoro: 1) formatura di cavità senza saldatura in Niobio; 2) elettropulitura rotante di cavità in Niobio; 3) caratterizzazione in radiofrequenza a 1,8 K.

#### **CLIC/CTF3 (LNF)**

Le attività della Divisione Macchine dei Laboratori Nazionali di Frascati sono focalizzate sul sistema di compressione degli impulsi di CTF3. Esso consiste di due anelli connessi da 60 m di linea di trasferimento: nel primo (delay loop) la frequenza dei bunch del linac è incrementata di un fattore 2 mentre nel secondo (combiner ring) viene moltiplicata per un ulteriore fattore 5.

Nel 2002 è stato completato il Design Report. I LNF hanno progettato l'ottica di tutto il sistema di compressione degli impulsi. In particolare è stato proposto un nuovo disegno del delay loop in modo che le richieste di acromaticità ed isocronicità siano soddisfatte in ciascuna metà dell'anello.

Sono stati realizzati i disegni esecutivi e relativi prototipi della camera a vuoto, con il vincolo di mantenere più bassa possibile l'impedenza di accoppiamento del fascio.

Sono stati progettati speciali pickups per misurare a ciascun giro la posizione trasversa del treno di bunch nel delay loop e nel combiner ring. È stato, anche, realizzato un prototipo che ha permesso l'esecuzione di una serie di misure al fine di caratterizzare completamente il dispositivo.

Sono stati progettati e costruiti due deflettori RF da usarsi nelle fasi preliminare e nominale di CTF3.

Il gruppo, infine, ha partecipato ai turni della fase di studio preliminare di CTF3, il cui maggior risultato è stata la dimostrazione del concetto di combinazione di treni di bunch per mezzo di deflettori RF in un anello isocrono.

#### **Neutrino Factory (LNF)**

L'attività svolta nel 2002 è stata molto limitata ed è consistita in un contributo all'elaborazione di un progetto di esperimento (MICE) per la verifica di fattibilità del *muon ionisation cooling*.

**ELOISATRON**  
Relazioni di attività 2002

Il Progetto ELN continua a possedere il primato, su scala europea se non mondiale, di essere l'unico progetto dedicato allo studio di fattibilità di una nuova macchina adronica di energia e luminosità ben al di là dei limiti di LHC, e allo studio delle implicazioni fisiche e tecnologiche di una tale impresa.

Ricordiamo che il Progetto ELN è frutto di una collaborazione internazionale, con gruppi di lavoro localizzati a: Amburgo (DESY), Berkeley (LBNL), Bologna (INFN e Univ.), Ginevra (CERN), Houston (HARC, Texas A&M Univ.), Los Angeles (UCLA), Mosca (ITEP, NPI-State Univ.), Salerno (INFN e Univ.), San Pietroburgo (PNPI), Twente (Univ.) e Vilnius (Univ.). I gruppi di lavoro si incontrano regolarmente a Erice, presso la *Fondazione e Centro di Cultura Scientifica "Ettore Majorana"* (FCCSEM), per interagire scientificamente – nel corso di una serie di riunioni di lavoro (workshop) – scambiandosi idee, conoscenze e risultati ottenuti.

Nel 2002 è stato acquistato e installato, presso l'FCCSEM di Erice, il primo embrione di una nuova strumentazione telematica dedicata alle attività del Progetto ELN e, in particolare, dei suoi gruppi di lavoro. È prevista infatti la creazione di un veloce ed efficiente sistema per lo scambio, la diffusione, l'archiviazione e il recupero dell'informazione scientifica, basato su dispositivi di videoconferenza, di diffusione multimediale via web ed eventualmente di diffusione televisiva, a seconda delle necessità.

Segue una sintesi delle specifiche attività del Progetto ELN svolte nel corso del 2002.

#### **STUDI TEORICI SUL COLLIDER ADRONICO**

Tali studi vertono sui massimi livelli di energia (da 100+100 TeV a 500+500 TeV) e di luminosità (da  $10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  a  $10^{36} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) raggiungibili in un futuro collider adronico.

Nel 2002 sono proseguiti studi teorici e di fattibilità per un protosincrotrone con almeno  $10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  di luminosità e 200 TeV di energia (concepito sulla base delle tecniche di accelerazione attualmente previste per LHC a loro volta legate agli studi del Progetto ELN). Oltre a studi di carattere generale sui parametri della macchina in funzione dell'intensità dei campi magnetici per il trasporto dei fasci, sono stati portati avanti alcuni studi specifici, in particolare sulla tecnologia criogenica del vuoto, sulle possibili tecniche di controllo dell'emittanza della macchina e sugli effetti di instabilità dei fasci. Tali aspetti specifici sono anche stati estrapolati in vista di un protosincrotrone dai parametri estremi, ossia operante a luminosità cento volte maggiore e ad energie nella zona del PeV.

In questo contesto è di particolare rilevanza il fatto che la Scuola di Fisica degli Acceleratori CAS (CERN Accelerator School), fondata a Erice nel 1976 come International School of Particle Accelerators, e successivamente affidata al CERN per assicurarne uno svolgimento itinerante presso i vari Stati Membri, si sia svolta a Erice nel 2002, in collaborazione con l'FCCSEM, quale parte integrante del Progetto ELN.

#### **STUDI TEORICI E FENOMENOLOGICI SULLA FISICA A MOLTE CENTINAIA DI TeV**

Tali studi vertono sulle interazioni adroniche di altissima energia, partendo da livelli di energia accessibili adesso o nel prossimo futuro (LHC), fino ai livelli estremi delle molte centinaia di TeV.

Per questa componente del Progetto ELN, nell'agosto 2002 è stata inaugurata la strumentazione di videoconferenza del Progetto (già installata presso l'FCCSEM e attualmente in fase di potenziamento) in occasione di un collegamento interattivo con la Stanford University.

Sono proseguiti nel 2002 gli studi finora intrapresi sulla fenomenologia della fisica adronica nelle interazioni di altissima energia. Sono stati condotti studi di QCD, in particolare per quanto riguarda gli aspetti non perturbativi della teoria. Sono proseguiti anche gli studi legati alle problematiche della "nuova" fisica, che vanno dal problema del deconfinamento e della possibile transizione di fase della materia nucleare in un plasma di quark e gluoni, alle condizioni di osservabilità delle particelle di Higgs e delle particelle supersimmetriche, alla fenomenologia di una teoria effettiva delle stringhe, alla gravità quantistica a piccole distanze.

In parallelo, sono state esaminate alcune problematiche tecniche relative alle simulazioni Monte Carlo e all'analisi on/off-line di eventi di elevata molteplicità, eventualmente prodotti ad altissima frequenza. Tali problematiche sono state affrontate anche in linea con l'attuale sviluppo delle tecniche di calcolo distribuito (GRID).

#### **R&D SU MAGNETI SUPERCONDUTTORI**

Sono proseguite nel 2002 le attività di R&D su magneti superconduttori e su cavità rf superconduttrici di nuova generazione.

La maggiore sfida per la realizzazione di dipoli magnetici di grandi dimensioni e campi molto elevati, atti a garantire o anche estendere la portata dell'ELN in termini di energia, rimane ancora l'utilizzo di nuovi materiali superconduttori, a partire dai quali ottenere bobine con densità critiche di corrente maggiori di  $10^3$  A/mm<sup>2</sup> per campi maggiori di 12÷13 Tesla.

Sono quindi proseguiti sia gli studi sui materiali superconduttori di base caldi e freddi (a Salerno, in collaborazione con LBNL e Bologna), sia quelli di progettazione dei dispositivi, in termini di disegno e dimensioni (principalmente a LBNL).

E' da sottolineare che nell'ambito della scuola CAS 2002 il tema del 38° Workshop del Progetto ELN: "Superconducting Materials for High Energy Colliders" (Erice, 1999), è stato ripreso come tema centrale, nell'ottica di garantire una continuità con le attività di questa componente del Progetto ELN.

#### **R&D SU NUOVI RIVELATORI**

Sono proseguite nel 2002 le attività di R&D su nuovi rivelatori capaci di operare ad altissime luminosità ed energie estreme.

Questa componente del Progetto ELN (centrata a Bologna, in collaborazione con il CERN) ha come scopo la realizzazione di prototipi di nuovi rivelatori adatti ai futuri esperimenti sulle interazioni adroniche a molte centinaia di TeV: calorimetri ad alta risoluzione energetica e spazio-temporale, rivelatori di muoni su grandi superfici, dispositivi di tracciamento, con ampie possibilità di identificazione di particelle, rivelatori di tipo Cherenkov.

E' proseguita l'attività di R&D sulle camere a piatti resistivi di vetro a molti strati (Multigap Resistive Plate Chamber, MRPC) e, in particolare, su quelle a molti microstrati ( $\mu$ MRPC), realizzate suddividendo lo strato (gap) di gas di un rivelatore RPC convenzionale in una serie di sottostrati tramite l'inserimento di sottili fogli di materiale resistivo.

Il rivelatore  $\mu$ MRPC sfrutta il principio di funzionamento dell'MRPC, ossia la suddivisione in sottostrati di gas. Grazie alla riduzione dello spessore del singolo gap si ottiene un notevole miglioramento della risoluzione temporale del rivelatore, come già osservato nell'MRPC. Riducendo ulteriormente lo spessore di gas (200-300  $\mu$ m) si passa al rivelatore  $\mu$ MRPC. Vari prototipi a singola cella di  $\mu$ MRPC, con diversi gap di vari spessori (per un totale di  $\approx$ 1 mm di gas), costruiti con diverse plastiche o vetri resistivi e operati con varie miscele di gas, hanno prodotto in passato risultati notevoli: 50-100 ps di risoluzione temporale, con 95-98% di efficienza ed elevata capacità di conteggio.

In tempi più recenti, l'attività di R&D si è concentrata sulla realizzazione di  $\mu$ MRPC, non più a singola cella e con superfici dell'ordine dei 10  $\text{cm}^2$ , bensì a molte celle e con superfici 100 volte maggiori. Sono infatti state realizzate camere di grandi dimensioni, di tipo strip, dotate di

un'opportuna configurazione dei singoli elettrodi di lettura del segnale ( $\sim 10 \text{ cm}^2$ ) alloggiati su di un unico PCB ( $\sim 1000 \text{ cm}^2$ ), che si comportano come celle indipendenti. Tale tecnica di scaling, a partire dal rivelatore a singola cella, non ha causato alcun deterioramento della risoluzione temporale o dell'efficienza, garantendo inoltre una buona uniformità di risposta tra le varie celle.

Nel corso del 2002, sono state ulteriormente ottimizzate le prestazioni del rivelatore  $\mu$ MRPC di tipo strip, in termini del numero di gap di gas, degli spessori dei gap e dei vetri resistivi, dei PCB di raccolta del segnale, dei dispositivi elettronici di readout, dei vari accorgimenti costruttivi. Con un disegno a doppio stack, per un totale di 5+5 gap di  $220\pm 250 \mu\text{m}$  di gas ciascuno e vetri di qualche centinaio di  $\mu\text{m}$  di spessore, la risoluzione temporale del rivelatore è risultata al livello record dei 50 ps, con un'efficienza superiore al 99%, uniformemente lungo l'intera strip. Tale uniformità è stata inoltre verificata su decine di prototipi. I progressi ottenuti con il rivelatore  $\mu$ MRPC ne fanno dunque un dispositivo ideale per la misura del tempo di volo e l'identificazione di particelle fino a diversi GeV/c, con possibilità di impiego in esperimenti attuali e futuri ai collinari adronici.

Il programma di R&D per il rivelatore  $\mu$ MRPC è inoltre ampliabile in vista di ricadute tecnologiche in altri settori di ricerca. La messa a punto di ulteriori configurazioni, in particolare riducendo lo spessore dei vetri a 100  $\mu\text{m}$  e aumentando ulteriormente il numero dei gap, potrebbe infatti rendere la camera  $\mu$ MRPC adeguata come rivelatore di  $\gamma$  per strumentazione PET (Positron Emission Tomography).

Nel corso del 2002 è proseguita anche l'attività di R&D sui fotorivelatori ibridi (Hybrid PhotoDetector, HPD) a pixel, particolarmente promettenti per esperimenti ad altissima luminosità, grazie alla loro intrinseca velocità di risposta. L'idea guida è, lo ricordiamo, quella di un apparato sperimentale privo di campi magnetici, essenzialmente costituito da rivelatori di tracce a pixel di Si, nelle immediate vicinanze della zona di interazione, e da successivi gusci concentrici di radiatori Cherenkov liquidi o gassosi in configurazione RICH (Ring Imaging Cherenkov), la cui emissione luminosa dovrebbe essere rivelata tramite HPD a pixel o a pad.

E' proseguita la produzione di prototipi di HPD di varie dimensioni e varie configurazioni di pad (e pixel), dotati di fotocatodi sensibili sia alla luce UV (CsI), sia a quella visibile Cs<sub>3</sub>Sb e Cs<sub>2</sub>K<sub>3</sub>Sb), con particolare attenzione ai rivelatori da 10''. Sono inoltre proseguiti i test sui preamplificatori veloci, sull'elettronica di lettura e su quella di acquisizione dei segnali.

Anche in questo caso, un possibile trasferimento di tecnologia nel settore dell'imaging medico tramite PET fa parte del programma di R&D.