

Un. Funz. Amministrazione ed organizzazione**Servizio Direzione****Servizio Radioprotezione****Servizio Prevenzione e protezione**

Nell'adempire 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 milioni di lire:

Servizio di dosimetria	66
Contratto esero qualificato	22
Impianto luce di emergenza	79
Smaltimento rifiuti	6

Totale ML. 173

Progetto Catana

Nell'anno 2001, nell'ambito del progetto Catana, sono state realizzate tutte le mostre di caratterizzazione dosimetrica indispensabili per il trattamento clinico di pazienti.

Sono state eseguite diverse prove al fine di scegliere la migliore configurazione dei collimatori posizionati lungo la porzione in aria della linea Catana. A tale scopo è stata studiata la distribuzione spaziale di dose del fascio di protoni al variare della suddetta configurazione, utilizzando diversi tipi di rivelatori. Questi ultimi sono stati scelti in base alla loro ottima risoluzione spaziale e sono: rivelatori a termoluminescenza (TLD), film radiocromici e radiografici e diodi al silicio. È stata periodicamente ricostruita la funzione di modulazione, necessaria per la progettazione dei modulatori da utilizzare durante i trattamenti. Tale funzione è stata ricostruita misurando la profondità dei picchi di Bragg al crescere dello spessore di perspex attraversato dal fascio (Range Shifter), utilizzando sia una camera a ionizzazione di tipo Markus, posta in fantoccio ad acqua motorizzato, sia un fotodiodo montato su una ruota di perspex a spessori variabili.

Nell'ambito di tali controlli periodici, è stata analizzata l'eventuale dipendenza della suddetta funzione dalla distanza modulatore-Range Shifter. L'esito negativo di tale studio ha portato alla scelta dell'attuale configurazione che prevede una distanza modulatore-Range Shifter di circa 15 cm. In funzione dei successivi trattamenti ed utilizzando la funzione di modulazione misurata, sono stati testati sei modulatori, ciascuno caratterizzato da un diverso range in acqua e da una diversa regione di modulazione. A tale scopo sono stati utilizzati un fotodiodo, una camera a ionizzazione di tipo Markus e TLD. Sono stati realizzati diversi programmi di analisi della distribuzione di dose trasversale ed in profondità, utilizzando i linguaggi di programmazione LabView e Matlab. Tali programmi permettono di ottenere le suddette analisi dei dati in tempo reale, immediatamente dopo l'acquisizione dei dati. È stato effettuato lo studio dei piccoli campi, ossia della risposta di un rivelatore al variare delle dimensioni del campo d'irraggiamento. Tale studio, eseguito per collimatori di diametro variabile da 25 mm a 5 mm, è stato realizzato utilizzando TLD noti come microcubi, film radiocromici, diodo al silicio stereotassico e camera a ionizzazione di tipo Markus. I rivelatori che hanno dato la migliore risposta, cioè la cui lettura è risultata indipendente dalle dimensioni del campo, sono i film radiocromici e i microcubi.

È stata periodicamente eseguita la verifica della posizione dell'isocentro e dell'allineamento di tutti gli elementi presenti lungo la porzione in aria della linea Catana.

È stata effettuata la personalizzazione del programma per lo sviluppo dei piani di trattamento EYEPLAN in accordo con le misure di caratterizzazione dosimetrica effettuate.

Tra le spese più significative, in milioni di lire:

Spese varie relative a materiale di consumo Progetto CATANA ML 100

Attività di ricerca LANDIS

Nel 2001 l'attività di ricerca del laboratorio LANDIS ha riguardato lo sviluppo di nuovi metodi di indagine non distruttiva XRF e PIXE e la loro applicazione per la caratterizzazione di campioni di interesse nel settore dei Beni Culturali.

Sono state, inoltre, eseguite misure su antiche monete romane, su miniature di un antico codice del XIV secolo e su reperti metallici custoditi presso il Museo archeologico di Gela.

Spese significative:

Rivelatori raffreddati PELTIER e Sistemi di acquisizione portatili: ML. 20

APE

Il progetto speciale APE ha visto coinvolte nel 2001 le sezioni INFN di Roma I, Roma II, Pisa e Milano, includente il gruppo collegato di Parma. Inoltre partecipano al progetto anche DESY e l'Università di Parigi-Sud, nell'ambito di un Memorandum of Understanding firmato dalle tre istituzioni.

Attività svolta nel 2001

- E' stata completata la installazione dell' ultima tranches di sistemi di calcolo parallelo APEmille. Tali sistemi sono ora presenti nelle Sezioni INFN di Roma I, Roma II, Pisa, Milano e Bari. In totale, la potenza di calcolo installata e' di circa 1.5 Tflops.
- E' continuato lo sviluppo dell' architettura, dell' hardware e del software di apeNEXT, la prossima generazione di sistemi di calcolo APE. In tale ambito:
- E' continuata la progettazione del nodo di calcolo single chip VLSI, e la sua simulazione
- E' stato portato a termine il progetto della scheda madre su cui verranno alloggiati 16 processori apeNEXT.
- E' stato realizzato un primo prototipo di tale scheda, su cui sono stati portati a termine con successo alcuni test preliminari.
- E' stato progettato il backplane di interconnessione che permette di connettere tra di loro 16 mother-boards, di cui e' stato realizzato un primo prototipi
- E' stato sviluppato il compilatore del linguaggio di programmazione TAO, utilizzato in apeNEXT.
- E' stato sviluppato il software di ottimizzazione a basso livello per il processore.
- E' stato sviluppato il nucleo del sistema di controllo di apeNEXT, basato su una costellazione di calcolatori ospiti costituiti da PC.

Per quanto riguarda il sistema di calcolo apeNEXT che utilizza tecnologie legate a cluster di PC:

- E' stato realizzato e testato con successo un primo prototipo di sistema di connessione ad alta velocità tra PC.
- E' stato sviluppato il software di controllo per la connessione tra PC
- Sono stati realizzati con successo programmi di simulazione numerica di teorie di gauge sul reticolo, che utilizzano il cluster di PC e la relativa scheda di interconnessione.

ELOISATRON

Com'è noto, il Progetto ELN ha quattro componenti che sono, lo ricordiamo:

- (i) — studi teorici e fenomenologici 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;
- (ii) — studi teorici 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;
- (iii) — R&D su magneti superconduttori di nuova generazione e su cavità rf superconduttrici;
- (iv) — R&D su nuovi rivelatori capaci di operare ad altissime luminosità ed energie estreme.

Il Progetto ELN continua a rappresentare, su scala europea se non mondiale, l'unico progetto volto a studiare i limiti estremi dell'energia e della luminosità per una macchina adronica nell'era post-LHC, e le conseguenze fisiche e tecnologiche che derivano da una tale impresa.

Ricordiamo inoltre che il Progetto ELN è 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.

R&D SU MAGNETI SUPERCONDUTTORI

L'utilizzo di nuovi materiali superconduttori di base, a partire dai quali ottenere bobine con densità critiche di corrente maggiori di 10^3 A/mm^2 per dipoli magnetici con campi maggiori di 12+13 Tesla, è tuttora il principale obiettivo dell'attività di R&D del Progetto ELN.

R&D SU NUOVI RIVELATORI

Questa componente del Progetto ELN ha come scopo la realizzazione di prototipi di nuovi rivelatori (calorimetri ad alta risoluzione energetica e spazio-temporale, rivelatori di muoni su grandi superfici, rivelatori centrali di tracciamento, con possibilità di identificazione di particelle) adatti ai futuri esperimenti sulle interazioni adroniche a molte centinaia di TeV. Com'è noto fa parte integrante della logica del Progetto ELN mettere sotto test tecnologici e sperimentali gli strumenti costruiti come prototipi, al fine di dare al progetto una base di concreta attuabilità in ogni fase del lavoro di R&D. Questo garantisce che i progressi ottenuti con prototipi siano effettivamente realizzabili su larga scala e costituiscano solidi punti di riferimento per ulteriori ricerche e sviluppi tecnologici.

STUDI TEORICI E FENOMENOLOGICI SULLA FISICA A MOLTE CENTINAIA DI TeV

Per questa componente del Progetto ELN, nel 2001 è stata potenziata, presso l'FCCSEM di Erice, la strumentazione di calcolo e di rete messa a disposizione dei gruppi di lavoro del Progetto ELN. Sono state inoltre ampliate le infrastrutture di documentazione scientifica.

STUDI TEORICI SUL COLLIDER ADRONICO

Sono proseguiti gli 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), ma soprattutto per un protosincrotrone estremo operante a luminosità cento volte maggiore e ad energie nella zona del PeV.

EXCYT

Il Progetto Speciale EXCYT-Faschi Esotici è, per chiarezza e semplicità, suddivisibile in 7 attività che rimangono interconnesse nel progetto unitario in quanto ogni soluzione e specifica tecnico-scientifica è interdipendente dalle altre.

1. Sorgenti ECR, linea d'iniezione assiale e regione centrale ed upgrading del Ciclotrone Superconduttore (CS).
2. Linea di fascio primario.
3. Piattaforme a 250 kV
4. Complesso targhetta-sorgente.
5. Separatore di massa isobarico con $R/R=20.000$ e linea di fascio secondario.
6. Diagnostica di fascio di alta e bassa intensità.
7. Remote handling e licensing.
8. Tandem.

1. La sorgente ECR SERSE (Superconducting EcR ion SourcE), che per le difficoltà di progettazione, realizzazione e prestazioni finali destava serie preoccupazioni, è ormai una realtà con risultati superiori alle aspettative.

Nel mese di aprile 1997 sono stati fatti i test di accettazione in fabbrica del sistema magnetico superconduttivo ed a Giugno 1998 è stata completata l'installazione ai LNS.

I risultati ottenuti, grazie all'idea originale dello "High B mode", che è stata universalmente riconosciuta, ci possono fare affermare che la sorgente SERSE è la più performante in campo internazionale, cioè è la sorgente ECR con la distribuzione degli stati di carica piccata verso i valori più alti e le intensità degli ioni completamente strappati più alte ottenute al mondo. Pertanto si può anche prevedere realisticamente che, ove il nostro Ciclotrone Superconduttore funzionasse ai massimi valori di progetto, l'iniezione assiale con gli ioni prodotti da SERSE, potrebbe fare raggiungere e superare le energie fornite dai due ciclotroni accoppiati del laboratorio di GANIL (Francia).

Una seconda sorgente ECR, meno performante della prima ma più semplice perchè non superconduttiva, è stata realizzata su nostre specifiche ed installata ai LNS nell'Aprile del 1999. La sorgente funziona ai massimi livelli delle sorgenti ECR, non superconduttive, esistenti.

La linea d'iniezione assiale con il buncher, l'inflettore e la regione centrale è installata e perfettamente funzionante.

L'upgrading del CS è stato fatto, tuttavia rimangono da completare i deflettori elettrostatici per l'alta intensità dei fasci da estrarre. Era da noi previsto che sarebbe stato uno degli elementi più critici e si sta facendo il massimo sforzo per risolvere i vari problemi che, attualmente, ne limitano il buon funzionamento alle alte energie ed alle alte intensità.

Un difficile periodo di funzionamento del CS da Aprile sino a Dicembre del 2000 ed un intensa attività di ricerca con i fasci stabili, da farsi, anche come recupero, nel 2001 hanno impedito un corretto progredire delle attività specifiche per EXCYT. Tuttavia, in accordo

con quanto stabilito dal management dell'INFN si è deciso di restare in minor priorità sul fascio CS per gli esperimenti e di sviluppare la tecnologia dei deflettori elettrostatici ad alta dissipazione. Soltanto l'ultima settimana del 2001 è stato possibile fare un test di efficienza di trasmissione attraverso il CS che, però, ha dato un valore (50%) mai raggiunto ai LNS e che è, attualmente, tra i valori massimi ottenuti con ciclotroni superconduttivi.

2. La linea del fascio primario, cioè la linea di fascio dal CS sino alla piattaforma di alta intensità è completamente montata, manca soltanto il test finale con il fascio per provare la diagnostica e manca l'ultimo tratto, dalla piattaforma sino al bersaglio-sorgente, per iniziare in situ i tests di produzione delle intensità degli isotopi radioattivi.
3. La piattaforma ad alta intensità, tutta in Alluminio per ridurre i problemi di attivazione, e che dovrà lavorare a 250 kV, è stata installata dentro il suo bunker sin dal Dicembre 1998. La piattaforma di bassa intensità, di notevoli dimensioni (6,4x4,5 mt.) tutta in acciaio inox e che dovrà essere posta allo stesso potenziale della precedente, è stata installata nel luglio del 2000. Il box di contenimento è stato installato, ma si deve rifinire sia per quanto riguarda le cosiddette finestre per il condotto di alta tensione che per le luci ed il pavimento antistatico. Rimane da completare, secondo la disponibilità dei locali, che è funzione della priorità degli esperimenti, il box di contenimento e copertura. Il tubo di alta tensione, che collega le due piattaforme, attraverso il muro del bunker a potenziale di terra, è stato installato, ma necessita un opportuno centraggio.
4. Il complesso bersaglio-sorgente di EXCYT è un altro dei punti critici del progetto e, sempre in accordo con quanto stabilito dal management dell'INFN, si è lavorato per misurare ed ottimizzare l'efficienza di ionizzazione. Sono state modificate e messe a punto le sorgenti ISOLDE-type e per la sorgente ad ionizzazione di superficie PIS è stata misurata, per il Litio, un'efficienza di ionizzazione tra il 70% ed il 75%, che è paragonabile ai migliori valori riportati in letteratura. Si deve, ovviamente, fare il test definitivo con la sorgente in linea ed i radioisotopi prodotti dall'interazione del fascio primario con la targetta. La sorgente MIDAS, progettata e realizzata ai LNS, è già arrivata alla seconda release con efficienze di ionizzazioni interessanti tanto che ha suscitato l'interesse del gruppo di studio di EURISOL per la facility europea di nuova generazione, tuttavia, poiché la versione con la targhetta integrata necessita del lavoro del gruppo di progettazione meccanica, che è fortemente impegnato su altre attività prioritarie, si è deciso di rinviarne la progettazione e costruzione.
5. La progettazione del separatore di massa isobarico, che, con la risoluzione teorica massima richiesta di 1/20000, rappresenta, specialmente dal punto di vista logistico, il punto chiave di tutto il progetto, è stata fatta, in collaborazione con il massimo esperto mondiale del campo (Prof. Wollnik) ed il suo più stretto collaboratore (M. Winkler) che è stato successivamente assunto ai LNS con un contratto biennale (ex art.36). Tutti gli elementi magnetici ed i relativi alimentatori sono di già ai LNS e sono nella loro posizione con i relativi servizi di raffreddamento ed alimentazione. I magneti si devono allineare con precisione e provare con le sonde NMR, già disponibili, ed, ovviamente il fascio. Tutti gli elementi elettrostatici quali quadrupletti e tripletti di quadrupoli, multipoli e steerer sono già realizzati e provati *of line*. La linea di fascio del preseparator, cioè dal complesso targhetta-sorgente al I stadio del separatore di massa, che era completa ed installata, è stata smontata per poter mettere a punto, in un locale accessibile, lo sgancio ed aggancio

automatico. Si deve installare tutta la restante parte della linea di fascio secondario, cioè dal I al II stadio e sino al Tandem.

6. La diagnostica di fascio di bassa intensità è già stata definita e provata da tempo con ottimi risultati diventando un punto di riferimento in campo internazionale. Sono stati ingegnerizzati, per le basse energie, una stazione d'identificazione basata sul decadimento dei prodotti radioattivi impiantati su un nastro di materiale inerte e, per le energie Tandem, un analizzatore di fascio, per misure qualitative e quantitative, basato su un telescopio al silicio che rivela le particelle scatterate da un sottile foglio di oro. Dalla fase prototipale si sta passando alla fase di produzione di tutti gli elementi, da inserire nella linea di fascio, con qualche attenzione per l'integrazione nel sistema di computer control e diagnostica di tutta la facility.

Per la diagnostica di fascio di alta intensità è stato realizzato un sistema di analisi del profilo di fascio basato su un sistema a due fili in movimento per la ricostruzione della distribuzione della corrente di fascio nel piano trasverso. Di questo apparato sono state realizzate due versioni di diversa sensibilità e dinamica: una per la linea di fascio primario con una dinamica $1\text{pA}+1\text{p}_\text{A}$ ed una per altre linee di fascio con una dinamica $1\text{ppA}+10\text{pA}$. Entrambe le versioni sono complete di software ed hardware di interfaccia. Per il computer control è stata definita la LAN (Segmento Gigabit ETHERNET con due Stelle Fast ETHERNET) ed installazione hardware e software dei componenti (interfacce di rete, link STP e fibra ottica, switch, software di rete).

E' stato realizzato il software di rete per la gestione e comunicazione con le stazioni di controllo locali (servers) basati su workstations in Windows NT; è stato completato il controllo della sorgente SERSE; è stata progettata e realizzata l'elettronica ed il software di controllo degli apparati dotati di movimentazioni (slitte, iris) e l'elettronica ed il software di acquisizione e trattamento dei segnali analogici provenienti dai visori di fascio a griglia (16×2 canali) per la linea d'iniezione assiale del CS. Sono stati infine definite le caratteristiche di controllo locale/remoto di tutti gli apparati presenti lungo la linea d'iniezione assiale del CS e della linea di fascio primario di EXCYT (alimentatori, valvole, vuoto, diagnostica, etc.). Il computer control di tutta la facility, pertanto, essendo già stato realizzato e provato, con ottimi risultati, per le sorgenti ECR e la linea d'iniezione assiale, sarà tempestivamente completato in relazione allo stato di avanzamento di tutte le altre parti della facility.

7. Il remote handling è una costante che ha reso molto più complessa la progettazione e la realizzazione della meccanica e che si ripete per ogni elemento che interagisce con il fascio primario: deflettori elettrostatici, complesso targetta-sorgente, bunker, armadio-deposito delle sorgenti attivate e così via.

L'armadio-deposito temporaneo è già stato installato, insieme con il ponte mobile, vicino al bunker. Un'attività particolare si è fatta nella progettazione di un robot semplificato, cioè mobile su binari, la cui costruzione è ora completa, per il prelievo e posizionamento delle sorgenti assemblate dall'armadio-deposito al front-end, dentro il bunker, e viceversa. La fase di messa a punto e tests finali verrà appena i locali saranno agibili.

Il controllo delle aree soggette agli alti livelli di radiazione, il trattamento dell'aria, dei liquidi e dei gas di scarico è stato oggetto di uno studio approfondito, che, insieme con gli altri aspetti della facility, sarà parte integrante della pratica di "licensing" per l'autorizzazione

all'esercizio con i fasci radioattivi. La relativa realizzazione, per problemi di autorizzazione all'espletamento della gara d'appalto, è stata spostata nel 2002.

Le pratiche di richiesta di autorizzazione all'esercizio, avendo ormai quasi tutti gli elementi, potrà essere definita all'inizio del 2002 ed inviata ai Ministeri competenti.

8. Nel periodo di settembre-ottobre 2000, approfittando della sospensione del programma dei fasci all'utenza, si è proceduto alla sostituzione della cinghia di carica che ha lavorato per ben 28.700 h, a fronte di una vita media di 4000-5000 h per le cinghie precedentemente usate sia da noi che da altri laboratori stranieri. Questo eccezionalmente lungo periodo di funzionamento della cinghia è stato possibile grazie ai miglioramenti apportati negli anni passati nel Tandem ed, in particolare, al sistema di pulizia del gas di isolamento. Questo risultato, ormai consolidato, ha rimesso in discussione, con i relativi pro e contro, la scelta, operata a suo tempo, da tutti gli altri laboratori, con eccezione del nostro e di quello di Strasburgo, di costruire per i nuovi o di cambiare nei vecchi Tandem il sistema a cinghia per il trasporto delle cariche al terminale con i sistemi a catena tipo Pellertron o Laddertron.
- Il Tandem, inoltre, ha, sia una buona stabilità in tensione ($E=2 \cdot 10^{-4}$), che un'ottima trasmissione del fascio anche a bassa energia, pertanto, soddisfa pienamente i requisiti di un acceleratore di fasci radioattivi.

Pubblicazioni:

1. G.D. Shirkov et al., *Physica Scripta* T92 (2001) 214-217
2. I. Boscolo et al., *Journal of Applied Phys.* 90(5), (2001) 2447-2454
3. S. Gammino et al., *Rev. Sci. Instr.* 72(11), 2001, 4090-4097
4. L. Cosentino et. Al, *IEEE T on Nucl. Scien.*, 48 (4), 2001, 1132
5. S. Gammino et al., *Proc. Part. Acc. Conference, Chicago* (2001), 2409
6. L. Calabretta et al., *Proc. 16th Int. Conf. on Cycl. & Ap. East Lansing, MI* (2001), 79
7. M. Re et al., *Proc. 16th Int. Conf. on Cycl. & Ap. East Lansing, MI* (2001), 151
8. S. Gammino et al., *Proc. 16th Int. Conf. on Cycl., East Lansing, MI* (2001), 223
9. L. Calabretta et al., *Proc. 16th Int. Conf. on Cycl. & Ap. East Lansing, MI* (2001), 297
10. L. Cosentino et al., *Proc. 5th Eur. Work. On Beam Diag. & Instr.* 2001, Grenoble, FR