

Nuovo Esperimento	Gruppo
n_TOF	3

Struttura
BARI

Rappresentante Nazionale: Nicola Colonna

Struttura di appartenenza: BARI

Ricercatore responsabile locale: Colonna Nicola

Posizione nell'I.N.F.N.: Ricercatore

PROGRAMMA DI RICERCA

A) INFORMAZIONI GENERALI

Linea di ricerca	Misure di sezioni d'urto neutroniche - Esperimento CERN PS213
Laboratorio ove si raccolgono i dati	CERN - Neutron Time of Flight facility (TOF)
Acceleratore usato	PS
Fascio (sigla e caratteristiche)	Fascio di neutroni di energia da 1 eV a 250 MeV, prodotti con un fascio di protoni da 24 GeV su blocco di Piombo.
Processo fisico studiato	Studio di reazioni indotte da neutroni di interesse astrofisico e per applicazioni agli ADS (incenerimento scorie radioattive)
Apparato strumentale utilizzato	Rivelatori di neutroni, calorimetro Gamma
Sezioni partecipanti all'esperimento	BA, BO, LNL, TS
Istituzioni esterne all'Ente partecipanti	Consorzio n_TOF
Durata esperimento	3 anni

B) SCALA DEI TEMPI: piano di svolgimento

PERIODO	ATTIVITA' PREVISTA
2001	R&D calorimetro Gamma (simulazione, test). Misure sezioni d'urto di cattura per astrofisica e ADS
2002	Montaggio e test calorimetro Gamma. Misure di sezione d'urto di cattura e analisi dati
2003	Misure di sezione d'urto di cattura e analisi dati

Mod. EN. 1

(a cura del rappresentante nazionale)

Nuovo Esperimento	Gruppo
n_TOF	3

Struttura
BARI

PREVENTIVO LOCALE DI SPESA PER L'ANNO 2001
In ML

VOCI DI SPESA	DESCRIZIONE DELLA SPESA	IMPORTI		A cura della Comm.ne Scientifica Nazionale
		Parziali	Totale Compet.	
Viaggi e missioni	Interno Riunioni Collaborazione Test rivelatori Discuss. analisi dati	3 14 4	21	
	Estero Riuniuone Collaborazione + Workpackages (3 riun. X 2 ric) Setup apparati + turni (4mesi + 8w) Discussione analisi e preparaz. proposte	12 43 10	65	
Materiale Consumo	Metabolismo laboratorio locale Common funds (CERN)	4 10	14	
Trasp.e facch.				
Spese Calcolo	Consorzio			
	Ore CPU Spazio Disco Cassette Altro			
Affitti e manutenz. apparecchiati.				
Materiale Inventariabile				
Costruzione Apparati	3x (PM + VD + HV) 2 Moduli Flash ADC Etep Chassis CPCI CC108 Controller + Interconnection	24 36 6 8	74	
Totale			174	
Note:				

Nuovo Esperimento	Gruppo
n_TOF	3

Struttura
BARI

ALLEGATO MODELLO EN2

Nuovo Esperimento	Gruppo
n_TOF	3

Struttura
BARI

PREVISIONE DI SPESA: PIANO FINANZIARIO LOCALE

PER GLI ANNI DELLA DURATA DEL PROGETTO

In ML

ANNI FINANZIARI	Miss. interno	Miss. estero	Mater. di cons.	Trasp.e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e manut. appar.	Mat. inventar.	Costruz. apparati	TOTALE Competenza
2001	21	65	14					74	174
2002	15	60	14				5	37	131
2003	10	60	14						84
TOTALI	46	185	42				5	111	389

Note:

Osservazioni del Direttore della Struttura in merito alla disponibilità di personale e di attrezzature:

Nessuna annotazione

Mod. EN. 3

(a cura del responsabile locale)

Nuovo Esperimento	Gruppo
n_TOF	3

Struttura
BARI

PREVISIONE DI SPESA

Piano finanziario globale di spesa

In ML

ANNI FINANZIARI	Miss. interno	Miss. estero	Materiale di cons.	Trasp.e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e manut. appar.	Mat. inventar.	Costruz. apparati	TOTALE Competenza
2001	43	170	54				10	193	470
2002	35	150	41				10	80	316
2003	27	150	41						218
TOTALI	105	470	136				20	273	1004

Note:

Nuovo Esperimento	Gruppo
n_TOF	3

Struttura
BARI

PROPOSTA DI NUOVO ESPERIMENTO

Vedere allegato

Codice	Esperimento	Gruppo
	n_TOF	3

Struttura
BARI

COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA

N	RICERCATORI Cognome e Nome	Qualifica				Affer. al Gruppo	Percentuale	N	TECNOLOGI Cognome e Nome	Qualifica			Percentuale
		Dipendenti		Incarichi						Dipendenti		Incarichi	
		Ruolo	Art. 23	Ricerca	Assoc.					Ruolo	Art. 23	Ass. Tecnol.	
1	Colonna Nicola	Ric				3	100	1	Variale Vincenzo	Tecn			30
2	Marrone Stefano				Dott.	3	100						
3	Tagliente Giuseppe	Ric				3	40						
								Numero totale dei Tecnologi					1,0
								Tecnologi Full Time Equivalent					0,3
N	TECNICI Cognome e Nome	Qualifica				Percentuale							
		Dipendenti		Incarichi									
		Ruolo	Art. 15	Collab. tecnica	Assoc. tecnica								
1	Sacchetti Michele	OT					10						
2	Vasta Pietro	OT					10						
								Numero totale dei Ricercatori					3,0
								Ricerca Full Time Equivalent					2,4
								Numero totale dei Tecnici					2,0
								Tecnici Full Time Equivalent					0,2

Codice	Esperimento	Gruppo
	n_TOF	3

Struttura
BARI

COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA (cont.)

LAUREANDI Cognome e Nome	Associazione		Titolo della Tesi
	SI	NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Denominazione	mesi-uomo		SERVIZI TECNICI Annotazioni
INTERAZIONI CON LE INDUSTRIE (COMMESSE HIGH TECH)			
DENOMINAZIONE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA		

Codice	Esperimento	Gruppo
	n_TOF	3

Struttura
BARI

REFEREES DEL PROGETTO

Cognome e Nome	Argomento
Viesti Giuseppe	Intera proposta
Cicalò Corrado	Intera proposta

MILESTONES PROPOSTE PER IL 2001

Data completamento	Descrizione
30-06-2001	Setup Monitor Fascio di neutroni (Silici)
30-06-2001	Analisi caratteristiche del fascio
31-12-2001	Caratterizzazione e risposta cristalli BaF2 ai neutroni e gamma
31-12-2001	Assemblaggio 3 cristalli BaF2

COMPETITIVITA' INTERNAZIONALE

Il progetto n_TOF al CERN presenta caratteristiche innovative all'interno del panorama internazionale sia per le caratteristiche del fascio di neutroni sia per le competenze del gruppo proponente.

LEADERSHIPS NEL PROGETTO

Cognome e Nome	Funzioni svolte
Colonna Nicola	Componente del Technical Committee e del Collaboration Board

Esperimento n_TOF

Proponenti:

N. Colonna (*Responsabile nazionale*, 100 %), S. Marrone (100%), G. Tagliente (40 %), V. Variale (30 %)

INFN, Sezione di Bari

P.F. Mastinu (*resp. locale*, 40 %), G. Della Mea (30 %), F. Gramegna (30 %), V. Rigato (20 %), XX (borsista EU, 100 %)

INFN, Laboratori Nazionali di Legnaro

P.M. Milazzo (*resp. locale*, 70 %), U. Abbondanno (30 %)

INFN, Sezione di Trieste

A. Mengoni (*resp. locale*, 70 %), G. Vannini (20 %), A. Ventura (50 %)

ENEA e INFN, Sez. di Bologna

Introduzione

Il progetto n_TOF (esperimento CERN PS213), riguarda la misura di sezioni d'urto neutroniche ad alta risoluzione ed in un vasto intervallo energetico ($1 \text{ eV} < E_n < 250 \text{ MeV}$) presso una nuova facility per tempi di volo in fase di realizzazione al CERN. L'elevato flusso che caratterizza il fascio di neutroni permetterà lo studio di numerose reazioni indotte da neutroni con l'obiettivo da un lato di migliorare la comprensione dei processi di Nucleosintesi Stellare e dall'altro di permettere lo sviluppo di innovativi sistemi basati su acceleratori per la produzione di energia e per il trattamento di scorie radioattive. In virtù dell'interesse applicativo per l'energia e l'ambiente di tali misure, la collaborazione nTOF ha presentato una richiesta finanziaria all'Unione Europea nell'ambito del V Programma Quadro per la ricerca, ottenendo un finanziamento di 2.4 MEu.

Al progetto ha aderito un gruppo di ricercatori afferenti a diverse sezioni dell'Istituto Nazionale Fisica Nucleare. La presente proposta descrive il contributo che la collaborazione italiana intende fornire al progetto nTOF, dettagliando le risorse finanziarie necessarie allo svolgimento del programma di ricerca.

L'attività della collaborazione italiana, articolata su un arco di 3 anni, riguarderà i seguenti punti:

- caratterizzazione del fascio di neutroni in flusso, risoluzione, background etc... (durata prevista, 6 mesi);
- R&D e costruzione di un calorimetro a 4 per gamma, per la misura di sezioni d'urto di cattura (durata prevista, 18 mesi);
- misure di sezioni d'urto di cattura neutroniche di interesse per la Nucleosintesi Stellare e per il trattamento di scorie radioattive (attinidi e frammenti di fissione a lunga vita media). Questa fase si articolerà su tutta la durata del progetto e riguarderà la presa dati, la successiva analisi e la valutazione dei risultati, che saranno resi disponibili in formati tipicamente utilizzati nei vari campi medico-industriali.

Per poter svolgere le attività di cui sopra, si stima siano necessari ~ 700 kEu. In caso di approvazione della presente richiesta, la collaborazione italiana potrà usufruire di un contributo da parte dell'Unione Europea pari a 219 kEu (contratto n_TOF_ND_ADS), ottenuta nell'ambito del V Programma Quadro, per lo svolgimento delle attività di interesse per la produzione energetica (ciclo del Torio) e per il trattamento delle scorie radioattive. Pertanto il contributo richiesto all'INFN ammonta a circa 500 kEu (~170 kEu/anno).

Motivazioni scientifiche

La conoscenza delle sezioni d'urto neutroniche è di fondamentale importanza in vari campi della Fisica Nucleare. Molte delle attuali conoscenze di struttura nucleare sono state derivate da analisi di spettroscopia indotta dai processi di cattura neutronica. Quantità che descrivono le proprietà "macroscopiche" della struttura nucleare quali dimensioni, forma e altre proprietà dei nuclei stabili e/o vicini alla stabilità sono state derivate da misure di interazione neutronica. I vari modi di eccitazione nucleare e la densità degli stati nucleari ad alta energia di eccitazione possono essere studiati nei processi di reazione indotti da neutroni.

Fra i numerosi campi di applicazione, una notevole rilevanza assume lo studio delle reazioni indotte da neutroni per la comprensione dei processi di Nucleosintesi Stellare, che descrivono l'origine e le abbondanze degli elementi. La produzione di una larga parte degli elementi pesanti (oltre il Fe, con $A > 60$) è infatti attribuita a processi di cattura neutronica, comunemente distinti in due diverse classi: *processi-s (slow)* e *processi-r (rapid)*. Lo studio di queste reazioni è pertanto fondamentale per verificare e migliorare l'attendibilità dei modelli di Nucleosintesi Stellare, e per ottenere informazioni sulle condizioni termodinamiche nelle stelle e sui loro processi evolutivi.

Lo studio sperimentale delle reazioni indotte da neutroni di interesse astrofisico è in corso già da molti anni presso varie *facilities*. Alcune di queste reazioni sono già state studiate e le loro sezioni d'urto derivate con discreta precisione. Tuttavia, ulteriori misure sono necessarie per colmare le numerose lacune esistenti o, in alcuni casi importanti, per mettere ordine fra dati che presentano notevoli discrepanze. Ciò riguarda, in particolare, reazioni caratterizzate da una bassa sezione d'urto (come per alcuni nuclei relativamente leggeri o vicini alle chiusure di shell) e reazioni su bersagli radioattivi, coinvolte per lo più nella produzione di elementi in scenari di tipo esplosivo (Supernovae), o che caratterizzano i *branching-points* nei processi di cattura *s*. Reazioni di questo tipo sono difficili da studiare presso le *facilities* di neutroni attualmente esistenti, in quanto la presa dati richiederebbe tempi di misura proibitivamente lunghi e l'accuratezza sarebbe inficiata dal background dovuto alla radioattività naturale dei bersagli. Questi problemi saranno notevolmente ridotti utilizzando il fascio di neutroni ad alta intensità previsto presso la facility *n_TOF* al CERN.

Oltre all'interesse per la Fisica Nucleare fondamentale e dell'Astrofisica, la conoscenza delle misure di sezioni d'urto neutroniche ha recentemente assunto una notevole importanza anche in vari campi della Fisica Nucleare applicata. In particolare, esse risultano fondamentali per lo studio di fattibilità e la progettazione di sistemi basati su acceleratori (i cosiddetti *Accelerator Driven Systems*, ADS), attualmente in fase di studio per la trasmutazione di scorie radioattive a lunga vita media, e per la produzione di energia in reattori intrinsecamente sicuri (in ambito INFN è

già attiva da qualche anno un'attività di sviluppo tecnologico su questa problematica, il progetto TRASCO, a riguardo degli acceleratori di alta intensità). Le necessità di dati nucleari nei suddetti campi applicativi riguardano principalmente le sezioni d'urto di fissione e cattura per attinidi, sezioni d'urto di cattura dei frammenti di fissione a lunga vita media, e sezioni d'urto di tipo (n, xn) ad alta energia per materiali strutturali e di raffreddamento (Fe, Pb, Bi, etc.). Anche in questo caso, i dati necessari sono difficilmente ottenibili presso le facilities esistenti, che presentano fasci di neutroni del tutto inadeguati in intensità ed energia.

Infine, la conoscenza delle sezioni d'urto neutroniche è fondamentale nel campo della adroterapia, nonché per una migliore comprensione degli effetti delle radiazioni e per la dosimetria di neutroni di alta energia, conoscenze rese sempre più necessarie dalle prospettive di applicazioni mediche ed industriali di fasci di neutroni. Un rapporto della Nuclear Energy Agency (*The NEA High Priority Data Request List*) contiene una lista di almeno 200 isotopi le cui sezioni d'urto, attualmente sconosciute o note con scarsa precisione, sono necessarie nei campi della produzione energetica, del trattamento di scorie radioattive e della radioprotezione. Una gran parte di queste richieste potranno essere soddisfatte dalle misure pianificate presso la nuova sorgente n_TOF del CERN.

Programma scientifico della collaborazione n_TOF

I vari campi in cui sono utilizzate reazioni indotte da neutroni richiedono dati precisi sulle sezioni d'urto in un ampio intervallo energetico e per bersagli stabili e radioattivi. Numerose banche dati di sezioni d'urto sono attualmente disponibili. Tuttavia, le conoscenze attuali non sono spesso sufficientemente precise e complete per rispondere alle questioni tuttora aperte nel campo della Fisica e dell'Astrofisica Nucleare, nonché per soddisfare le crescenti necessità collegate agli sviluppi applicativi.

Al fine di espandere e migliorare la conoscenza attuale delle sezioni d'urto neutroniche, principalmente per processi di interesse astrofisico e per applicazioni agli ADS, si è costituita presso il CERN una collaborazione internazionale (spokeperson Prof. P. Pavlopoulos, CERN), composta per la gran parte da istituzioni Europee, ed in cui sono confluite diverse competenze attualmente esistenti in Europa nel campo della Fisica Nucleare delle energie basse ed intermedie, dell'Astrofisica, degli ADS e della Fisica Medica. A Marzo '99, la collaborazione ha proposto la realizzazione presso il CERN di una *neutron Time-of-flight facility* (nTOF) per lo studio di reazioni indotte da neutroni in un vasto intervallo energetico ($1 \text{ eV} < E_n < 250 \text{ MeV}$). Il fascio di neutroni è generato attraverso il processo di spallazione indotto da un fascio di protoni da 24 GeV del PS su un blocco di Piombo dello spessore di 40 cm. L'elevato numero di neutroni prodotti dai protoni di

alta energia e l'elevata corrente del fascio di protoni fanno sì che il numero di neutroni per impulso sia di gran lunga superiore (circa tre ordini di grandezza) rispetto a quello attualmente disponibile in altre *facilities* per neutroni, quali GELINA in Belgio, o ORELA e LAMPF negli Stati Uniti. Questa caratteristica può essere sfruttata per ottenere alte risoluzioni energetiche, in quanto è possibile aumentare notevolmente la base di volo senza che il flusso diventi troppo basso, o per ottenere flussi estremamente elevati con risoluzioni energetiche paragonabili a quelle dei fasci attualmente disponibili. Inoltre, la notevole separazione fra bursts successivi, caratteristica del fascio di protoni del PS (da 1.2 a 14 s di intervallo), minimizza i problemi di sovrapposizione di pacchetti di neutroni successivi, e permette di raccogliere dati in un tempo vivo molto minore, con l'ovvio risultato di ridurre notevolmente il background. Questa caratteristica è particolarmente vantaggiosa per le misure con bersagli radioattivi, con l'unico svantaggio rappresentato da una maggiore probabilità di pile-up, che rende necessario sviluppare una opportuna elettronica di Front-End (basata sull'uso di Flash ADC) e di un sistema di acquisizione particolarmente veloce.

La nuova facility è stata approvata dal SPSC del CERN sotto la sigla PS213, ed è attualmente in fase di completamento. Entro qualche mese è previsto il commissioning del fascio, dapprima senza collimatori, e successivamente con due collimatori e relativi schermi, necessari per ottenere un fascio di neutroni delle opportune dimensioni (qualche centimetro di diametro) e con background trascurabile.

Immediatamente dopo il commissioning della facility si prevede possa iniziare l'attività sperimentale della collaborazione, che si articolerà in due fasi:

- la prima fase, che dovrebbe concludersi entro i primi mesi del 2001, riguarderà la caratterizzazione del fascio di neutroni. In particolare sono previste misure, con rivelatori in larga parte esistenti, per l'accurata determinazione sperimentale del flusso, del background, e delle altre caratteristiche della *facility*, fin qui stimate attraverso simulazioni. In questa prima fase saranno inoltre effettuate alcune misure di sezioni d'urto note, al fine di dimostrare l'attendibilità dei risultati prodotti presso questa nuova *facility*. Le sezioni d'urto di cattura saranno misurate con 4 rivelatori a C_6D_6 utilizzando il metodo del "*pulse-height weighting*" (efficienza bassa ma indipendente dalla cascata). Sono inoltre previste misure di reazioni indotte su Mg e sul ^{151}Sm , un isotopo di interesse sia per la Nucleosintesi Stellare (branching-point) sia per l'incenerimento di scorie radioattive. Le proposte di queste prime misure sono già state presentate al "Isolde and ToF Committee" (ISTC) del CERN.
- La seconda fase del programma sperimentale, che inizierà nel 2001 per una durata prevista di 3 anni, riguarderà una serie di misure di sezioni d'urto di cattura di interesse astrofisico e misure di reazioni di cattura, di fissione e di tipo (n,xn) di interesse per gli ADS (in particolare su

attinidi, frammenti di fissione a lunga vita media e materiali strutturali). Per poter svolgere tale programma sperimentale, sarà necessario sviluppare, testare ed assemblare principalmente due diversi tipi di rivelatori: per le misure delle sezioni d'urto di fissione si pensa di utilizzare un *array* di PPAC, mentre per lo studio delle reazioni di cattura si è deciso di sviluppare un calorimetro a 4 per raggi . L'utilizzo di sistemi di rivelazione a copertura completa dell'angolo solido e ad alta efficienza per la rivelazione dei gamma è un requisito fondamentale per la misura con le precisioni richieste (qualche %) di reazioni di cattura caratterizzate anche da una bassa sezione d'urto. La tecnica calorimetrica è già utilizzata con successo da oltre 15 anni dal gruppo di Karlsruhe, che ha messo a punto uno dei primi apparati a 4 di scintillatori al BaF₂. Tuttavia, perché questa tecnica possa essere utilizzata presso una facility per tempi di volo, è necessario che i rivelatori siano resi poco sensibili ai neutroni diffusi dal bersaglio, in quanto il processo di in-scattering di neutroni di diversa energia, e la successiva cattura nel calorimetro o nei materiali circostanti, costituiscono una importante fonte di background difficile da identificare e rimuovere presso fasci di neutroni con un largo spettro energetico.

Per poter svolgere il programma sperimentale sopra citato, è stato stimato occorrono risorse finanziarie dell'ordine di alcuni MEu, oltre il costo di costruzione della *facility* (1.5 MEu), a carico del CERN. Per lo sviluppo degli apparati sperimentali, e per costi di personale aggiuntivo necessario al progetto, la collaborazione ha presentato ad Ottobre '99 una richiesta di cofinanziamento all'Unione Europea nell'ambito del V Programma Quadro. Tale richiesta è giustificata dall'interesse per l'energia e l'ambiente delle misure proposte e ben si inserisce negli obiettivi del Key Action 2 del programma EURATOM dell'Unione Europea, che qui riassumiamo:

- *messa a punto di metodi sicuri ed efficaci per il trattamento di scorie radioattive;*
- *promozione di sistemi innovativi con potenziali benefici di lunga durata in campo economico, sanitario ed ambientale.*

La proposta è stata approvata dall'Unione Europea, con un budget totale assegnato pari a 2.4 MEu. Il 27 marzo è stato spedito alla Ue il contratto, con la descrizione delle attività, raggruppate in alcuni workpackages, che la collaborazione intende svolgere, le milestones da sottoporre a verifica, la definizione e distribuzione degli impegni e delle risorse fra le varie Istituzioni. Attualmente è in corso una fase di negoziazione, che si concluderà entro il 15 giugno con la firma del contratto da parte delle Istituzioni partecipanti.

Contributo della collaborazione italiana

Fra i vari gruppi che costituiscono la collaborazione è presente sin dalle prime fasi del progetto anche un gruppo di ricercatori che afferiscono all'Istituto Nazionale Fisica Nucleare. Il gruppo italiano ha presentato per l'anno 2000 un esperimento esplorativo sotto la sigla NEAT-P (NEutron Activity at TOF – Proposta), allo scopo di approfondire i contatti con la collaborazione internazionale, definire gli impegni nell'ambito del progetto e tentare di aggregare altri ricercatori italiani. Nei primi mesi di attività, la collaborazione italiana ha operato cercando di seguire le indicazioni della CSN III.

L'attività proposta dal gruppo INFN per il periodo 2001-2003 si svolgerà principalmente su tre linee: i) simulazioni, ii) R&D e costruzione di un calorimetro ; iii) analisi dati ed interpretazione dei risultati. In una prima fase, che dovrebbe concludersi entro il 2000, si propone inoltre di contribuire al setup e test dei monitor del flusso di neutroni e alle misure di caratterizzazione del fascio. L'attività sui punti di cui sopra è rivolta principalmente alle misure di sezioni d'urto di cattura di interesse astrofisico e per l'incenerimento di attinidi e frammenti di fissione a lunga vita media. In questo ambito, l'INFN ha aderito, in collaborazione principalmente con l'FZK (Germania), ai workpackages su cui sono articolate le richieste all'Unione Europea, mirate alle misure di sezioni d'urto di cattura per ADS.

Qui di seguito è descritta l'attività attualmente in corso con i finanziamenti ottenuti su Dotazioni di Gruppo della sezione di Bari per l'esperimento NEAT-P, e quella proposta per i prossimi tre anni e che costituisce l'oggetto della presente richiesta finanziaria.

Simulazioni

All'interno del gruppo INFN esiste una riconosciuta competenza nel campo delle simulazioni del trasporto dei neutroni, effettuate per mezzo del programma GEANT/Micap, messo a punto, testato ed utilizzato già da alcuni anni nell'ambito di altri esperimenti con neutroni (vedasi ref. [1-3]). Tale competenza è risultata utile nella definizione dei collimatori necessari per lo shaping del fascio, attività svolta in collaborazione con i gruppi di CIEMAT (Spagna) ed FZK (Germania). I risultati delle simulazioni a tale riguardo sono stati discussi ed accettati dalla collaborazione ed inseriti nel Technical Design Report sulla facility [4]. Attualmente sono in corso simulazioni per la scelta dei monitor di flusso, per la stima del background associato, e per il dimensionamento di opportuni schermi (in cemento, ferro o piombo) da utilizzare per minimizzare il background nella sala sperimentale, dovuto a neutroni e gamma secondari prodotti nei collimatori e nei monitor di fascio.

La possibilità di utilizzare il programma GEANT per lo studio della risposta di rivelatori ai neutroni e ai gamma risulta fondamentale per l'R&D del calorimetro a 4 per gamma, descritto qui di seguito, in quanto permetterà di analizzare varie soluzioni per minimizzare il background (deposito di materiale assorbitore, ottimizzazione della struttura di supporto e del sistema di portabersagli), prevedere la sensibilità del calorimetro ai di cattura e ai neutroni diffusi dal bersaglio e stimare il livello di background atteso. Attraverso le simulazioni si cercherà inoltre di capire se e quali tecniche di analisi possano essere adottate per la reiezione off-line del background.

Costruzione di un calorimetro γ per la misura di sezioni d'urto di cattura

Nell'ambito del progetto n_TOF, il gruppo INFN propone di contribuire allo sviluppo del calorimetro gamma a 4, in collaborazione con l'FZK di Karlsruhe (nel gruppo italiano esiste una riconosciuta competenza nello sviluppo di innovativi sistemi di rivelazione [5-6]). La soluzione proposta è rappresentata da un array di 30 cristalli di BaF₂ di 15 cm di spessore, disposti intorno al bersaglio ad una distanza di 10 cm. Per rendere il calorimetro poco sensibile ai neutroni diffusi dal target, si pensa di rivestire i cristalli con materiali ad alta sezione d'urto di assorbimento, in particolare composti contenenti ⁶Li. Al fine di ottimizzare il tipo di materiale assorbitore e lo spessore, sarà necessario effettuare opportune simulazioni e test con fasci di neutroni monoenergetici e collimati. Una gran parte dei test e delle misure di efficienza potranno essere effettuate presso l'acceleratore CN dei Laboratori Nazionali di Legnaro, grazie alla disponibilità di fasci di neutroni di energia variabile, fino a qualche MeV. Tali fasci potrebbero essere inoltre utilizzati dalla collaborazione per misure di normalizzazione delle sezioni d'urto con fasci monoenergetici.

Al contrario del calorimetro di Karlsruhe, che opera in aria così come i bersagli da studiare, o di altri apparati a 4 che operano completamente in vuoto, il calorimetro per n_TOF opererà in aria, ma i bersagli devono necessariamente risiedere, per minimizzare il background, all'interno del tubo a vuoto del fascio. Pertanto sarà necessario sviluppare un sofisticato sistema di portabersagli che risieda all'interno di una camera di scattering di 20 cm di diametro in fibra di carbonio. Il gruppo di Trieste, che ha recentemente sviluppato il sistema di portabersagli per l'apparato Garfield, ha proposto una soluzione basata su un sistema circolare decentrato, comandato e controllato dall'esterno (via PC). La soluzione è stata discussa ed approvata dalla collaborazione, e nel caso di approvazione della presente proposta, sarà sviluppata dalla collaborazione italiana. La fase di costruzione del calorimetro dovrebbe orientativamente concludersi entro 18 mesi. Nel frattempo le misure di sezioni d'urto di cattura saranno effettuate utilizzando alcune celle di scintillatore liquido

C₆D₆, mediante la tecnica del “*pulse-height weighting*”. Il relativo sistema di portabersagli, più semplice, è attualmente in fase di progettazione.

Analisi dati e interpretazione dei risultati

Il gruppo INFN possiede diffuse competenze nell’analisi di dati nucleari, anche con neutroni, avendo partecipato in passato (e in alcuni casi tuttora coinvolto) in numerosi esperimenti presso i Laboratori Nazionali ed esteri per lo studio di reazioni alle energie basse ed intermedie, con rivelazione di neutroni, gamma e particelle cariche, sia a riguardo di aspetti fondamentali (multiframmentazione, emissione di gamma e neutroni di preequilibrio, interferometria neutronica, etc...) [7-9], sia su aspetti di carattere applicativo (produzione ed utilizzo di fasci di neutroni per terapia oncologica [10]).

La riduzione dei dati richiederà innanzi tutto lo studio delle funzioni di risposta dei rivelatori. In particolare, sarà necessario mettere a punto una procedura di riconoscimento dei segnali e di identificazione e separazione degli eventi di pile-up. Per alcuni tipi di rivelatori (scintillatori liquidi e BaF₂) sono state recentemente effettuate alcune misure presso i Laboratori Nazionali di Legnaro, in collaborazione con FZK, volte allo studio dei segnali dei rivelatori campionati con un Flash ADC da 1 GS/s (nelle misure è stato usato un Flash ADC della Acqiris in dotazione al gruppo INFN, molto simile a quelli che saranno utilizzati per l’acquisizione dati in n_TOF).

Nel campo specifico della valutazione delle sezioni d’urto di cattura, la collaborazione italiana può fare affidamento su un gruppo afferente alla sezione di Bologna, che possiede una riconosciuta esperienza in proposito, per aver preso parte in primo piano all’interpretazione di misure di sezioni d’urto neutroniche presso i laboratori di Riken e Karlsruhe [11].

Composizione del gruppo e richieste finanziarie per il periodo 2001 – 2003.

Il gruppo è costituito da 15 ricercatori afferenti a 4 sezioni dell’INFN - Bari, Bologna, Laboratori Nazionali di Legnaro e Trieste - per un totale di 7.5 FTE (fra i partecipanti alla presente proposta è incluso un borsista, presso i LNL, previsto nei finanziamenti dell’Unione Europea). L’esperienza, le competenze e gli interessi scientifici del gruppo italiano sono in linea con le attività previste nell’ambito della collaborazione n_TOF al CERN.

Le richieste finanziarie riguardano principalmente la partecipazione alla costruzione di un calorimetro a 4 per gamma. Il costo di tale calorimetro è stimato in 711 kEu, di cui 540 kEu per i moduli di scintillatore (ogni modulo ha un volume di 1500 cm³), e 170 kEu per i fotomoltiplicatori, partitori, alimentazione e parte meccanica. Al costo del calorimetro va aggiunto il costo dei Flash

ADC da 1 GS/s necessari per la lettura dei rivelatori al BaF₂ che presentano una componente veloce (0.66 ns), fondamentale per la ricostruzione temporale dell'evento. Il costo degli ADC, dei crates "Compact PCI" e dei PC per il sistema di acquisizione è stimato di circa 260 kEu, per un costo totale del calorimetro e Front-End di circa 1 MEu. L'INFN propone di partecipare alla costruzione per una quota di poco superiore al 20 %, sia in mesi-uomo (20 mesi-uomo su 95 totali stimati) sia come costo (le altre istituzioni portanti nella costruzione del calorimetro sono FZK, al 40 %, CERN 15 % e Grecia 12 %). Pertanto il contributo economico dell'INFN alla costruzione del calorimetro consiste in circa 200 kEu (6 moduli del calorimetro con relativa elettronica di Front-End). Tuttavia, una parte pari al 30 % del costo del calorimetro sarà coperta dal cofinanziamento dell'Unione Europea (il contributo dell'EU su Durable Equipment è calcolato sulla base del periodo di uso del materiale rapportato al periodo di deprezzamento, in questo caso 18/60). Pertanto il contributo richiesto all'INFN per il calorimetro, sotto la voce **Costruzione di Apparato**, è di circa **140 kEu** (4 moduli del calorimetro), suddiviso sui primi due anni dell'esperimento.

Le richieste su **Materiale di Consumo** riguardano lo sviluppo e la messa in opera dei monitor del flusso di neutroni, costituiti da fogli con depositi di materiale sensibile posti nel fascio, e da rivelatori al Silicio montati fuori del fascio; la costruzione di una camera di scattering per il montaggio meccanico dei monitors; il sistema di portabersagli e relativa camera di scattering in fibra di carbonio da utilizzare in congiunzione con il calorimetro ; cavi e connettori, acquisto e trasporto di bersagli, per un totale di 43 kEu, completamente finanziati dall'Unione Europea. Le richieste all'INFN su materiale di consumo riguardano le spese di manutenzione ordinaria e spese di magazzino per i laboratori in sede, trasporto materiali e supporti magnetici per analisi, per un totale di **20 kEu**. Inoltre, è necessario prevedere un finanziamento per "Common Funds" al CERN. Al momento non è ancora stato definito il contributo che ciascuna Istituzione partecipante deve destinare al "Common Fund", ma si pensa che per l'INFN si aggirerà intorno a 10 Ml per anno e per sezione (eccetto per la sezione di Bologna).

Le richieste su **Missioni Interne** riguardano principalmente i test da effettuare presso il fascio di neutroni del CN ai Laboratori Nazionali di Legnaro, la discussione dei dati e le riunioni di collaborazione italiana. Il totale richiesto sui tre anni per Missioni Interne è di **50 kEu** (20 + 17 + 13). Il finanziamento ottenuto su DOT3 della sezione di Bari è sufficiente per le attività previste quest'anno.

Le richieste su **Missioni Estero** riguardano il montaggio e test degli apparati sperimentali, la presa dati, discussione analisi e riunioni di collaborazione e dei workpackages. Considerato che la costruzione, il montaggio e il test del calorimetro si svolgerà entro i primi 18 mesi del progetto, la ripartizione delle richieste sui tre anni non è uniforme. La collaborazione prevede periodi di run di

4 mesi per anno, per i quali è necessario assicurare la presenza di 2 ricercatori afferenti all'INFN, per un totale di 24 mesi-uomo. A questi vanno aggiunti 4 mesi-uomo per il montaggio e il test degli apparati sperimentali (monitor di flusso e calorimetro), per un totale di 28 mesi-uomo, di cui una parte pari al 20 % a carico dell'Unione Europea. E' necessario prevedere inoltre un totale di 3 mesi/uomo per anno per analisi, 2 riunioni generali di collaborazione all'anno, e 2 riunioni di lavoro all'anno per i workpackages a cui partecipa il gruppo italiano (sezioni d'urto di cattura e relativi rivelatori). In totale le richieste su Missioni Estere ammontano a circa 280 kEu, da cui va sottratto il cofinanziamento dell'Unione Europea di 37 kEu. Per l'INFN le richieste sui tre anni ammontano pertanto a circa **240 kEu** (suddivise sui tre anni rispettivamente in 88, 77 e 77 kEu).

Recenti pubblicazioni

- [1] E. Bisceglie et al., "*On the optimal energy of epithermal neutron beams for BNCT*", Phys. in Med. and Biol. 45 (2000) 49.
- [2] N. Colonna and G. Tagliente, "*Response of liquid scintillator detectors to neutrons of $E_n < 1$ MeV*", Nucl. Instr. and Meth. A416 (1998) 109
- [3] N. Colonna et al., "*Simulation of neutron transport at low energy: a comparison between GEANT and MCNP*", submitted to Health Physics.
- [4] S. Andrimonje et al., "*Neutron Time of Flight facility (PS213), Technical Design Report*", CERN/INTC/2000-004
- [5] F. Gramegna et al., "*A telescope with microstrip gas chamber for the detection of charged products in heavy ion reactions*", Nucl. Instr. and Meth. A389 (1997) 474
- [6] P.F. Mastinu et al., "*A procedure to calibrate multimodular telescopes*", Nucl. Instr. and Meth. A371 (1996), 510.
- [7] P.M. Milazzo et al., "*Temperature measurements in Xe+Cu at 30 MeV/u: size effects in the caloric curve*", Phys. Rev. C 6004 (1999) U267.
- [8] R. Ghetti et al., "*Characterization of nuclear sources via two-neutron intensity interferometry*", Nucl. Phys. A660 (1999) 20.
- [9] P.M. Milazzo et al., "*Temperature measurement of fragment emitting systems in Au+Au 35 MeV/nucleon collisions*", Phys. Rev. C 58 (1998) 953.
- [10] N. Colonna et al., "*Measurements of low-energy (d,n) reactions for BNCT*", Med. Phys. 26 (1999) 793.
- [11] M. Heil, F. Kaeppler, M. Weisher, A. Mengoni, "*The (n, γ) cross-section of ${}^7\text{Li}$* ", Astrophysical Journal 507 (1998) 997.

Codice	Esperimento	Gruppo
	n_TOF	3

Struttura
BOLOGNA

 Ricercatore responsabile locale:
Alberto MENGONI
PREVENTIVO LOCALE DI SPESA PER L'ANNO 2001
In ML

VOCI DI SPESA		DESCRIZIONE DELLA SPESA					IMPORTI		A cura della Comm.ne Scientifica Nazionale
							Parziali	Totale Compet.	
Viaggi e missioni	Interno	Riunione Collaborazione n_TOF-IT Discussione analisi dati					2 2	4	
	Estero	Riunioni Collaborazione + Riunioni Workshop (3 Riunioni per Ric.) Discussione analisi e preparazioni proposte 2 x (15 gg + viaggio)					5 10	15	
	Materiale Consumo								
	Traspe facch.								
	Spese Calcolo	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette	Altro			
	Affitti e manutenz. apparecchiati.								
	Materiale Inventariabile	1 PC per analisi					5	5	
	Costruzione Apparati								
Totale							24		
Note:									

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Preventivo per l'anno **2001**

Codice	Esperimento	Gruppo
	n_TOF	3

Struttura
BOLOGNA

ALLEGATO MODELLO EC 2

Codice	Esperimento	Gruppo
	n_TOF	3

Struttura
BOLOGNA

PREVISIONE DI SPESA: PIANO FINANZIARIO LOCALE
PER GLI ANNI DELLA DURATA DEL PROGETTO

In ML

ANNI FINANZIARI	Miss. interno	Miss. estero	Mater. di cons.	Trasp.e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e manut. appar.	Mat. inventar.	Costruz. apparati	TOTALE Competenza
2001	4	15					5		24
2002	4	15							19
2003	4	15							19
TOTALI	12	45					5		62

Note:

Osservazioni del Direttore della Struttura in merito alla disponibilità di personale e di attrezzature:

Mod. EC. 3

(a cura del responsabile locale)

Codice	Esperimento	Gruppo
	n_TOF	3

Struttura
BOLOGNA

COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA (cont.)

LAUREANDI Cognome e Nome	Associazione		Titolo della Tesi
	SI	NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	

Denominazione	mesi-uomo	SERVIZI TECNICI Annotazioni

INTERAZIONI CON LE INDUSTRIE (COMMESSE HIGH TECH)

DENOMINAZIONE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA

Codice	Esperimento	Gruppo
	N-TOF	3

Struttura
L.N.L.

 Ricercatore responsabile locale:
MASTINU Pierfrancesco
PREVENTIVO LOCALE DI SPESA PER L'ANNO 2001
In ML

VOCI DI SPESA		DESCRIZIONE DELLA SPESA	IMPORTI		A cura della Comm.ne Scientifica Nazionale	
			Parziali	Totale Compet.		
Viaggi e missioni	Interno	Riunioni di collaborazione N_TOF Test rivelatori Discussione analisi dati	2 6	8		
	Estero	Riunioni di collaborazione e Workpackages Setup apparato sperimentale e turni di misura Discussione analisi dati	10 40 10	60		
Materiale Consumo		Metabolismo laboratori + supporti magnetici Materiali per lavorazione scintillatori Running costs	4	20		
			6			
			10			
Trasp.e facch.						
Spese Calcolo	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette		Altro
Affitti e manutenz. apparecchiati.						
Materiale Inventariabile						
Costruzione Apparati		3 scintillatori BaF ₂ da 1500 cm ³	105	105		
Totale				193		
Note:						

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Preventivo per l'anno **2001**

Codice	Esperimento	Gruppo
	N-TOF	3

Struttura
L.N.L.

ALLEGATO MODELLO EC 2

Codice	Esperimento	Gruppo
	N-TOF	3

Struttura
L.N.L.

PREVISIONE DI SPESA: PIANO FINANZIARIO LOCALE
PER GLI ANNI DELLA DURATA DEL PROGETTO

In ML

ANNI FINANZIARI	Miss. interno	Miss. estero	Mater. di cons.	Trasp.e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e manut. appar.	Mat. inventar.	Costruz. apparati	TOTALE Competenza
2001	8	60	20				5	105	198
2002	8	50	14					35	107
2003	8	50	14						72
TOTALI	24	160	48				5	140	377

Note:

Osservazioni del Direttore della Struttura in merito alla disponibilità di personale e di attrezzature:

Il supporto richiesto e' compatibile con le risorse della struttura

Mod. EC. 3

(a cura del responsabile locale)

Codice	Esperimento	Gruppo
	N-TOF	3

Struttura
L.N.L.

COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA

N	RICERCATORI Cognome e Nome	Qualifica				Affer. al Gruppo	Percentuale	N	TECNOLOGI Cognome e Nome	Qualifica			Percentuale
		Dipendenti		Incarichi						Dipendenti		Incarichi	
		Ruolo	Art. 23	Ricerca	Assoc.					Ruolo	Art. 23	Ass. Tecnol.	
1	DELLA MEA Gianantonio			P.O.		5	30	1	RIGATO Valentino	Tecn			20
2	GRAMEGNA Fabiana	I Ric				3	30						
3	MASTINU Pierfrancesco	Ric				3	40						
								Numero totale dei Tecnologi				1,0	
								Tecnologi Full Time Equivalent				0,2	
N	TECNICI Cognome e Nome	Qualifica				Percentuale							
		Dipendenti		Incarichi									
		Ruolo	Art. 15	Collab. tecnica	Assoc. tecnica								
Numero totale dei Ricercatori						3,0	Numero totale dei Tecnici						
Ricercatori Full Time Equivalent						1,0	Tecnici Full Time Equivalent						

Codice	Esperimento	Gruppo
	N-TOF	3

Struttura
L.N.L.

COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA (cont.)

LAUREANDI Cognome e Nome	Associazione		Titolo della Tesi
	SI	NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	

Denominazione	mesi-uomo	SERVIZI TECNICI Annotazioni

INTERAZIONI CON LE INDUSTRIE (COMMESSE HIGH TECH)

DENOMINAZIONE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA
Flux monitor detector	Costruzione di camera di scattering in fibra di carbonio per alloggiamento rivelatore di monitor del flusso del fascio di neutroni.

Codice	Esperimento	Gruppo
	n_TOF	3

Struttura
TRIESTE

 Ricercatore responsabile locale:
MILAZZO Paolo Maria
PREVENTIVO LOCALE DI SPESA PER L'ANNO 2001
In ML

VOCI DI SPESA		DESCRIZIONE DELLA SPESA					IMPORTI		A cura della Comm.ne Scientifica Nazionale
							Parziali	Totale Compet.	
Viaggi e missioni	Interno	Riunioni di collaborazione Test rivelatori Discussione analisi dati					2 6 2	10	
	Estero	Riunioni di collaborazione e workpackage (3 vv x 1 ric.) Set-up apparati sperimentali e turni misura {2 mesi + 4 vv} Discussione analisi dati (15 gg + 1v)					5 20 5	30	
Materiale Consumo	Metabolismo laboratori locali Banco portabersagli Common funds (CERN)					4 6 10	20		
Trasp.e facch.									
Spese Calcolo	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette	Altro				
Affitti e manutenz. apparecchiati.									
Materiale Inventariabile									
Costruzione Apparati	PC fast SCSI + Gbit card per acquisizione calorimetro gamma					14	14		
Totale							74		
Note:									

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Preventivo per l'anno **2001**

Codice	Esperimento	Gruppo
	n_TOF	3

Struttura
TRIESTE

ALLEGATO MODELLO EC 2

Codice	Esperimento	Gruppo
	n_TOF	3

Struttura
TRIESTE

PREVISIONE DI SPESA: PIANO FINANZIARIO LOCALE
PER GLI ANNI DELLA DURATA DEL PROGETTO

In ML

ANNI FINANZIARI	Miss. interno	Miss. estero	Mater. di cons.	Trasp.e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e manut. appar.	Mat. inventar.	Costruz. apparati	TOTALE Competenza
2001	10	30	20					14	74
2002	8	25	13				5	8	59
2003	5	25	13						43
TOTALI	23	80	46				5	22	176

Note:

Osservazioni del Direttore della Struttura in merito alla disponibilità di personale e di attrezzature:

La richiesta di supporto da parte dell'Officina Meccanica e del Laboratorio di Elettronica presentata al Consiglio di Sezione è compatibile con le forze disponibili attraverso un'adeguata programmazione nel corso dell'anno.

Mod. EC. 3

(a cura del responsabile locale)

Codice	Esperimento	Gruppo
	n_TOF	3

Struttura
TRIESTE

COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA (cont.)

LAUREANDI		Associazione		Titolo della Tesi
Cognome e Nome		SI	NO	
Relatore		<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore		<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore		<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore		<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore		<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore		<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore		<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore		<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore		<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Denominazione		mesi-uomo		<p style="text-align: center;">SERVIZI TECNICI</p> <p style="text-align: center;">Annotazioni</p>
INTERAZIONI CON LE INDUSTRIE (COMMESSE HIGH TECH)				
DENOMINAZIONE		DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA		

Esperimento

gruppo

Rappresentante nazionale

Struttura res_naz

nuovo continua

n_TOF

3

Nicola Colonna

BARI

nuovo

STR.	ESPERIM.	Missioni interno	Inviti ospiti stran.	Missioni estero	Mater. di Cons.	Spes Sem	Tras. e Fac.	Pub. Scien.	Spese Calc	Aff. e Manut. App.	Mater. invent.	Costruz. apparati	TOTALE	
BARI	Personale													
	Ricercatori	3,0		Tecnologi	1,0		Tecnici	2,0		Servizi mesi uomo				
	FTE	2,4		FTE	0,3		FTE	0,2						
	Rapporti (FTE/numero) Ricercatori					0,80				Ricercatori+Tecnologi				0,68
	n_TOF	21		65	14							74	174	
	di cui sj													
	Totali	21		65	14							74	174	
di cui sj														
Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)					64,44									
BOLOGNA	Personale													
	Ricercatori	3,0		Tecnologi			Tecnici			Servizi mesi uomo				
	FTE	1,4		FTE			FTE							
	Rapporti (FTE/numero) Ricercatori					0,47				Ricercatori+Tecnologi				0,47
	n_TOF	4		15							5		24	
	di cui sj													
	Totali	4		15							5		24	
di cui sj														
Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)					17,14									
L.N.I.	Personale													
	Ricercatori	3,0		Tecnologi	1,0		Tecnici			Servizi mesi uomo				
	FTE	1,0		FTE	0,2		FTE							
	Rapporti (FTE/numero) Ricercatori					0,33				Ricercatori+Tecnologi				0,30
	N-TOF	8		60	20							105	193	
	di cui sj													
	Totali	8		60	20							105	193	
di cui sj														
Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)					160,83									
TRIESTE	Personale													
	Ricercatori	2,0		Tecnologi			Tecnici	1,0		Servizi mesi uomo				
	FTE	1,0		FTE			FTE	0,2						
	Rapporti (FTE/numero) Ricercatori					0,50				Ricercatori+Tecnologi				0,50
	n_TOF	10		30	20							14	74	
	di cui sj													
	Totali	10		30	20							14	74	
di cui sj														
Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)					74,00									

Esperimento

gruppo

Rappresentante nazionale

Struttura res_naz

nuovo_continua

n_TOF

3

Nicola Colonna

BARI

nuovo

STF.	ESPERIM.	Missioni interno	Inviti ospiti stran.	Missioni estero	Mater. di Cons.	Spes Sem	Tras. e Fac.	Pub. Scien.	Spese Calc	Aff. e Manut. App.	Mater. invent.	Costruz. apparati	TOTALE
TOTALI													
	Totali	43		170	54						5	193	465
	di cui sj												
Confronto con il modello EC4													
	Mod. EC4 dati												
	Totale-Dati EC4	43,0		170,0	54,0						5,0	193,0	465,0
Personale													
	Ricercatori	11,0		Tecnologi	2,0		Tecnici	3,0	Servizi mesi uomo				
	FTE	5,8		FTE	0,5		FTE	0,4					
	Rapporti (FTE/numero) Ricercatori				0,53 Ricercatori+Tecnologi				0,48				
	Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)				73,81								