

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE  
Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-76/48(R)  
23 Settembre 1976

A. Cattoni, E. De Sanctis, C. Guaraldo, G. Ricco, M. Sanzone,  
R. Scrimaglio, S. Tazzari e A. Turrin: STUDIO PRELIMINARE  
SULLA FATTIBILITA' E INTERESSE DI UN ALLUNGATORE  
DI IMPULSO DEL FASCIO DI ELETTRONI DEL LINAC DI  
FRASCATI (PROGETTO ALFA: ALLUNGATORE LINAC  
FRASCATI SU ADONE). -

A. Cattoni, E. De Sanctis, C. Guaraldo, G. Ricco<sup>(\*)</sup>, M. Sanzone,<sup>(\*)</sup> R. Scrimaglio, S. Tazzari e A. Turrin, "STUDIO PRELIMINARE SULLA FATTIBILITA'E INTERESSE DI UN ALLUNGATORE DI IMPULSO DEL FASCIO DI ELETTRONI DEL LINAC DI FRASCATI (PROGETTO ALFA: ALLUNGATORE LINAC FRASCATI SU ADONE)."

#### PREMESSA

Questa relazione si propone di esaminare in forma preliminare la possibilità di trasformare l'acceleratore lineare di Frascati in macchina a ciclo continuo di utilizzo. Vengono considerate alcune delle linee scientifiche rese accessibili da questa trasformazione, alla luce della problematica attuale della fisica nucleare delle medie energie. Una valutazione di larga massima dei costi per due possibili alternative dell'iniziativa è riportata con specifico riferimento all'utilizzo del complesso ADONE.

#### 1. - LINAC AD ALTO FATTORE DI UTILIZZO. -

Il linac è una macchina intrinsecamente continua, poichè la durata del suo impulso è maggiore del tempo di accelerazione. Tuttavia, deve essere fatto funzionare in maniera pulsata per la bassa resa istantanea in tensione, cioè la bassa tensione di uscita per potenza unitaria di alimentazione, limitata, per cavità a struttura e temperatura normali, a qualche Volt per Watt in conseguenza della resistività delle pareti. Pertanto, per ottenere le centinaia di MeV, occorrono centinaia di Mwatt di potenza istantanea di Radio Frequenza e ciò è economicamente possibile riducendo il ciclo di utilizzo delle sorgenti RF, in modo da ottenere una resa media di qualche KVolt per Watt. Il costo delle sorgenti RF è infatti proporzionale alla potenza media installata e questa è limitata da ragioni tecnologiche alle centinaia di KVolt per unità di potenza. Il rendimento di un linac, cioè la potenza di fascio per unità di potenza di alimentazione è tuttavia molto elevato, in quanto è possibile alzare la corrente fino a saturare quasi interamente la potenza installata. Un limite alla corrente massima è dato dalla insorgenza dei cosiddetti modi di beam blow-up, cioè dalla autodistruzione del fascio in presenza di correnti di picco troppo elevate. Per aumentare invece il ciclo di utilizzo sono stati proposti vari metodi, riassunti in tabella I.

TABELLA I - Tecniche per aumentare il ciclo di utilizzo.

Estensione della tecnologia dei linac ad onda viaggiante
Nuove strutture di guida d'onda (onda stazionaria)
Linac superconduttori
Tecniche di ricircolazione del fascio
Anelli di accumulazione allungatori di impulso

(\*) - INFN, Sezione di Genova

1. 1. - Estensione della tecnologia dei Linac ad onda viaggiante.

Esempi dell'applicazione di questo metodo sono i linac di Saclay e del MIT, con fattori di utilizzo dell'ordine di qualche percento, ed il linac di Amsterdam, attualmente in costruzione, con un fattore di utilizzo che dovrebbe raggiungere il 10%.

1. 2. - Nuove strutture di guida d'onda.

Si tratta delle cosiddette strutture ad onda stazionaria. L'esempio più significativo è un prototipo costruito a Los Alamos (acceleratore EPA), che ha raggiunto un fattore di utilizzo del 6%.

1. 3. - Linac superconduttori.

La resa di tensione di una cavità superconduttrice è superiore di alcuni ordini di grandezza a quella di una guida a temperatura ambiente e consente quindi, in linea di principio, l'alimentazione a ciclo di utilizzazione unitario.

Tuttavia, anche questa soluzione è lontana dal poter essere considerata ideale. Innanzitutto, il campo acceleratore sostenibile da una guida superconduttrice ha valore notevolmente inferiore a quello ottenibile in una guida a temperatura ordinaria (qualche MVolt per metro contro qualche decina di MVolt per metro). Questo fatto impone che, a parità di tensione, le strutture superconduttrici siano più lunghe, con conseguente aumento dei costi e, soprattutto, della difficoltà di mantenere superconduttrice una larga superficie, che è proprio quella esposta a riscaldamento. Inoltre, se è vero che la resa in tensione è elevatissima e permette pertanto un ciclo di utilizzo unitario, è anche vero che, se questo parametro deve essere usato per valutare l'effettivo costo relativo d'esercizio, la resa precipita a livelli molto bassi se si tiene conto della potenza necessaria alla refrigerazione. Per questa somma di ragioni la costruzione effettiva di linac superconduttori ha portato ad un drastico ridimensionamento delle energie proposte e dai GeV iniziali, previsti per il Mark III S. a Stanford, si è passati alle centinaia di MeV di progetto, con studi tuttora in corso, rivolti anche nella direzione di aumento del gradiente di energia per le singole sezioni. Abbiamo sottolineato in modo particolare il problema dei linac superconduttori per la buona ragione che l'unica macchina attualmente funzionante al mondo con ciclo di utilizzo uguale all'unità è un microtrone race-track, quello di Urbana, Illinois, che utilizza appunto come sezione acceleratrice un linac superconduttore, accelerando elettroni fino a 30 MeV di energia.

1. 4. - Tecniche di ricircolazione del fascio.

Diversi gruppi hanno proposto di aumentare il ciclo di utilizzazione di acceleratori lineari con la tecnica di riciclare il fascio di elettroni attraverso l'acceleratore due o più volte. Per ottenere tale risultato sono state proposte due vie. La prima è quella dei microtroni race-track, come quello, già ricordato, di Urbana che utilizza come sezione acceleratrice un piccolo linac superconduttore. L'energia attuale è 30 MeV, ma si sta tentando di salire fino a 70 MeV, il che corrisponde a 5 ricircolazioni del fascio, <sup>limite</sup> imposto dalle attuali strutture magnetiche. Un altro tipo di microtrone race-track con riciclaggio del fascio ed utilizzante cavità acceleratrici tradizionali ad onda viaggiante, è stato proposto dal consorzio del Nord-Ovest. La seconda via è quella proposta all'Ames Laboratory e si fonda sull'utilizzo di una struttura ad onda stazionaria, come per il prototipo EPA a Los Alamos, accoppiata ad una sola ricircolazione del fascio.

1. 5. - Anelli di accumulazione allungatori di impulso.

La possibilità di migliorare il fattore di utilizzo di un acceleratore già esistente accoppiandolo ad un anello con funzione di allungatore di impulso è stata oggetto finora di due progetti completi di studio. In questo metodo, ogni impulso dell'acceleratore lineare a basso ciclo di utilizzazione viene iniettato nell'anello e poi estratto lentamente prima dell'impulso successivo, ottenendo così un fascio continuo.

Dopo la costruzione dell'acceleratore ALS a Saclay, il gruppo teorico francese della macchina ha iniziato nel 1969 uno studio di fattibilità di un anello del tipo "allungatore di impulso", da accoppiare al linac. Ne è risultato il progetto ALIS (Anneau de Lissage) presentato alla conferenza di Erevan nel 1969 e tradotto in un rapporto tecnico nell'ottobre 1970. A Saskatoon, in Canada, un gruppo di studio sul medesimo problema ha iniziato i suoi lavori nel settembre 1968. Il progetto, denominato EROS (Electron Ring of Saskatoon), è un adattamento del progetto francese alle caratteristiche del linac di Saskatoon ed è attualmente in attesa di venire finanziato.

I Laboratori Nazionali di Frascati possiedono un acceleratore lineare di caratteristiche pressochè identiche a quelle del linac di Saskatoon. A differenza di quello di Saskatoon, tuttavia, il linac di Frascati è stato esplicitamente installato con la possibilità di elevare l'energia fino a circa 500 MeV, con l'aggiunta di due sezioni. Il linac di Frascati, come è noto, è iniettore dell'anello di accumulazione ADONE e viene utilizzato come "sorgente" per esperimenti di Fisica Nucleare per produrre fasci secondari di pioni e di gamma monocromatici. L'idea di compiere sul linac di Frascati una operazione di "updating" che lo porti ad avere un ciclo di utilizzo vicino all'unità, accoppiandolo ad un anello allungatore che può essere lo stesso ADONE, oppure un altro piccolo anello ad hoc da collocare entro ADONE, presenta, a nostro avviso, una serie di elementi positivi meritevoli di una attenta considerazione. Innanzitutto il campo di attività di questa nuova macchina sarebbe specifico per le interazioni elettromagnetiche. Nell'ambito della cosiddetta linea due della Fisica Nucleare esiste una tradizione nel campo delle interazioni elettromagnetiche, oltre che nei LNF, presso le Sezioni di Torino, di Genova, Catania, Bologna, Pavia, Sanità e di Roma. Nei Laboratori di Frascati le attività di ricerca in questo campo si svolgono presso il LEALE, il Sincrotrone e il Ladon. Vi sono quindi strutture, competenze e strumentazioni che possono essere utilizzate in questo programma. Esiste inoltre una esperienza tecnica specifica ad altissimo livello sugli anelli di accumulazione e quindi la garanzia di essere pienamente in grado di adattare ADONE ad anello allungatore per gli impulsi del linac. Con questa operazione, inoltre, il linac verrebbe utilizzato al massimo delle sue possibilità, garantendo uno sfruttamento ampio degli investimenti già effettuati e delle attrezzature esistenti. Per tutte queste ragioni il progetto si presenta, a nostro avviso, particolarmente adatto alla configurazione ed allo sviluppo dei L. N. F., oltre a rispondere alle esigenze specifiche dei fisici italiani di fisica nucleare dalle medie energie ed allo spirito di quanto manifestato dall'INFN in documenti ufficiali ed in incontri con le organizzazioni del lavoro.

Prima di esaminare uno schema di fattibilità e di costi di questa proposta di utilizzazione del linac di Frascati, riteniamo opportuno ritornare a soffermarci sul significato scientifico della iniziativa.

## 2. - LINEAMENTI DI UN PROGRAMMA SCIENTIFICO PER UNA MACCHINA AD ALTO CICLO DI UTILIZZO.

Nello studio della struttura nucleare, i fasci a interazione elettromagnetica presentano notevole vantaggio, in quanto tale interazione è nota e sufficientemente debole. Elettroni e fotoni possono infatti fornire informazioni sulle distribuzioni di carica e di corrente senza alterare sensibilmente il sistema studiato. D'altra parte, i due tipi di fasci <sup>sono</sup> complementari al fine di studiare la intera superficie di eccitazione elettromagnetica ( $q_{\mu} q_{\mu} \geq 0$ ). Un acceleratore sarà quindi sfruttato nel modo migliore se agli esperimenti con elettroni a bassa energia di eccitazione nucleare si affiancano esperimenti di assorbimento con fotoni reali. I linac convenzionali attualmente in funzione hanno sempre più perfezionato la qualità dei dati sperimentali, restando però sempre limitati, a causa del basso duty-cycle, alla rivelazione di un solo prodotto di reazione o comunque a cinematica incompleta. E' restata pertanto completamente trascurata, nonostante il notevole interesse fisico, tutta la sperimentazione in coincidenza. Un grosso sforzo è stato a tal fine intrapreso negli ultimi anni nei maggiori laboratori impegnati in questo settore di ricerca, nella direzione di progettazione o di ammodernamento di elettroacceleratori a ciclo di utilizzazione il più elevato possibile. Esempi di macchine di questo tipo già realizzate, in costruzione o solo in progetto sono riportate in tabella II.

Dall'esame della tabella si vede come la tendenza internazionale prefiguri una macchina con duty-cycle il più possibile vicino all'unità e un'energia che copra almeno in parte la zona delle riso-

TABELLA II - Acceleratori lineari ad alto ciclo di utilizzazione.

Istituto	energia (MeV)	duty-cycle	corrente media ( $\mu\text{A}$ )	stato
Saskatoon	250	> 0.8	100	proposto
MIT	400	0.02	10	in corso di completamento
Stanford	688	1	100	in progetto
Saclay	600	0.05	10	in funzione
Amsterdam	500	0.10	50	in costruzione
Urbana	30	1	100	in funzione
EPA(LASL)	600	0.06	50	prototipo già in funzione
Mainz	600	1	100	in progetto
Frascati	500	> 0.8	$\sim 60$	(proposta)

nanze pioniche. Sarebbero desiderabili anche alti valori di corrente, ma considerazioni pratiche (riscaldamento dei bersagli, problemi di schermature, problemi di affollamento dei rivelatori, etc.) impongono un limite dell'ordine del centinaio di  $\mu\text{A}$ . I parametri di questa proposta certamente soddisfano a questi requisiti. Per giustificare queste scelte elencheremo in quanto segue alcuni esempi a nostro parere particolarmente significativi di problematica fisica congeniale a questa macchina.

### 2.1. - Studio di stati a singola particella

La quantizzazione dell'energia di legame dei nucleoni nel nucleo secondo uno schema del tipo a particelle indipendenti è stata ampiamente dimostrata dalle esperienze in coincidenza del tipo (e, e'p) iniziate a Frascati e attualmente effettuate in numerosi altri laboratori tra i quali Saclay. L'accuratezza di questi esperimenti nella misura delle masse mancanti e delle distribuzioni di momento degli stati a singola particella è ancora limitata dal notevole livello di coincidenze causali con i duty-cycle attualmente raggiunti. Per esempio a Saclay si lavora con un'intensità di fascio inferiore di circa un fattore 20 al valore massimo e con un duty-cycle dell'1% si ha un rapporto casuali/vere  $> 1$ . È indubbio che l'interesse fondamentale che questo tipo di informazioni riveste per controllare la validità di modelli di struttura nucleare giustifica un ulteriore sforzo di raffinamento delle misure e questo si può ottenere soltanto disponendo di alti fattori di utilizzo.

Informazioni in parte complementari sono ottenibili mediante le reazioni ( $\gamma$ , p) con fotoni di energia definita. Gli elettroni infatti sono una sonda molto efficace quando trasferiscono al nucleo solo una piccola frazione della loro energia in quanto, in tali condizioni, al variare dell'angolo di diffusione l'impulso trasferito varia notevolmente e ogni particolare energia di eccitazione o stato nucleare può essere studiato in funzione di questo. Invece, nell'assorbimento di fotoni reali il fotone trasferisce al nucleo tutta la sua energia e, se la energia di eccitazione nucleare non è troppo elevata, il fotone fornisce nella maggior parte dei casi solo piccoli valori di momento angolare, il che automaticamente limita il numero degli stati nucleari che possono essere eccitati, con notevoli semplificazioni sia per la reazione, sia per la sua interpretazione. Anche questi esperimenti possono essere notevolmente migliorati mediante la realizzazione di un fascio di fotoni reali monocromatici a energia variabile, sfruttando tecniche di coincidenza. Questo metodo, detto del fotone marcato, elimina l'incertezza sull'energia di un fotone di Bremmstrahlung mediante la rivelazione dell'associato elettrone residuo di energia  $E_{\text{fin}} = E_{\text{in}} - E_{\gamma}$ . Detto S il rapporto tra le velocità di conteggi veri e accidentali, la massima intensità I utilizzabile di fotoni marcati per ciascun rivelatore di elettroni residui, risulta

$$I = \frac{D}{S \tau}$$

dove  $D$  è il duty-cycle e  $\tau$  è il tempo risolutivo della coincidenza. Per la più parte degli esperimenti è adeguato  $S \simeq 100$  e  $\tau = 2 \pm 3 \cdot 10^{-9}$  sec. Con un duty-cycle  $\simeq 1$  sono pertanto disponibili  $I = 10^6 \pm 10^7$  fotoni al secondo con una risoluzione che dipende dalla precisione con cui si determina l'energia dell'elettrone incidente e dell'elettrone residuo: un valore ragionevole è  $\sim 10^{-3} E_{in}$ . Si può così ottenere per ciascun canale una intensità confrontabile con quella, per esempio, disponibile nelle attuali facilities di annichilazione in volo, ma con un potere risolutivo almeno di un ordine di grandezza migliore.

## 2.2. - Studio di correlazioni nel nucleo.

Lo schema a particelle indipendenti nei nuclei costituisce solo un'approssimazione di ordine zero che non può rendere conto della complessa dinamica del nucleo. L'introduzione di una interazione residua tiene conto di effetti di correlazione tra i nucleoni, sperimentalmente osservati. Tra questi citiamo: a) correlazioni a corto range, dovute essenzialmente alla parte repulsiva (hard-core) dell'interazione nucleone-nucleone a breve distanza. Fino ad ora l'esistenza delle correlazioni a corto range è stata studiata a partire dalle misure delle distribuzioni sperimentali di densità di carica o di momento. Si può però dimostrare che queste osservabili sono sostanzialmente valori di aspettazione di operatori a un solo nucleone, nei quali quindi l'effetto di correlazione risulta come una correzione di ordine superiore nella funzione d'onda di Hartree-Fock. Esperimenti che mettono in evidenza processi in cui l'elettrone o il fotone interagiscono con coppie di nucleoni nel nucleo sono certamente più sensibili allo studio delle correlazioni.

Citiamo a questo proposito le reazioni in coincidenza del tipo  $(\gamma, np)$  o  $(e, e'np)$ , nei quali anche esperimenti di prima generazione sarebbero di grandissimo interesse. In ambedue i casi la energia trasferita al nucleo può essere rivelata solo tramite tripla coincidenza, che richiede pertanto duty-cycle vicini all'unità. b) Formazione di cosiddetti clusters o aggregati di nucleoni sulla superficie del nucleo ( $\alpha$ , d, etc.). La struttura a clusters dei nuclei viene in genere messa in evidenza mediante reazioni di knock-out o scattering quasi libero di protoni e pioni. Le forti distorsioni implicite nell'interazione adronica possono essere ridotte mediante sonde elettromagnetiche in reazione del tipo  $(e, e' d)$   $(e, e' \alpha)$   $(\gamma, d)$   $(\gamma, \alpha)$ . Sfortunatamente, le sezioni d'urto in esperimenti a cinematica completa, nei quali cioè lo stato finale del nucleo venga chiaramente identificato, sono, ad esempio per l' $(e, e', d)$  diversi ordini di grandezza inferiori al  $\mu\text{barn}$  e quindi al limite delle tecniche attuali e comunque realizzabili solo con macchine ad elevatissimo duty-cycle. Esperimenti a cinematica parziale potrebbero però ancora presentare interesse. c) Esistenza di stati collettivi dovuti a moti vibrazionali o rotazionali nello spettro di eccitazione dei nuclei. Lo studio di stati collettivi è stato ampiamente sviluppato tramite la diffusione anelastica di elettroni  $(e, e')$ . Esperimenti del tipo  $(e, e' \gamma)$  con rivelazione in coincidenza del fotone di decadimento tramite contatori ad alto potere risolutivo, quali il Litium drift, permetterebbero di migliorare il potere risolutivo di queste misure fino a 2 ordini di grandezza. Una tecnica di questo tipo permetterebbe di raffinare notevolmente le misure di sezione d'urto anelastica nella zona delle bande rotazionali dei nuclei medi e pesanti. Nel caso degli stati non legati, i più recenti Congressi internazionali sull'argomento (Sendaj 1972, Mosca 1972, Asilomar 1973, Saclay 1975) hanno sottolineato la necessità di studi sistematici dei modi di decadimento, dai quali è possibile ottenere informazioni più significative sulla struttura a molti corpi di questi stati. L'esigenza di determinare gli stati residui del nucleo richiede una definizione della cinematica ottenibile soltanto tramite misure in coincidenza del tipo  $(e, e' X)$   $(\gamma, X)$ . Questo tipo di esperimenti è particolarmente utile per studiare risonanze giganti di multipolarità anche diversa dalla  $E1$ , quali quelle solo recentemente, ed in modo piuttosto qualitativo, osservate con la diffusione  $(e, e')$  a momenti trasferiti compresi tra  $0,4$  e  $1F^{-1}$ , perfettamente accessibili alla macchina proposta.

## 2.3. - Effetti mesonici nei nuclei.

Un argomento che, a nostro criterio, è destinato ad avere un notevole sviluppo nella fisica nucleare delle energie intermedie, è lo studio dell'effetto della struttura del nucleone sulle proprietà dei nuclei. Più in particolare, due problemi sono stati di recente particolarmente dibattuti (Saclay, Maggio 1975; Mainz, Marzo 1975). a) Effetto delle correnti mesoniche; b) Ruolo delle risonanze barioniche  $N^*$ . L'assunto che l'interazione nucleone-nucleone ha contributi non locali

o, il che è equivalente, che essa è mediata dallo scambio di mesoni, porta alla considerazione che la corrente elettromagnetica di un sistema legato a due corpi non è data semplicemente dalla somma di correnti di singola particella (approssimazione dell'impulso), ma ha contributi addizionali che sorgono dal meccanismo di scambio. Tali contributi di scambio possono essere studiati tramite l'interazione con sonde elettromagnetiche. In particolare, come è stato messo in evidenza nei Congressi di Uppsala 1973 e Saclay 1975, sezioni d'urto di reazioni di scattering anelastico e-d, alla soglia di disintegrazione (M1) a bassa energia trasferita e alto momento trasferito, e del tipo  $(\gamma, p)$  a energia di eccitazione tra 40 e 150 MeV, su sistemi a pochi corpi quali d, t,  $^3\text{He}$ , dovrebbero mettere in evidenza contributi dovuti alle correnti di scambio.

Per individuare però questi effetti in modo non ambiguo è necessario effettuare esperimenti di grande precisione e a cinematica ben definita, cioè in coincidenza nel caso di elettroni o con fotoni marcati.

Anche eventuali effetti coerenti nella fotoproduzione della  $N^*$  su nucleoni possono essere chiariti con fasci di elettroni o fotoni utilizzando tecniche di coincidenza. Se, ad esempio, si rivela il pione in coincidenza con il nucleone di rinculo, si riesce, nell'ambito di una approssimazione impulsiva, a identificare la fotoproduzione della risonanza isobarica su nucleoni di ben definito momento sul nucleo, eliminando il grosso effetto di media dovuto alla distribuzione di momento dei nucleoni. Esperimenti di questo tipo sono recentemente iniziati a Saclay ed hanno fornito risultati di estremo interesse, quali uno shift in energia e un allungamento della vita media della risonanza isobarica prodotta su nucleoni in stato di elevato momento. Questo tipo di problematica, a tutt'oggi in fase preliminare, sembra essere estremamente promettente per i futuri acceleratori ad alto duty-cycle.

L'esposizione che abbiamo dato sui tipi di problematiche scientifiche congeniali alla nuova macchina può apparire insieme e troppo vasta e troppo poco dettagliata. L'intendimento principale di questa relazione è di dimostrare come questa macchina non sia limitata alle esigenze di un esperimento di tipo particolare, ma, da un lato, con l'indagine sistematica anche soltanto su alcuni temi esposti, può saturare l'attività di più gruppi sperimentali; dall'altro, la flessibilità di un fascio di questo tipo garantisce lo sviluppo di linee di ricerche di fisica nucleare anche tra loro molto diverse.

### 3. - PARAMETRI DI UN ANELLO ALLUNGATORE PER IL LINAC DI FRASCATI.

Sono state valutate le alternative: un anello ad hoc del tipo del progetto di Saskatoon, da inserire entro ADONE, e le modifiche di massima da apportare ad ADONE perchè funzioni come un "pulse-stretcher".

#### 3.1. - Anello tipo EROS (Saskatoon)

La struttura magnetica, riportata in Fig. 1, è a race-track, con lunghezza 31.5 m e larghezza 17 m (il diametro di ADONE è 33 m). Le sezioni diritte senza campo sono 4, ciascuna lunga 5 m. La lunghezza totale dell'anello è  $\approx 85\text{m}$ .

#### Sezioni curve

- 8 x  $45^\circ$  magneti diflettori

Raggio magnetico

$$\rho = 2.5 \text{ m}$$

Indice di campo

$$n = 0.5$$

Apertura utile magneti

$$450 \times 50 \text{ mm}^2$$

Campo a 450 MeV

$$B = 0.6 \text{ T}$$

16 quadrupoli (8F + 8D)

Lunghezza quadrupoli

$$l_q = 0.75 \text{ m}$$

Raggio di gola

$$R_0 = 240 \text{ mm (apertura circolare)}$$

Densità di corrente

$$I = 4\text{A/mm}^2$$

Gradiente massimo quadrupoli

$$G_{\text{max}} = 100 \text{ G/cm}$$

Sezioni lunghe diritte

- 8 quadrupoli (4D + 4F) delle stesse caratteristiche.
- 4 sezioni libere di lunghezza  $l = 5$  m

Inoltre, gli elementi pulsati per l'iniezione e l'estrazione risonante radiale sono, con riferimento alla Fig. 1

- 4 Kickers                    P<sub>1, 2, 3, 4</sub>,
- 4 Quadrupoli pulsati    Q<sub>1, 2, 3, 4</sub>
- 3 Sestupoli pulsati     H<sub>1, 2, 3</sub>

La potenza totale installata risulta  $\approx 200$  KW.

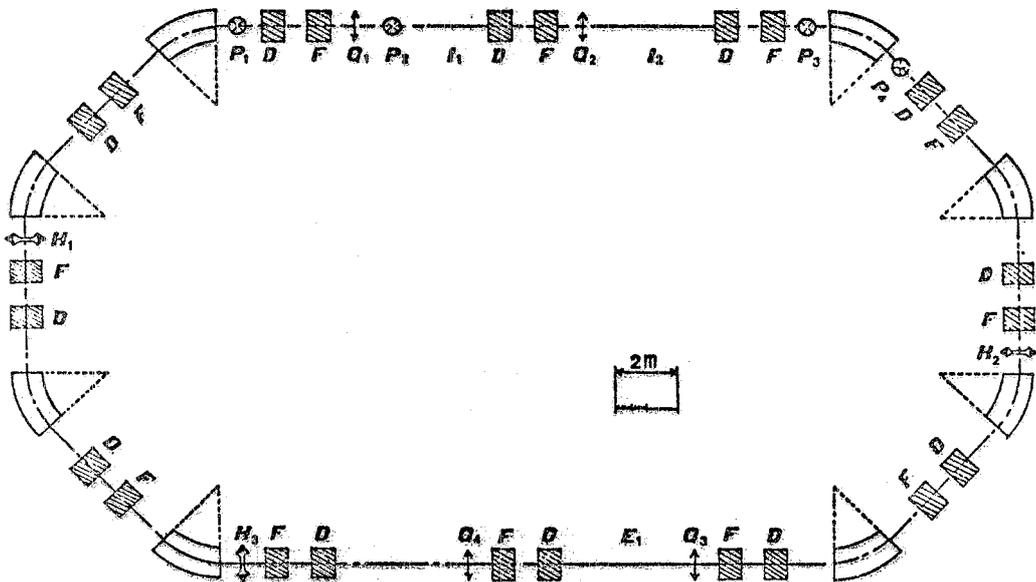


FIG. 1

La Tabella III mostra le caratteristiche del linac di Frascati nella forma attuale e dopo l'operazione di "pulse-stretching"

TABELLA III - Linac di Frascati e pulse-stretcher proposto.

	Presente	Proposto
Energia	350 MeV	500 MeV
$\frac{\Delta E}{E}$	1%	0.08% $\pm$ 2%
Lunghezza impulso	3.2 $\mu$ sec.	-
Frequenza ripetizione	200 Hz	-
Duty-cycle	0.0008	> 0.8
Emittanza radiale	10 mm m rad	30 mm mrad
Corrente	100 mA di picco	$\sim 60 \mu$ A

Nella Tabella IV è riportata una stima di larga massima dei costi di progetto, puramente indicativa degli ordini di grandezza delle singole voci.

TABELLA IV - Costi indicativi per anello tipo EROS.

8 magneti + 24 quadrupoli	700 ML (1976)
Supporteria e raffreddamento	160 "
Alimentazione	60 "
Altri elementi magnetici (sestupoli)	50 "
Vuoto ( $10^{-7}$ + $10^{-8}$ )	224 "
Controlli	250 "
Canali di trasporto	200 "
Lavori edili (preparazione sala e nuovi edifici)	330 "
Iniezione/Estrazione	200 "
Modelli ed attrezzature	50 "
Varie	40 "
Innalzamento energia (2 sez. linac)	800 "
<b>TOTALE con energia a 500 MeV</b>	<b>3.040 ML</b>

### 3.2 - ADONE usato come anello allungatore

Per utilizzare ADONE come anello allungatore occorrono in linea di massima due tipi di interventi:

- a) cambiamento dell'iniezione per passare a 200 Hz
- b) inserzione di elementi magnetici pulsati sull'anello per l'estrazione.

Questo comporta anche modifiche alla camera da vuoto (tratti in ceramica).

La prima modifica è necessaria anche nel caso di costruzione di un anello ad hoc.

La seconda modifica richiede un impegno precisabile solo in sede di progetto definitivo. Nella stima larga dei costi si è prevista l'inserzione di 4 quadrupoli pulsati e 4 sestupoli pulsati.

Un elemento potrebbe condizionare la qualità del fascio estratto ed è il seguente: una delle caratteristiche importanti di uno stretcher è la iniezione nel piano verticale allo scopo di fornire un fascio "bucato" nel piano orizzontale delle fasi ("hollow beam") con un rapporto più piccolo possibile tra area esterna ed area interna. In ADONE, l'iniezione avviene nel piano radiale, sfruttando tutta l'apertura della ciambella, che è di 240 mm contro i 60 mm in verticale; la possibilità di iniettare in verticale e così pure l'effetto complessivo di una iniezione nel piano radiale sono attualmente allo studio.

Per quanto concerne l'estrazione, è stato compiuto uno studio per correggere l'effetto della acromaticità naturale sull'emittenza del fascio estratto. Le conclusioni di questo studio prescrivono una distribuzione di sestupoli che assolve la duplice funzione di eccitare la risonanza e di annullare al I ordine l'effetto del  $\Delta p/p$ . Nell'ipotesi che non siano presenti non-linearità del campo entro una estensione radiale di  $\pm 5$  cm, l'emittenza del fascio estratto risulta dallo stesso ordine di grandezza di quella ottenibile in uno stretcher "tipo Saskatoon".

In Tabella V è riportata una stima di massima dei costi.

Per quanto concerne la compatibilità dei canali di estrazione con gli attuali canali già presenti od in corso di installazione in sala ADONE (Ladon e luce di Sincrotrone), sono state studiate due possibili uscite, raffigurate in Fig. 2.

La prima corrisponde al canale di Super ADONE ed implica la costruzione di edifici nuovi per le sale sperimentali (previsti nella stima dei costi).

La seconda utilizza la sezione dov'è attualmente installato il MEA con fasci diretti nella zona sperimentale del laboratorio LEALE, il che permette di sfruttare in parte edifici e strutture già esistenti, con un risparmio sulle cifre precedentemente riportate.

TABELLA V - Costi indicativi per ADONE come pulse-stretcher.

Elementi magnetici e adattamento strutture fisse ed alimentazione	200 ML (1976)
Modelli ed attrezzature	40 "
Impianti (raffreddamento ecc.)	50 "
Controlli	50 "
Modifiche camera a vuoto	60 "
Canali di trasporto	200 "
Lavori edili (nuovi edifici)	250 "
Iniezione/Estrazione	160 "
Varie	60 "
Innalzamento energia (2 sez. linac)	800 "
<b>TOTALE con energia a 500 MeV</b>	<b>1.870 ML</b>

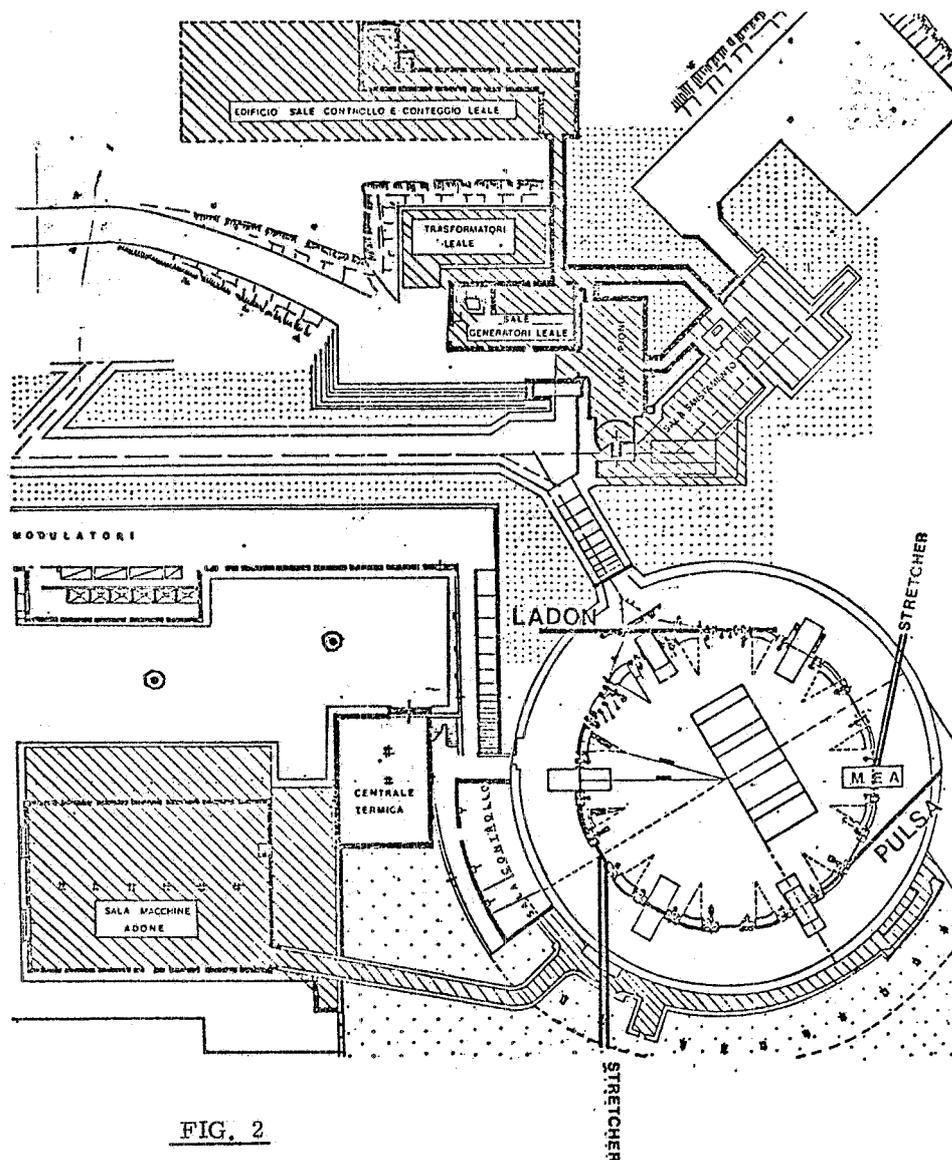


FIG. 2