

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-62/139 (1962)

G. Scaccia Scarafoni: I LABORATORI DI FRASCATI: IL COMPLESSO
EDILIZIO.

Estratto dal: Nuovo Cimento, Suppl. 24, 360 (1962)

PARTE IX.

I laboratori di Frascati.

CAPITOLO I

Il complesso edilizio.

G. SCACCIA SCARAFONI (*)

1. - Edificio dell'elettrosincrotrone.

Sin dal primo momento in cui furono rappresentate e discusse le caratteristiche e le esigenze dell'elettrosincrotrone (e.s.) apparve che la grande macchina avrebbe costituito il nucleo attorno al quale si sarebbero dovuti sviluppare tutti i servizi ed i laboratori occorrenti sia per il suo funzionamento che per il suo impiego. In effetti, tale criterio ha presieduto a tutta la distribuzione del complesso edilizio (Fig. IX.I.1) e, come il fabbricato centrale costituisce null'altro che l'involucro funzionale dell'e.s. con i suoi accessori più immediati (alimentazione ed esperienze), attorno ad esso hanno preso corpo i fabbricati contenenti tutti i servizi necessari per il funzionamento della macchina e degli apparati sperimentali e ad essi sono collegati in modo immediato da una serie di tubazioni, cavi e passaggi sotterranei o in superficie.

La costruzione che contiene l'e.s. (Fig. IX.I.2) è stata lungamente discussa da tutti i gruppi e dalla loro collaborazione è derivato il progetto definitivo, redatto nel dicembre del 1954, per il quale si dovette tener conto di varie esigenze tutte tassative e spesso contrastanti tra loro, risolvendo questioni topologiche e d'ingombro piuttosto difficili (v. anche Fig. IX.II.6).

La protezione del personale addetto al funzionamento o al controllo delle apparecchiature, dalle radiazioni dirette e diffuse dalla macchina, ha dettato la particolare disposizione della sala esperienze ad un livello superiore a quello delle sale di comando e di controllo. A questa si aggiungevano poi la necessità di poter raggiungere il magnete con le barre di alimentazione, con le acque di raffreddamento, con le numerosissime correnti di correzione, con i grossi canali da vuoto, con il deflettore d'iniezione e con i necessari controlli. Analoghe prescrizioni si prevedero per i magneti analizzatori e per le altre apparecchiature sperimentali.

(*) Istituto Superiore di Sanità.

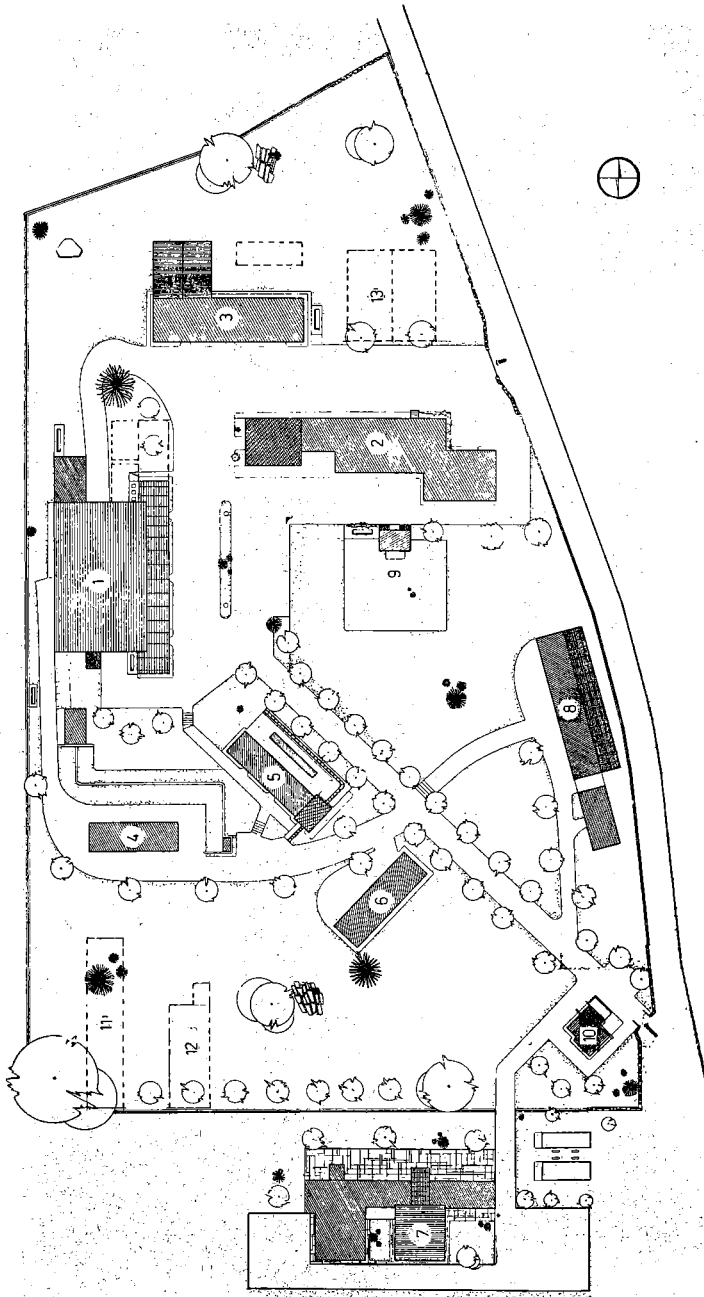


Fig. IX.r.1. - Planimetria generale (indicati a tratto discontinuo gli edifici costruiti dopo il 1959). 1) edificio sincrotrone; 2) edificio laboratori; 3) officine meccaniche; 4) laboratorio criogenico; 5) laboratorio criogenico; 6) laboratorio biologico; 7) mensa e foresteria; 8) magazzino e falegnameria; 9) serbatoio idrico; 10) portineria; 11) laboratori « Sud 1 »; 12) laboratori « Sud 2 »; 13) capannoni.

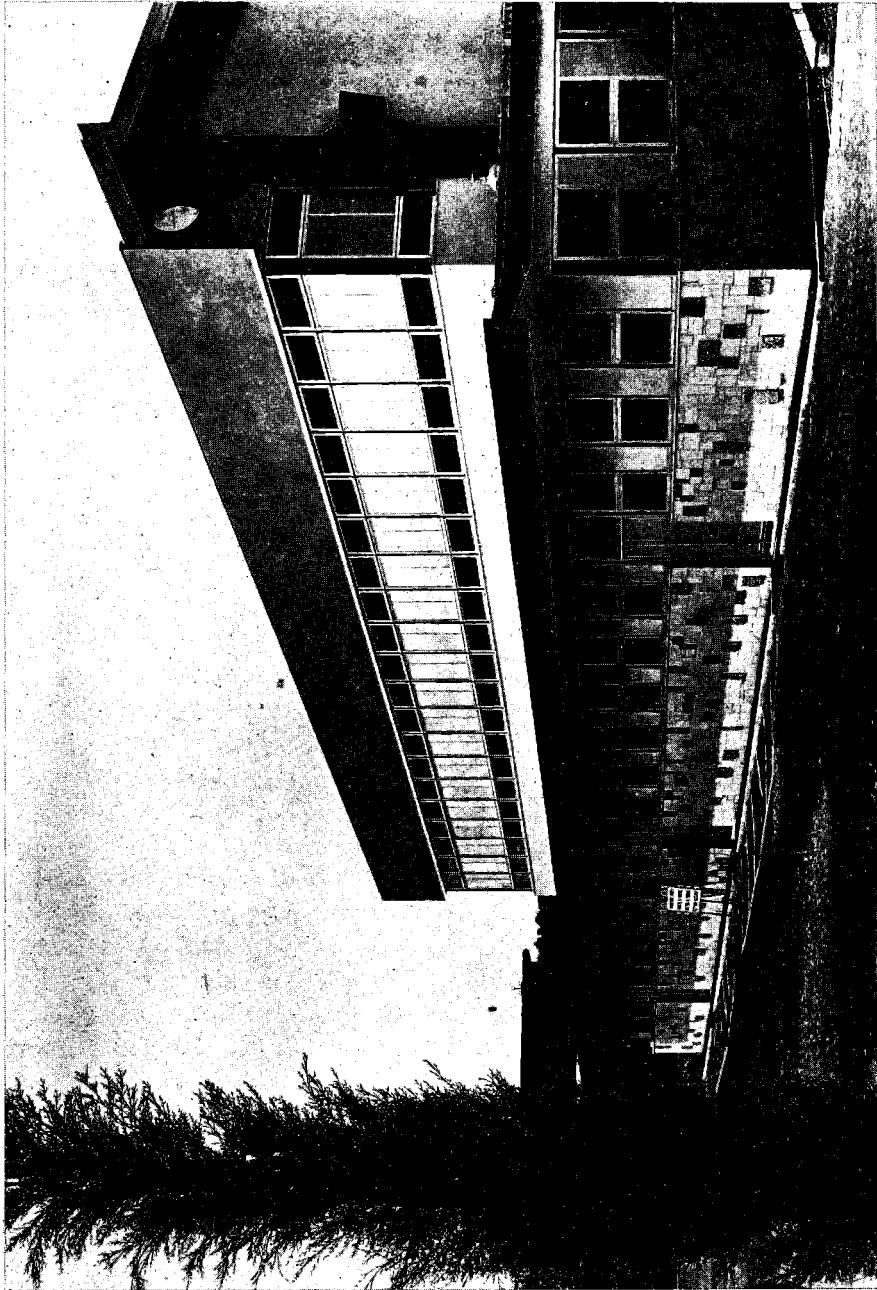


Fig. IX.1.2. - Edificio dell'elettrosincrotrone.

Queste esigenze portarono all'adozione, in un piano sottostante a quello della grande sala (Fig. IX.1.3), di un esteso sistema di cunicoli convergenti verso il centro del magnete e con sbocchi verso l'alto. A questo piano di servizi

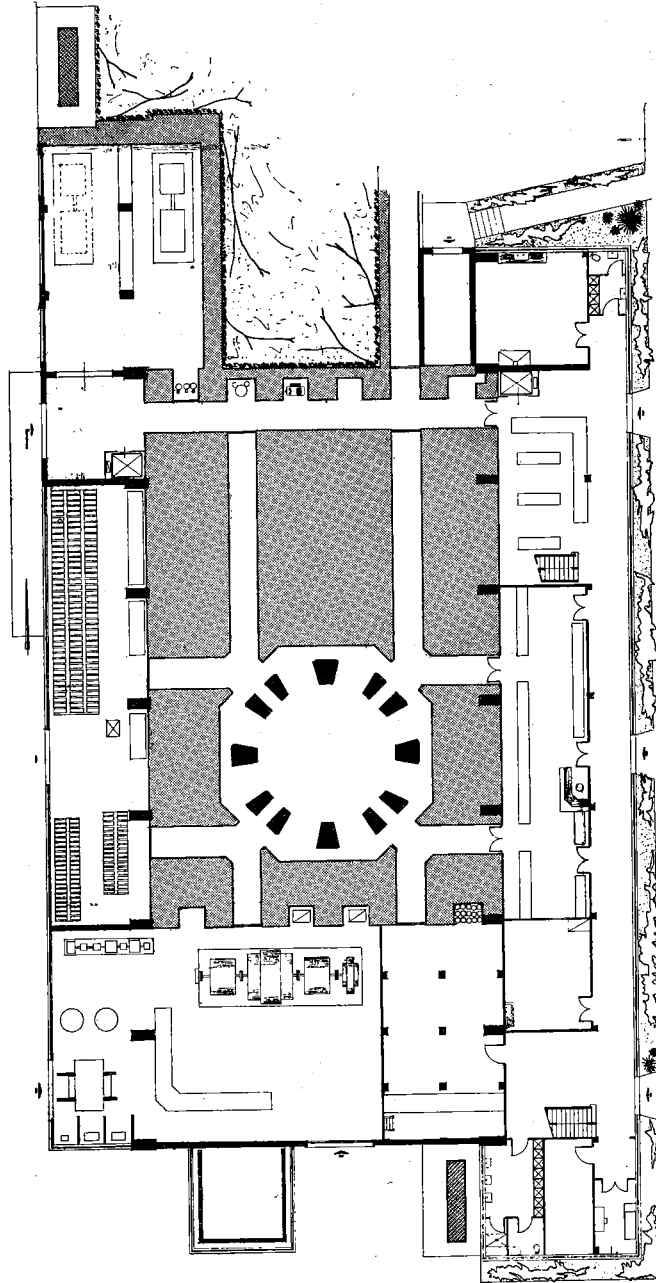


Fig. IX.1.3. - Edificio sincrotrone. Piano seminterrato.

si aggiunsero successivamente a quota ancora più bassa gruppi di canali, pozzi e piccoli ambienti per servizi ausiliari che dovevano essere assolutamente prossimi alla macchina.

Anche lo spazio soprastante il magnete e le sale di controllo venne utilizzato per la sistemazione di impianti accessori: in particolare la grossa gru a ponte, un esteso sistema di smaltimento dell'idrogeno e dell'aria calda diffusi dalle apparecchiature, il riscaldamento e la ventilazione dell'ambiente, il transito e la sosta di visitatori esterni.

Problemi da risolvere, che influirono anche sull'architettura e sulla distribuzione interna furono ancora quelli determinati da:

- la necessità di poter disporre intorno al magnete ed alle esperienze grosse schermature di difesa a carattere semistabile;
- la rigorosa prescrizione di avere per i quattro quadranti del magnete un supporto quanto più possibile rigido e stabile;
- la necessità di consentire ai fasci di raggi γ estratti dalla macchina di uscire dal locale per essere estinti al difuori in appositi pozzi (successivamente questa non fu più ritenuta così tassativa);
- la necessità di far pervenire al piano della sala i grossi automezzi recanti le parti delle macchine, i magneti, i blocchi costituenti gli schermi e tutte le attrezzature sperimentali imballate;
- la necessità di permettere l'arrivo nella sala di recipienti di idrogeno liquido, seguendo un percorso completamente indipendente da tutti gli altri e protetto;
- la sicurezza di poter permettere, in qualunque punto della sala, l'accumulo di carichi elevatissimi e, conseguentemente, avere resistenze del piano dell'ordine delle decine di tonnellate per metro quadrato;
- la necessità di avere un buon isolamento meccanico ed acustico fra l'edificio ed i vari componenti della macchina, e di questi fra loro, per eliminare la trasmissione di trepidazioni nocive per le apparecchiature e fastidiose per il personale presente.

Infine, prescrizioni minori che dovettero essere tenute presenti nell'esecuzione dei lavori, dando luogo talvolta a soluzioni singolari, furono quelle relative all'obbligo di allontanare il più possibile dai magneti masse metalliche e possibili sedi di correnti indotte, all'opportunità di rendere conduttivo il pavimento della sala esperienze per eliminare pericolosi gradienti elettrici ed alla necessità di consentire, con grande facilità e senza continue manomissioni delle strutture, ancoraggi per apparecchiature, tubazioni e caverie.

La natura del terreno disponibile, se creò difficoltà per alcune soluzioni, fu ideale per fondare i fabbricati ed i grossi basamenti delle macchine: sotto una coltre di terreno vegetale, un banco di lava di spessore variabile fra cinque e dieci metri ha permesso di realizzare carichi di $(4 \div 5)$ kg/cm² con assolute sicurezza e stabilità. Le strutture in calcestruzzo cementizio armato della

costruzioni poggiano direttamente sul banco e non hanno presentato difficoltà superiori al normale, in relazioni alle luci ed ai carichi spesso rilevanti delle travi e dei solai.

Però in questa rapida rassegna interessa più far menzione delle soluzioni tecniche speciali adottate per la sistemazione del magnete dell'e.s. e delle macchine di alimentazione.

Era necessario che i quattro quadranti del magnete (ciascuno del peso di 30 tonn completamente attrezzato) fossero sostenuti da supporti che lasciassero il maggiore spazio libero possibile intorno, che incorporassero gli ancoraggi del magnete con una precisione «ottica» e che mantenessero in modo sicuro tale caratteristica nel tempo, in modo da escludere qualsiasi deformazione nella geometria della macchina.

Si cominciò con l'escludere ogni relazione fra basamento e strutture portanti del fabbricato creando una fondazione a sè stante sul banco di lava anzidetto; tale fondazione ha una conformazione anulare del diametro esterno di circa 11 m, ed interno di 5 m, con un'altezza media di 3.30 m (Fig. IX.1.4). Essa è in calcestruzzo cementizio non armato di composizione accuratamente studiata — cemento di Scafa (a ritiro particolarmente basso) nella misura di 250 kg per m³ di impasto, — inerti di forma tondeggianti e scrupolosamente assortiti per avere il più alto rapporto pieni/vuoti ed aggiunta di sabbia calcarea fine, — dosatura di acqua non superiore al 5% in modo da ottenere calcestruzzo a consistenza di «terra umida» ed aggiunta di fluidificante per migliorarne la lavorabilità, — getto per strati di spessore non superiore a 40 cm eseguito senza interruzione e con vibrazione sistematica del calcestruzzo. Inoltre, per contenere entro il più basso livello possibile la temperatura della massa fu escogitato un complesso sistema di raffreddamento che aveva il compito di asportare il calore di idratazione del calcestruzzo evitandone il rigonfiamento e successivo lento riassetamento; una rete di tubi di eternit percorreva la fondazione e, collegata con un opportuno sistema di pompe e di serbatoi, fu percorsa da un ininterrotto flusso di acqua fredda per una settimana dopo il completamento del getto. La refrigerazione dell'acqua era a sua volta ottenuta sostituendone continuamente una frazione con colonne di ghiaccio, di cui era assicurato il rifornimento.

La temperatura dell'acqua di ritorno e le temperature in seno alla massa del basamento vennero sistematicamente rilevate: queste ultime a mezzo di tre termocoppie annegate nel calcestruzzo. Si osservarono sovralti termici di (3 ÷ 4) °C in luogo dei 25° ÷ 30° che si sarebbero avuti senza l'adozione delle speciali precauzioni.

Sopra la fondazione descritta si elevarono dodici pilastri, raggruppati con archi in quattro gruppi di tre ciascuno e con piani d'appoggio per i quattro quadranti del magnete e le apparecchiature adiacenti. Anche per queste parti in elevazione, realizzate in calcestruzzo (sempre rigorosamente privo di armature

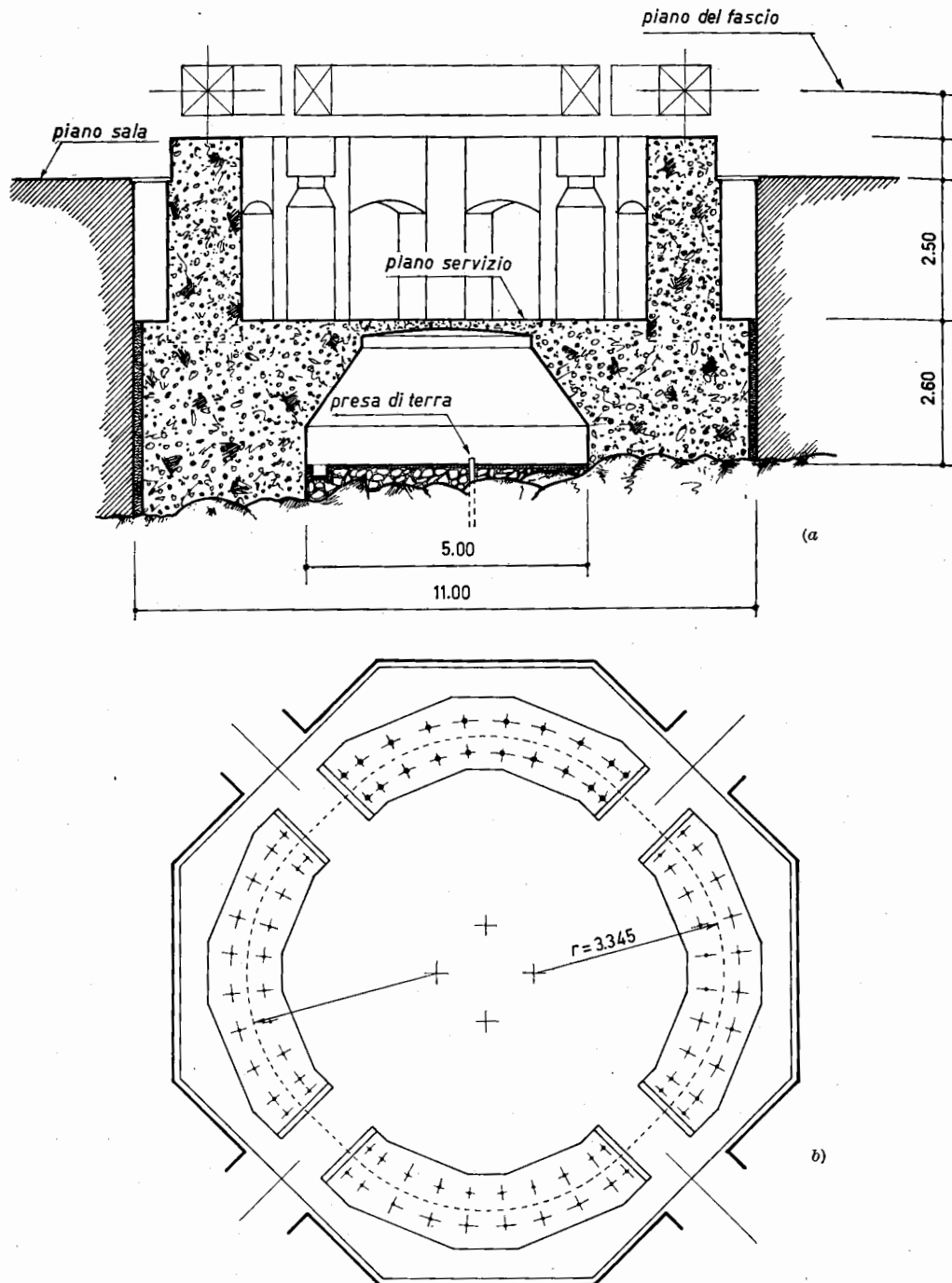


Fig. IX.1.4. - La fondazione dell'elettrosincrotrone. Essa, appoggiata su un banco di lava, ha una conformazione anulare con un diametro esterno di 11 m.

di ferro) furono osservate le medesime precauzioni che per la fondazione, ad eccezione del raffreddamento.

Tutto il lavoro del getto del basamento fu consigliato dal Prof. ARREDI dell'Università di Roma ma diretto e sorvegliato minuziosamente e continuamente dalla Direzione Lavori e dagli ingegneri del gruppo magnete, che per l'occasione istituirono un servizio di guardia.

In conclusione, il risultato di tante cure fu che le misurazioni, ripetutamente eseguite l'anno successivo a mezzo di un'apparecchiatura appositamente costruita, sulle piastrine di riferimento annegate nel piano d'appoggio del magnete, rivelarono sempre dilatazioni di termiche dell'ordine di 10^{-5} per grado, misurate sul diametro massimo del basamento (circa 10 m). I movimenti relativi di questo sono quindi inferiori a quelli propri dei materiali costituenti l'e.s.

A magnete montato ed eccitato sono stati fatti anche dei rilievi oscillografici sul basamento osservando vibrazioni di ampiezza appena percettibile, con una risonanza attorno ai 60 Hz. Tali vibrazioni non hanno mostrato di avere alcuna influenza sul funzionamento della macchina e non si trasmettono agli apparecchi di misura in funzione nelle sale di controllo, essendo completamente bloccate dal completo isolamento meccanico del basamento rispetto alle strutture dell'edificio che racchiude l'e.s.

Avvertenze dirette ad evitare interferenze del genere suddetto sono state osservate anche nella installazione dei macchinari di alimentazione e nelle altre apparecchiature accessorie. Ad esempio, il gruppo rotante principale per la conversione della corrente di eccitazione, che ha la potenza di circa 1000 CV, è completamente sospeso su materiali antivibranti insieme con il suo basamento contenente i cunicoli di ventilazione e le barre, per un peso totale di circa 40 t. Anche in questo caso si è riusciti ad interdire in modo completo la propagazione delle vibrazioni al resto del fabbricato ed ai locali di controllo.

2. - Altri edifici.

Tutte le altre costruzioni del centro (intese alla ricerca nucleare) sono più o meno direttamente dipendenti da quella che racchiude l'e.s. e ad essa sono collegate (Fig. IX 15) Per la necessaria compendiosità di questa relazione possono essere qui soltanto elencate:

- fabbricato direzione, laboratori, attrezzatura esperienze e magazzino generale;
- fabbricato officina meccanica, falegnameria e magazzini;
- laboratorio criogenico ed annessi;
- sottostazione di trasformazione elettrica e cabine;

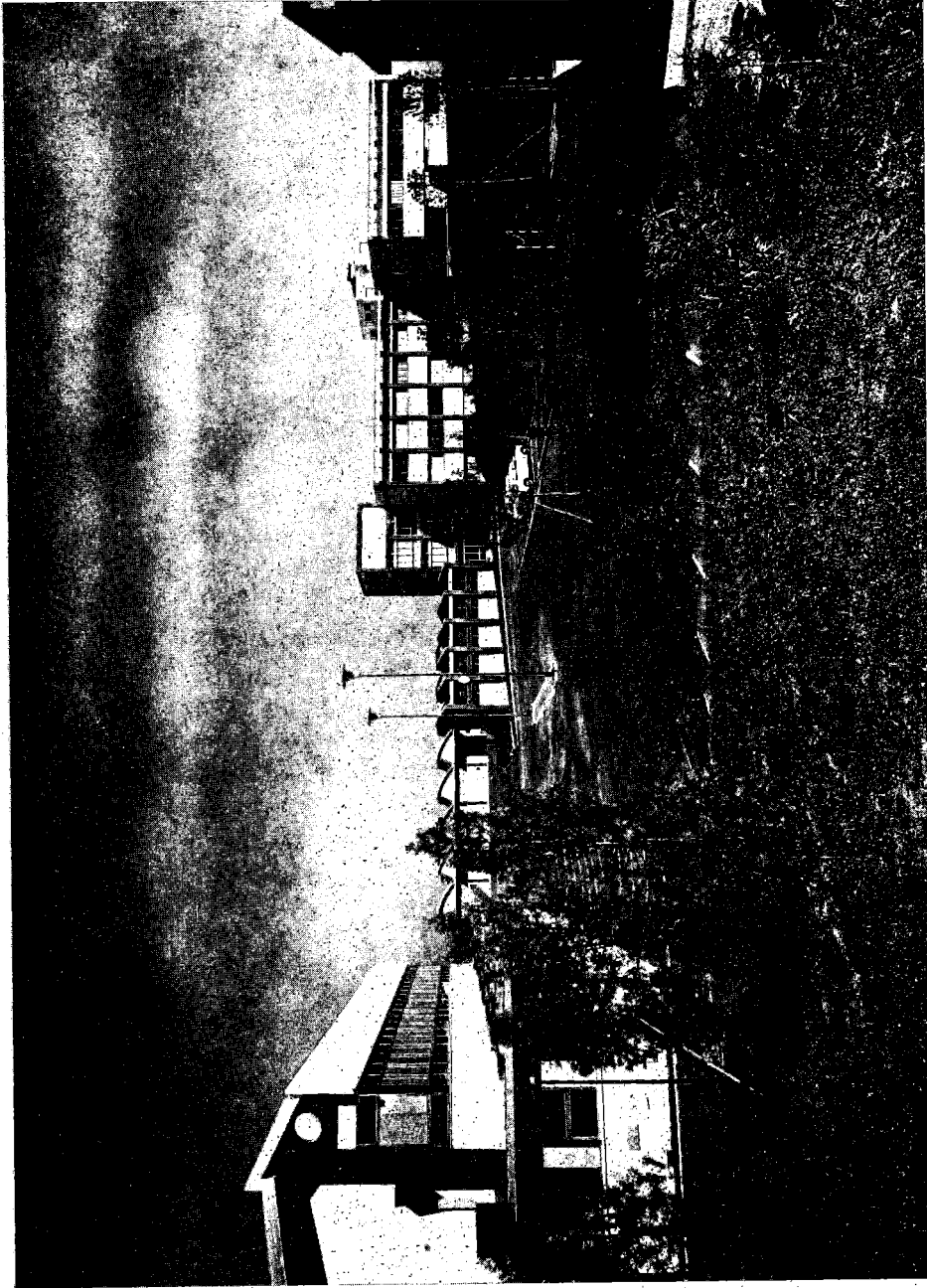


Fig. IX.1. 5 - Il piazzale centrale dei laboratori: a sinistra l'edificio sincrotrone; di fronte l'edificio laboratori; sul fondo le officine meccaniche.

- alloggiamento del reattore di protezione;
- serbatoio idrico e pozzo;
- deposito generale;
- autorimessa (ora provvisoriamente adattata a laboratorio biologico);
- portineria e centralino telefonico;
- mensa-soggiorno ed alloggi.

Si tratta quindi di un complesso organico, distribuito in modo razionale ed anche molto decoroso: infatti, ad una sostanziale rifinitura interna si è sempre cercato di far corrispondere prospetti esterni di chiara espressione e duraturi. Anche le sistemazioni varie e degli spazi verdi hanno contribuito a caratterizzare il complesso ed a migliorare le condizioni climatiche ambientali.

Molte particolarità sono occorse nella progettazione e nella costruzione degli edifici anzidetti e nella installazione dei relativi impianti di servizi generali o speciali: non è possibile accennare ad esse senza dilungarsi eccessivamente e perciò si rinvia chi desiderasse maggiori informazioni, agli esami degli atti di progetto, ai calcoli ed ai numerosissimi disegni di dettaglio elaborati dalla Direzione dei Lavori in corso d'opera, ora allegati agli atti di collaudo oppure conservati presso l'ufficio tecnico dei Laboratori.

Può tuttavia essere utile riunire qui alcuni elementi numerici riepilogativi del complesso edilizio (valori approssimati):

— superficie del terreno sistemato	m ² 50 000
— superficie delle strade	m ² 13 000
— volume complessivo movimenti di materie	m ³ 25 000
— superficie coperta con costruzioni	m ² 5 860
— volume complessivo delle costruzioni	m ³ 51 600
— superficie utile interna delle costruzioni	m ² 7 000
— capienza personale (anche servizi)	200 unità
— portata d'acqua complessivamente disponibile in modo continuo	m ³ /s 15
— volume complessivo serbatoi	m ³ 1 100
— potenza elettrica trasformata	kW 3 000
— durata complessiva dei lavori	4 anni e 6 mesi

Infine, sembra interessante mettere in evidenza che nella progettazione e nella condotta delle opere il fattore economico (spesso determinante, come è largamente detto in altra parte del presente rapporto illustrativo) fu sempre tenuto presente e risparmi di spesa furono realizzati ogni volta che fu possibile; ciò fu ottenuto specialmente con un continuo, rigoroso e minuzioso controllo tecnico-amministrativo dei lavori e degli atti contabili, delle forniture scorporate dagli appalti principali e soprattutto delle prestazioni di mano d'opera e di materiali liquidate in economia diretta. È da notare che il gruppo che ha provveduto alle progettazioni prima e poi alla direzione ed assistenza dei lavori fu costituito solamente da un ingegnere, un geometra ed un impiegato addetto alla contabilità: aiuti saltuari si resero necessari per alcuni calcoli

e per qualche serie di disegni, oltre che per consulenze speciali. Nell'ultimo periodo dei lavori (1957) iniziò la sua collaborazione in Frascati l'ing. R. CERCHIA, che dedicò la sua attività particolarmente agli impianti.

In conclusione, la spesa complessivamente occorsa per la realizzazione del complesso edilizio inteso come costruzione degli edifici, sistemazione degli spazi scoperti, installazione degli impianti generali (esclusa solo la trasformazione e la distribuzione dell'energia elettrica e dei telefoni), del pozzo, delle gru e dei basamenti dei macchinari nonché per tutta la mano d'opera ed i mezzi per l'assistenza alla posa degli impianti speciali e per la manutenzione dell'insieme per circa un anno, è ascisa a L. 750 000 000 ripartite approssimativamente come segue:

— costruzione, strade, fognature e gallerie	L. 400 000 000
— impianti generali ed opere scorporate	L. 264 000 000
— lavori in economia e di assistenza	L. 53 000 000
— spese tecniche e di gestione	L. 33 000 000

Risulta perciò una spesa unitaria di L. 14 500 per ogni metro cubo di costruzione, misurato vuoto per pieno, la quale, considerato il livello tecnico e di finitura degli edifici, degli impianti generali e delle particolari attrezzature, è molto contenuta. Si ritiene che, rinunciando a molti completamenti funzionalmente importanti, sarebbe stato possibile ridurre la spesa di costruzione del complesso dei laboratori e delle opere accessorie di non oltre il dieci per cento.