Rendiconti
Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
Memorie di Scienze Fisiche e Naturali
135° (2017), Vol. XLI, Parte II, Tomo I, pp. 109-139

ANNIBALE MOTTANA[1]

Madame Curie in viaggio nel 1918 attraverso l'Italia in guerra alla ricerca di radio per la diagnosi e la cura delle ferite

Abstract – Marie Curie's first travel to Italy took place from August 1st to August 19th, 1918. Starting from Pisa, she visited several thermal spa (S. Giuliano, Larderello, Montecatini, Ischia, Abano, Battaglia, and Lurisia) to end up at Ventimiglia. On August 18th, at Sanremo, she held a meeting with the Italian military hosts, where she gave a full relation of the results on radioactivity measurements performed under her indication on the above thermal waters by Camillo Porlezza, her accompanying guide and assistant. The purpose of Mme Curie's travel was of surveying the Italian potentials for radium and «*émanation*», since the Sankt Joachimsthal pitchblende, which had been the primary source of them for her *Institut du Radium* in Paris, France, had dried out because it was located in the enemy Austro-Hungarian Empire. The compelling reason was that her stocks had largely diminished as she had provided radium to her «*petites curies*» in order to supply immediate assistance to wounded soldiers and send them back to the front line. By contrast, the militarized Italian scientists who had invited her were eager to know the Italian potentials not only of radium, but also of helium, by which they could supply their dirigibles with a non-inflammable lifting gas substituting for hydrogen. At Lurisia, Mme Curie collected «*émanation*» from the Nivolano spring and autunite too from the local rock («besimaudite») in order to evaluate the possibility of opening a mining source of radium at a short distance from the French-Italian border and such as to be an alternative to Sankt Joachimsthal. Both projects were unsuccessful. The only positive outcome of Mme Curie's scientific visit to Italy and of her influence on the Italian planning was the foundation in Rome of an *Ufficio del Radio*, which years later contributed to support the research of Enrico Fermi's group working on nuclear physics.

Riassunto – Il viaggio, svoltosi dal 1° al 19 agosto 1918, tocca varie località termali italiane nelle quali Marie Curie ebbe modo di misurare la radioattività delle acque e valutare il possibile uso per estrarne il radio e la «emanazione», essenziali nella Sanità di guerra soprattutto come fonte di radiazioni per cicatrizzare ferite superficiali, secondo una procedura che

[1] Uno dei XL. Già Professore di Georisorse e Mineralogia Applicata all'Ambiente e ai Beni Culturali nell'Università «Roma Tre». E.mail: annibalemottana86@gmail.com.

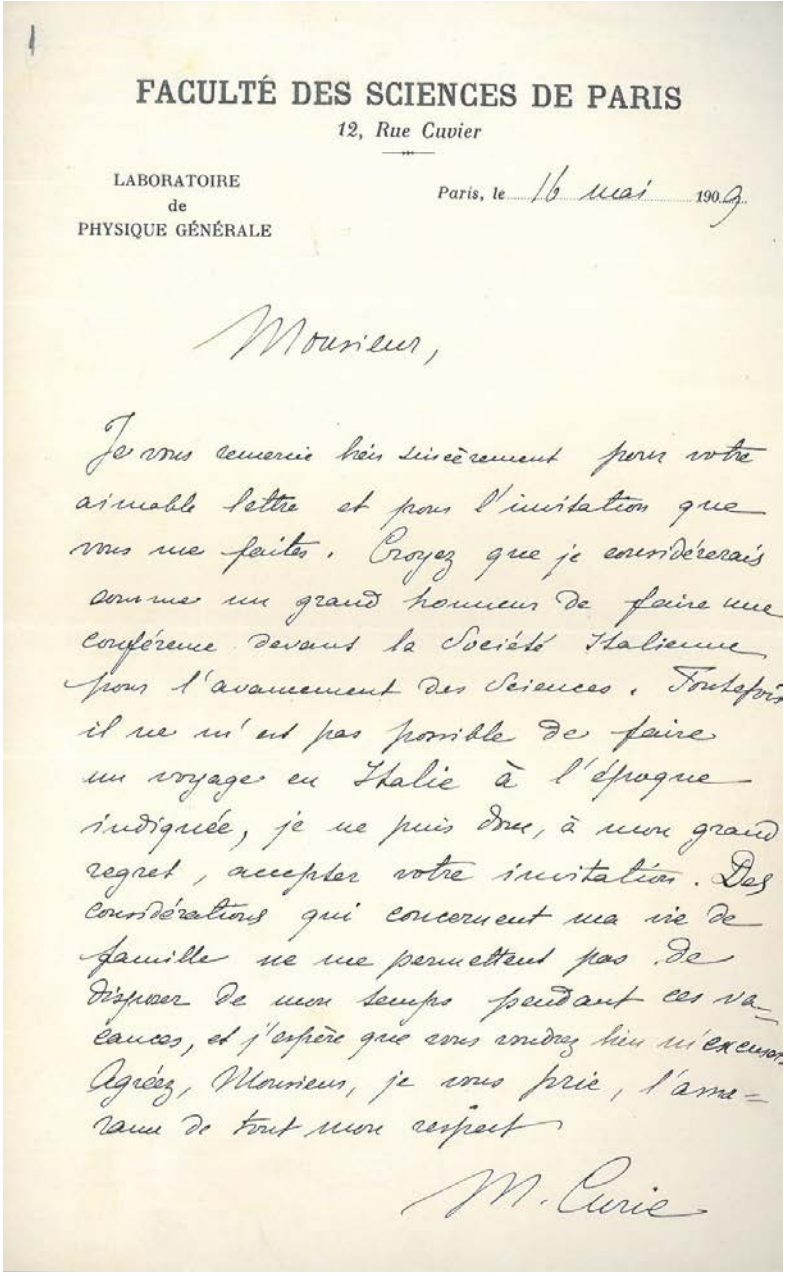
era ben vista dalle autorità militari non per motivi umanitari, ma per accelerare il rinvio di militari al fronte. Del radio Madame Curie aveva gran bisogno, perché il suo *Institut du Radium* di Parigi vedeva scendere le sue riserve, dato che mancava del tutto l'approvvigionamento dalle miniere uranifere di Sankt Joachimsthal, nella nemica Austria-Ungheria. Inoltre, fin dal 1914 ella ne aveva ridotto le scorte per averne dotato in piccolissima quantità le «*les petites curies*»: automobili private attrezzate con sistemi radioscopici per la diagnostica immediata delle ferite sottocutanee d'arma da fuoco. Madame Curie andò da S. Giuliano Terme presso Pisa fino a Lurisia presso Mondovì, attraverso Larderello, Montecatini Terme, Ischia e Battaglia Terme, sempre raccogliendo informazioni quantitative sulla radioattività delle acque («emanazione»). Nelle aspettative degli scienziati militarizzati che guidarono la sua visita attraverso l'Italia vi era non solo il radio, ma anche l'estrazione dell'elio dal gas dei lagoni toscani per rifornire i dirigibili e i palloni da osservazione. A Lurisia Madame Curie raccolse, oltre alla fortissima emanazione della sorgente Nivolano, anche autunite della locale «besimaudite» per valutarne la quantità di radio presente e la sua possibile estrazione. Il progetto di estrarre radio dall'autunite fallì, per le dimensioni troppo limitate del giacimento e fallì pure l'altro progetto di estrarre elio dai lagoni toscani. Unica conseguenza positiva, anche se indiretta, del viaggio fu la fondazione dell'*Ufficio del Radio*, versione italiana minore del parigino *Institut du Radium*. Tale ufficio, situato in Roma, risulterà determinante per le ricerche scientifiche del gruppo di fisici universitari guidato da Enrico Fermi.

Introduzione

Che cosa spinse Marie Curie nell'estate 1918 ad accettare quell'invito a visitare l'Italia che Vito Volterra le aveva rivolto fin dal 1909 e che, dopo che era stato da lei cortesemente declinato, lo stesso Volterra aveva ripetutamente reiterato, ma sempre senza successo? Perché non venne nel nostro paese quando vi regnava la pace sociale (anche se instabile e talvolta perfino esplosiva, nei due decenni a cavallo del secolo, a causa delle relazioni sempre tese tra borghesi e operai: cfr. Cerruti 1988) e l'economia era florida[2] e accettò, invece, di venirci allorché la prima guerra mondiale si avviava ormai alla fine, quando avrebbe visto un territorio mutilato da un arretramento del fronte, un ambiente politico in disfacimento, una popolazione sfiduciata e un esercito prostrato, da poco tornato ad essere tenacemente combattivo, perché tutto lasciava presagire che, alla fine e tra breve, il nostro sforzo sarebbe risultato vittorioso?

Del suo primo diniego Mme Curie aveva dato una motivazione gentile (Fig. 1), ma secca ed esclusivamente personale:

[2] Nel 1904, assieme al marito Pierre Curie le era stata assegnata la Medaglia Matteucci (per la Fisica) della Società Italiana delle Scienze (diventata ora questa Accademia, cambiando nome ma senza alcuna interruzione) e il 21 marzo 1909 (solo tre mesi prima di declinare l'invito di Volterra) era stata eletta (lei sola, perché Pierre era scomparso) Membro Corrispondente della Sezione di Scienze Fisiche e Matematiche dell'Accademia dell'Istituto di Bologna. A nessuna delle due cerimonie, pur se accettò le nomine, ella fu presente di persona, né partecipò mai ad alcuna seduta.



FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

12, Rue Cuvier

LABORATOIRE
de
PHYSIQUE GÉNÉRALE

Paris, le 16 mai 1909

Monsieur,

Je vous remercie bien sincèrement pour votre aimable lettre et pour l'invitation que vous me faites. Croyez que je considérerais comme un grand honneur de faire une conférence devant la Société Italienne pour l'avancement des Sciences. Toutefois il ne m'est pas possible de faire un voyage en Italie à l'époque indiquée, je ne puis donc, à mon grand regret, accepter votre invitation. Des considérations qui concernent ma vie de famille ne me permettent pas de disposer de mon temps pendant ces vacances, et j'espère que vous voudrez bien m'excuser. Agréez, Monsieur, je vous prie, l'assurance de tout mon respect

M. Curie

Fig. 1. Lettera con cui Marie Curie declina il primo invito rivoltole da Vito Volterra a visitare l'Italia (Archivio Accademia dei Lincei in Roma, Fondo Volterra – lettera del 16 maggio 1909 – foto: Annibale Mottana).

> «… il ne m'est pas possible de faire un voyage en Italie à l'époque indiquée … Des considérations qui concernent ma vie de famille ne me permettent pas de disposer de mon temps pendant ces vacances».

In realtà, le ragioni erano almeno due (e più profonde): stava organizzando la fondazione dell'*Institut du Radium* di Parigi (frutto di un accordo faticosamente raggiunto tra l'Università di Parigi dove ella insegnava e l'Istituto Pasteur) e, personalmente, non aveva né il tempo né la voglia (col carattere schivo che le era proprio) per apparizioni in pubblico. Poi, una volta formalizzata la fondazione dell'Istituto e iniziatane la costruzione nel 1911, manterrà salda questa giustificazione, che era basata su un motivo caratteriale e profondamente reale. L'assegnazione a lei sola del secondo premio Nobel, per la Chimica nel 1911, che la rendeva prima e unica donna a ricevere un riconoscimento internazionale tanto importante in una società profondamente maschilista come quella francese (e, più in generale, europea) d'inizio Novecento, nonostante la reazione dei ben pensanti alla pubblicazione su una rivista scandalistica delle lettere scambiate con Paul Langevin durante la loro «*liaison*» e l'ostracismo sociale che ne era seguito per «*l'étudiante polonaise*» che aveva osato sottrarre un brillante professore francese alla sua famiglia legittima. Queste sono le ragioni profonde, inespresse ma note a tutti, che possono ben spiegare la persistente ritrosia di Marie Curie a muoversi al di fuori dello stretto ambito del proprio laboratorio.

Accanto ai motivi caratteriali e ambientali, inoltre, continuava a esserci una ragione concreta che la teneva vincolata a Parigi: la necessità di costantemente visionare e dirigere la fine della costruzione prima e l'allestimento poi di un istituto bicefalo totalmente innovativo come si voleva che fosse l'*Institut du Radium*. Il piano terreno del nuovo spazioso edificio, infatti, era destinato alle ricerche scientifiche di fisica e di chimica sugli elementi radioattivi (*Pavillon Curie*), di cui Marie stessa era l'ispiratore e la guida, mentre quello superiore, diretto da Claudius Regaud, lo era a ricerche mediche di applicazioni della radioattività alla biologia e alla terapia (*Pavillon Pasteur*). Soprintendere alle ricerche di fisica e chimica era già un impegno gravoso in sé, ma era per Mme Curie l'assillo minore, poiché dominava l'argomento sotto ogni suo aspetto. Collaborare coi medici in un campo che non le era proprio e che le appariva piuttosto oscuro era un'altra faccenda, ben più impegnativa: questo era senza dubbio un buon motivo per sottrarsi a impegni internazionali, a inviti che talora lei vedeva (e probabilmente aveva ragione!) fondati su una malsana volontà di esibirla come un fenomeno da baraccone. E poi, nella sua acuta sensibilità di espatriata, anche se di propria scelta e ormai da lungo tempo, Marie Skłodowska Curie sentiva l'avvicinarsi della tempesta della guerra, tanto è vero che, invece di dedicarsi principalmente alle ricerche fisiche o chimiche, che considerava in gran parte ancora solo teoriche e, inoltre, non del tutto sue[3], tendeva a indirizzare sempre

[3] Il ricordo di Pierre e della sua tragica fine ricorre frequente nella sua corrispondenza e, probabilmente, era ancor più ricorrente nella sua mente (Curie 1923). Compagno di vita e di ricerca della studentessa polacca del 1893, diventata nel 1895 sua moglie e dal 1903 sua collaboratrice alla

di più sé e la sua sezione dell'Istituto a ricerche non tanto di fisica fondamentale, che in quel decennio vedevano il predominio dei ricercatori britannici e tedeschi, ma piuttosto a ricerche di fisica applicata di pubblica utilità (e non solo di indirizzo sanitario)[4], per dimostrare così coi fatti il suo attaccamento alla patria d'adozione[5].

Il giorno stesso in cui, dopo un mese di futili indugi e di malaccorti espedienti diplomatici, la guerra finalmente scoppiò anche sul fronte franco-tedesco (4 agosto 1914), Marie Curie si affanna anzitutto a proteggere i suoi cari. Invia le figlie Irène ed Ève in Bretagna, in un paesino sulla costa frastagliata tra Saint-Malo e Brest ben lontano dal confine, dove esse saranno ospiti di amici[6], e va lei stessa a portare al sicuro quello che, da scienziata, considerava il suo figlio prediletto, il suo radio campione (*«son étalon … de radium»*)[7] ben chiuso in una valigia di piombo. Va a Bordeaux: il più lontano possibile dalla Germania[8]. Solo dopo aver messo al sicuro i suoi cari, Marie ritorna a Parigi e si mette in azione per la difesa della Francia.

La radiologia e la guerra

Si intitola così il libro che Marie Skłodowska Curie (anzi Mme Pierre Curie, secondo la prassi francese di chiamare una donna sposata col nome e cognome del

pari dopo esserne stata per vari anni la dottoranda che meglio operava, Pierre Curie era morto il 19 aprile 1906 in strada, per una frattura al cranio dovuta a un investimento accidentale da parte di una carrozza.

[4] Questo non significa che nel *Pavillon Curie* non si facesse ricerca d'avanguardia, ma è un fatto che, nonostante il sostegno che non mancò mai da parte dello stato, fino al 1926 non ci fu più in Premio Nobel francese in Fisica. La fama di Mme Curie attraeva, comunque, molti giovani fisici, sia teorici sia sperimentali, tra cui anche vari italiani (e.g., Alessandro Artom, Gian Alberto Blanc e Ferdinando Gazzoni Frascara) che emersero nella società e nella cultura scientifica dei decenni successivi.

[5] È indicativa del suo stato d'animo una lettera a un anonimo amico polacco che Bronisław Biliński (in Picone & Biliński 1969 p. 22) trascrive traducendola in italiano: «Non potendo servire alla mia patria infelice, bagnata dal sangue dopo più di un secolo di schiavitù e sofferenze, ho deciso di prestare le mie forze alla mia patria adottiva, la Francia».

[6] Che la località scelta fosse davvero sicura non è certo: la Marina tedesca poteva in qualsiasi momento tentare un colpo di mano e sbarcarvi truppe per bloccare l'accesso alle isole del Canale, oppure addirittura a tutto il Canale della Manica.

[7] Era quella minuscola quantità di radio (alcuni milligrammi) che era riuscita, con gli sfibranti procedimenti chimici a umido tradizionali, a isolare da tonnellate di minerale d'uranio trattate nel corso della sua tesi e che costituiva (e tuttora costituisce) il campione di riferimento per il nuovo elemento. Si noti che nelle proprie memorie autobiografiche Marie fa qui riferimento al solo radio, e non al polonio, che aveva scoperto per secondo e che aveva voluto così denominare nel ricordo della sua patria d'origine: la Polonia era anch'essa coinvolta, suo malgrado, nel vortice di una guerra non sua, ma da cui uscirà indipendente e liberata dal giogo russo.

[8] Perché sia andata a Bordeaux e non a Montpellier, che è altrettanto lontana dal fronte e dove poteva affidare il suo campione di radio al cognato Jacques Curie, che insegnava Mineralogia in quella università, non è chiaro. Questo suo strano comportamento non è, comunque, un argomento neppure accennato nelle biografie della scienziata (Curie, 1938).

marito, anche dopo la vedovanza) pubblicò nel 1921 sulle sue esperienze di guerra. La descrizione di queste sue esperienze e, soprattutto, le conclusioni che ne trasse, le ripeté, pur se modificate in parte, anche in un libro contenente sia la biografia del marito sia alcune sue note autobiografiche che scrisse direttamente in inglese nel 1923, superando la sua timidezza, per dimostrare la sua gratitudine alle donne americane che le avevano donato 1 g di radio puro acquistato grazie a una pubblica colletta.

Il libro del 1921 è fondamentale per ricostruire *a posteriori* il processo mentale che indusse Marie Curie a visitare l'Italia. Considera anzitutto in tutti i dettagli l'importanza che la radiologia ha in guerra, ma si sofferma alla fine e approfondisce l'importanza ben più duratura che ha la radioterapia e, ancor di più, quella che ella chiama radiumterapia, ossia l'uso del radio e non dei raggi X nella cura dei malati. La sua esperienza di anni indicava, infatti, che se è importante diagnosticare rapidamente le ferite subite sul campo di battaglia (settore in cui i raggi X hanno un indubbio diritto di precedenza), altrettanto importante e forse ancor di più lo è il riparare il prima possibile le lesioni, poiché il processo di risanamento può essere lungo e tormentoso (e in ciò la radiazione nucleare è più efficace). Ma procediamo con ordine.

Claudius Regaud, il direttore del *Pavillon Pasteur* e condirettore con Marie dell'*Institut du Radium*, è richiamato alle armi come maggiore il 6 agosto 1914 e riceve l'incarico di allestire un ospedale militare. Qui incontra il radiologo Henri Coutard, allora sconosciuto ma che diventerà un pioniere dell'oncologia tramite roentgenterapia, ossia bruciando i tessuti cancerosi tramite un'esposizione ai raggi X. I due medici si trovano d'accordo sul fatto che i feriti in battaglia siano trasportati al più presto negli ospedali delle retrovie per essere curati e, anche, che per certe lesioni alle ossa il metodo diagnostico più sicuro sia la radiografia, ma si trovano di fronte a due difficoltà: l'esercito francese dispone di pochissimi radiologi e questi pochi sono collocati in ospedali lontani dal campo di battaglia. Inoltre, c'è il problema che gli strumenti radiologici in dotazione agli ospedali (il modello *Appareil Drault-Raoulot-Lapointe*, di fabbricazione industriale da parte di una ditta nazionale operativa dall'inizio del '900 e quindi di per sé già piuttosto antiquati) utilizzano come schermo una lastra di vetro privo di piombo fornito da una ditta tedesca che, ovviamente, non era più disponibile a fornire rimpiazzi. Questo problema sarà risolto, circa un anno dopo, da un altro medico ospedaliero, Charles Vaillant[9], che sostituì la lastra di vetro con un foglio di carta presensibilizzata, su cui in 4-5 secondi era impressa una nitida immagine in trasparenza dell'arto offeso. Alla radioscopia subentrava la radiografia, prima trascurata e considerata onerosa a causa del supporto permanente di vetro che usava e del trattamento che questo richiedeva.

[9] All'epoca, al Vaillant, che era ben noto per aver eseguito radiografie di un corpo umano intero (1,70 × 0,50 m), era già stato amputato un arto a causa di una radiodermite che lo porterà poi alla morte.

Il primo problema, invece, sembrava insolubile per l'organizzazione logistica dell'esercito francese, che era impreparata e ben povera. Ad esempio: per inviare urgentemente una brigata di fanteria in soccorso delle divisioni che contrastavano sulla Marna lo sfondamento del fronte da parte dell'esercito tedesco in avanzata[10], il comandante della piazza di Parigi, generale Joseph-Simon Gallieni, il 6-7 ottobre 1914 dovette requisire tutti i 1100 tassì della capitale, perché aveva esaurito tutti i treni disponibili e la sua dotazione di altri mezzi di trasporto era solo di 150 autocarri! Ogni tassì aveva trasportato dai 20 ai 30 fanti ed era stato pagato secondo tassametro per il viaggio d'andata e ritorno (circa 120 km). L'operazione, aleatoria e volontaristica, andò a buon fine, quella volta, e anzi ebbe un risvolto psicologico molto positivo sull'opinione pubblica, perché dimostrò sia l'ingegnosità sia la solidarietà di tutti i francesi nei momenti di pericolo, ma non poteva diventare un sistema permanente in una guerra che si cominciava a paventare lunga e difficile! Comunque, ancor prima di quella emergenza, Marie Curie, informata della gravità della situazione logistica dal collega Regaud, era già entrata in azione, per quanto le era possibile fare.

A Bordeaux, visitando l'ospedale, Marie si era resa conto dell'importanza della radiologia nell'esame e nella diagnosi delle ferite d'arma da fuoco, ma aveva anche capito di non averne nessuna cognizione approfondita: né della metodologia diagnostica né della strumentazione. Alla prima sua ignoranza aveva posto fine seguendo subito un corso accelerato che le fu impartito da Antoine Béclère, che era stato posto a capo di tutta l'organizzazione radiologica dell'esercito[11]. Conosciuta, dunque, la situazione generale e appresa bene la tecnica di manipolazione radiologica, Mme Curie la insegna subito alla figlia Irène (Fig. 2), che dall'ottobre 1914 (appena conclusa la prima battaglia della Marna) sarà il suo principale collaboratore in tutta la vicenda[12]. Dopo di che, previa rapida autorizzazione ottenuta dal ministero della guerra (16 agosto 1914), si fa nominare responsabile del servizio di radiologia della Croce Rossa. Il suo *Pavillon* diventa la sede di un corso intensivo in cui si insegnano agli assistenti radiologi le indispensabili conoscenze fisiche, tecniche e mediche di base che li metteranno in grado di manipolare i pazienti sottoposti ai raggi X senza subire loro stessi danni da radiazioni diffuse[13]. In due anni il corso fu

[10] È la prima battaglia della Marna, combattuta dal 5 al 12 settembre 1914 dall'esercito francese con il contributo di un forte contingente britannico. Costrinse i tedeschi a ritirarsi fino all'Aisne, dove si attestarono per tutto l'inverno 1914/15.

[11] Secondo un censimento delle attrezzature radiologiche fatto allora da Mme Curie, c'erano in Francia solo 175 reparti radiologici dislocati in 21 ospedali, tutti lontani dal fronte. Troppo pochi, quindi, per le necessità di un fronte esteso per oltre 1200 km, che va dalla Manica al confine svizzero.

[12] Irène Curie aveva solo 18 anni, ma era un carattere forte e un'organizzatrice capace: rimase a coordinare la distribuzione giornaliera al fronte delle ambulanze radiologiche volontarie (le «*petites curies*») anche quando la madre tornò a Parigi per insegnare alle nuove leve di tecnici manipolatori.

[13] Il numero di radiologi e assistenti radiologi (manipolatori) resi invalidi o addirittura morti per un'incauta esposizione ai raggi X durante il loro lavoro è indeterminato, ma sicuramente rilevante.

Fig. 2. Irène (a sinistra) e Marie (a destra) Curie nella loro tenuta protettiva e da lavoro nel laboratorio del Pavillon Curie, nell'Istituto del Radio di Parigi, in cui si trattavano materiali radioattivi (open source).

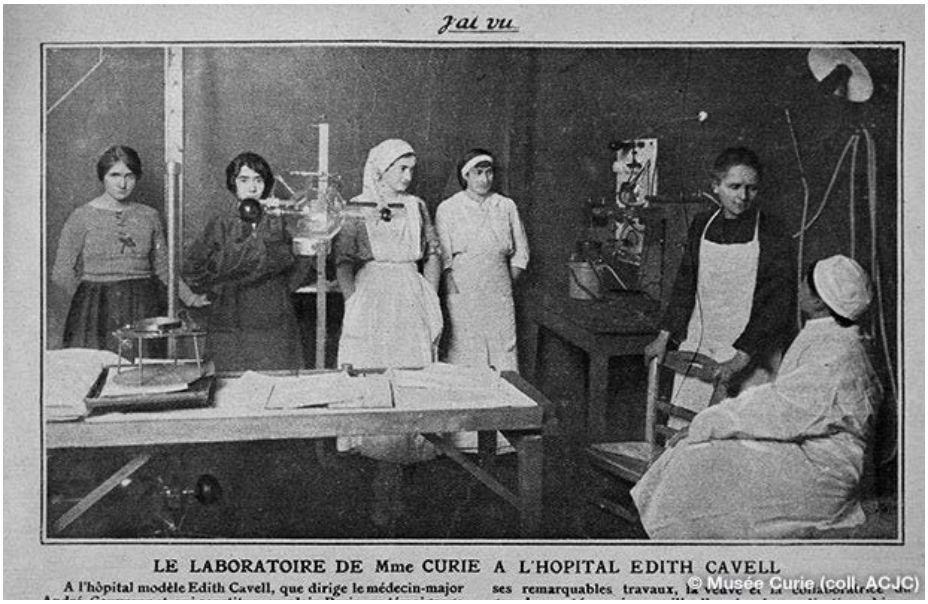


Fig. 3. Marie Curie (seconda da destra) mentre, nel laboratorio didattico dedicato a Edith Cavell del Pavillon Curie, insegna alle infermiere volontarie (in camice bianco) e alle nuove allieve infermiere (in camice scuro) il funzionamento di un impianto radiologico, di cui si riconosce il tubo di Crookes al di sopra del lettino (open source).

in grado di affiancare ai medici radiologi militari (alla cui preparazione provvedevano le università e gli ospedali) 150 aiutanti e tecnici manipolatori, tra cui un buon numero di donne, formatesi in una scuola professionale a parte (Figura 3) che Mme Curie volle fosse dedicata a Edith Cavell, un'infermiera della Croce Rossa britannica giustiziata dai tedeschi per aver favorito la fuga di prigionieri[14].

A sanare la sua seconda carenza, che era di tipo tecnico-industriale, provvede anzitutto Mme Curie stessa: smonta e rimonta più volte un impianto di raggi X di tipo ospedaliero, determinandone i difetti e suggerendo alle ditte fornitrici[15] le modifiche necessarie ad adeguarlo alle nuove condizioni in cui avrebbe dovuto operare. Doveva essere robusto, ma più leggero e, soprattutto, modulare, per essere facile e rapido da smontare, trasportare e rimontare nell'ospedale da campo dove si presentava l'urgenza di usarlo. Poco dopo, però, pensò a una soluzione più sbrigativa: portare l'intero impianto radiologico direttamente in prima linea, ossia far sì che l'esercito in zona d'operazioni fosse seguito da presso da ambulanze dotate di tutta l'attrezzatura per eseguire radiografie, fatte le quali i feriti erano smistati agli ospedali più idonei a curarli. L'esercito francese aveva già ambulanze radiologiche, ma antiquate e in numero insufficiente e, di fronte alla riluttanza dei militari di farne fare altre[16], che per lei era fastidiosa oltre che incomprensibile, Mme Curie si organizzò in privato, appoggiandosi sulla Croce Rossa e su organizzazioni caritatevoli volontarie, soprattutto femminili (*Union des Femmes de France*, *Patronage National des Blessés*).

Nonostante la cattiva fama che le era stata creata intorno, infatti, Marie Curie aveva un gran numero di ammiratori, soprattutto donne, cosicché le fu facile convincere facoltosi privati a mettere a disposizione le loro automobili per trasformarle in ambulanze radiologiche. In poco tempo le furono offerte circa 200 autovetture e tra queste ne approntò subito dieci, che entrarono in zona d'operazione il 27 agosto 1914: meno di due settimane dopo che era stata autorizzata a farlo! Poi, nel 1916, le vetture attrezzate salirono a 18, tutte scelte per la loro robustezza e la loro capienza, ma anche per la loro snellezza e semplicità di guida (Fig. 4)[17]. La vettura prescelta doveva potersi muoversi a 50 km/h anche su terreni sconvolti dalle bombe e avere un robusto telaio capace di sopportare un peso di circa 500 kg. Il carico era costituito da tre persone (un autista-meccanico, un medico radiologo e un tecnico

[14] Alla fine della guerra erano operativi circa 500 medici radiologi e più di 1000 aiutanti e tecnici manipolatori.

[15] In Francia erano due: la Drault-Raoulot & Lapointe, fornitore ufficiale dell'esercito, e la Dutertre. Quest'ultima, che si era affermata soprattutto come fornitore della marina militare, continuò a produrre apparecchi per radiologia fino agli anni '60. Vi erano, inoltre, parecchi laboratori artigiani in grado di assemblare e in parte costruire le componenti essenziali di un apparecchio radiologico a raggi X (cfr. Mottana 2017).

[16] Tra un'ambulanza e un cannone, entrambi costosi, i militari di ogni paese non esitano a preferire il secondo!

[17] Fino alla metà del 1916 Mme Curie non ottenne la patente e, perciò, poté figurare solo come uno del terzetto di operatori radiologici che erano a bordo di ciascuna ambulanza.

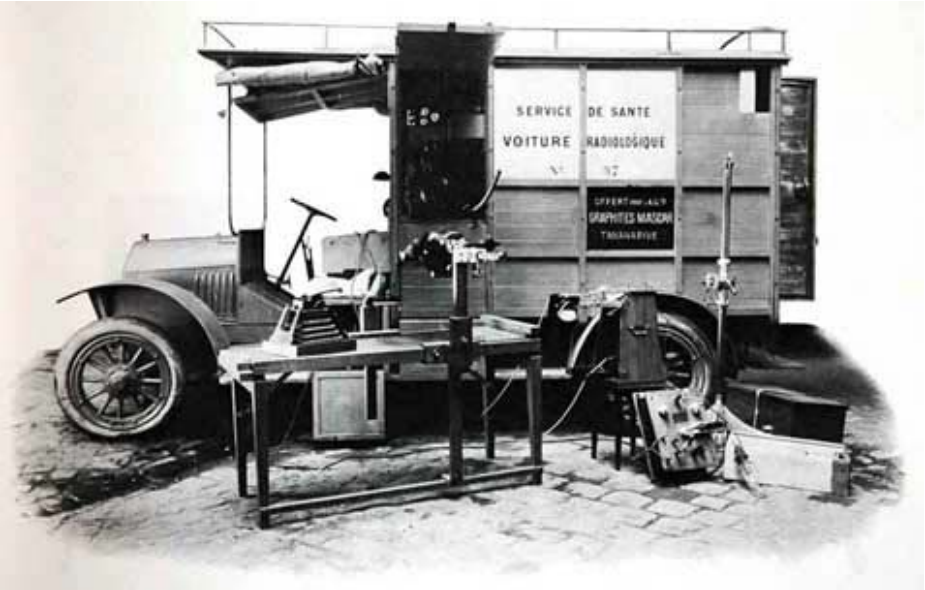


Fig. 4. Automobile civile attrezzata a vettura radiologica («*petite curie*»). L'attrezzatura necessaria per un esame radioscopico d'emergenza è dispiegata di fronte all'automezzo (open source).

manipolatore) e da tre componenti essenziali: (1) la dinamo, mossa dal motore dell'auto e da cui derivava un cavo lungo almeno 25 m che trasmetteva corrente da 110 V - 15 A (2) agli apparecchi radiologici (tubo di Crookes su supporto a treppiede non protetto costruito dalla citata ditta Drault Raoulot & Lapointe[18], schermo mobile e manovrabile a mano ideato dalla stessa ditta, pellicola sensibile, ecc.); (3) gli accessori (pesanti tende di tela nera per creare un vano oscurabile, tavola per far giacere chi si deve esaminare, cinghie per bloccare i feriti in delirio, reagenti chimici e, soprattutto, varie paia di guanti di gomma pesante caricata di barite per ridurre al minimo il danno indotto dai raggi X al manipolatore che mette e tiene il ferito in posizione durante tutto l'esame). Per impiantare l'attrezzatura, una volta trovato lo spazio libero ma protetto necessario, bastava mezz'ora. Si calcola che, con queste

[18] In altro lavoro (Mottana 2017) ho descritto le successive modificazioni che trasformarono l'originario tubo a discarica elettrica inventato nel 1857 da Heinrich Geissler, che forniva solo raggi catodici, nel tubo di Hittorf col quale Rőntgen scoprì i raggi X e poi nel tubo di Crookes e in quello di Coolidge. Il modello Drault, messo a punto in Francia e qui costruito dalla ditta suddetta, non è altro se non una evoluzione compatta del modello Crookes adattata in modo specifico alla radioscopia. La vera originalità dell'apparato industriale costruito dai francesi sta nel visore, che non è uno schermo fisso verticale o orizzontale, a seconda se il paziente è in piedi o disteso sul lettino, ma è vincolato al capo del medico e gli permette di muoversi e esaminare il corpo irradiato sotto tutti gli angoli visuali.

ambulanze, che i soldati chiamavano, affettuosamente, «*les petites curies*», nel corso della guerra furono esaminati sul posto oltre 600.000 feriti e di questi almeno 1200 lo furono da Mme Curie in persona, che senza esitazione utilizzava la radiazione del radio per cauterizzare le lesioni superficiali e sottocutanee[19]. Questo tipo di pericolosa terapia fu favorito dalle autorità militari, perché rendeva rapidamente disponibili al rinvio al fronte un buon numero di soldati, molti dei quali già esperti[20].

Fin qui la radiologia di guerra, così come la descrive Marie stessa nel suo libro. Ma nel corso di quei quattro anni le sue conoscenze sempre più affinate sull'effetto dei raggi X, combinandosi con quelle altissime che già aveva sulla radioattività e, inoltre, con la sua innata sensibilità per le sventure umane, la portarono a interessarsi profondamente della radioterapia (roentgenterapia) e della radiumterapia. L'ultimo capitolo del suo libro sulla radiologia di guerra (Curie 1921 pp. 125-139) è dedicato al progetto terapeutico ed è in esso che si trova la motivazione, inespressa, che l'indusse ad accettare l'invito di Volterra a visitare l'Italia in un momento conclusivo della guerra. Marie Curie aveva previsto che la fine della guerra sarebbe stata anche il momento iniziale per una lunga serie di interventi sanitari, vuoi per le conseguenze dirette delle cause belliche (lesioni di tutti i tipi) vuoi per ragioni indirette: esiti delle terribili sofferenze patite anche da chi, materialmente, non ha preso in mano nessuna arma, ma ha sofferto la fame e tutti gli altri pesanti disagi che uno stato di guerra comporta.

I raggi X, che sono generati in un tubo di Crookes sotto una tensione di circa 50.000 V, oltre a diagnosticare i danni sottocutanei (fratture, pallottole, schegge), possono sanare malattie della pelle (ulcere superficiali, macchie, peli, ecc.) e in rari casi arrivano anche a interagire con lesioni e tumori profondi (sarcomi), purché gli operatori siano specialisti: la radioterapia (o roentgenterapia), quindi, va fatta in un ospedale e in reparti speciali, isolati. La radiumterapia ha molte analogie con la radioterapia, ma deriva il suo irraggiamento dal radio, che spontaneamente decade in raggi γ, α e β. I raggi α e β hanno effetti piuttosto deboli e, comunque, molto inferiori ai raggi γ, la cui potenza è di gran lunga superiore agli stessi raggi X: essi

[19] Secondo Mauro Picone, Mme Curie fu una «eroina della guerra 1914-1918, durante la quale intrepidamente percorreva i campi di battaglia per curare col radio le ferite dei combattenti francesi» (in Picone & Biliński 1969 p. 12). In realtà, l'uso al fronte del radio per fini terapeutici immediati è affermato da varie fonti, soprattutto giornalistiche, ma non trova conferma, se non eccezionalmente, in documenti militari e medici coevi. Molto di ciò che riguardò la truppa, durante la prima guerra mondiale, rimane oscuro, anche perché è volutamente mascherato dalla smania di mettersi in mostra dei superiori. In Italia, solo negli ultimi tempi si sta provvedendo a ristabilire l'equilibrio delle fonti informative raccogliendo e diffondendo diari, memorie e lettere di soldati semplici e di graduati di truppa.

[20] L'esempio di attività fondamentalmente privatistica di Marie Curie fu seguito dai radiologi italiani. Anch'essi si organizzarono tramite autovetture private e secondo tecnologie radiologiche più moderne di quelle messe in opera dall'esercito. Questo argomento è ampiamente trattato da Mottana (2017).

massimizzano il rischio non solo per chi è trattato, ma anche per colui che lo tratta. Essendo il radio la sorgente intrinseca di tutte queste radiazioni, per essi non c'è bisogno di un complicato sistema elettrico di generazione artificiale: basta che il radio sia inserito in un tubicino di vetro o di metallo chiuso ermeticamente e irradia spontaneamente attraverso la parete del contenitore, che lascia passare i raggi γ. Ciò permette di dosare opportunamente il radio necessario e di inserirlo col suo contenitore a diretto contatto col tessuto malato. Ma il radio è molto costoso, così come lo è il «mesotorio»[21], mentre per molte applicazioni mediche di minore invasività si può ricorrere ai soli raggi α, generati o da pochissimo cloruro di radio diluito e disperso in una vernice incollata su una placchetta («*sel collé*») oppure prodotti essi stessi da certe acque termali in forma di gas radioattivo («*émanation du radium*»)[22]. L'effetto dell'emanazione dura molto meno a lungo (3,8 giorni), ma il costo del trattamento è enormemente minore rispetto a quello con radio[23]. In Francia, però, tutta l'emanazione si ricavava da radio (conservato all'*Institut du Radium* sotto forma di soluzione di cloruro di radio)[24]. Ce n'era ormai poco, perché lo stato di guerra non aveva permesso di svilupparne l'estrazione e il raffinamento, non essendoci più il rifornimento da Sankt Joachimsthal, in Boemia, nella nemica Austria-Ungheria[25]. Lo

[21] Così era chiamato, ancora negli anni '20, l'isotopo 228 del torio, radioattivo, benché il concetto di isotopo fosse già stato introdotto nel 1913 da Frederick Soddy.

[22] Scoperta ma non ben caratterizzata da Pierre e Marie Curie nel 1898 e isolata nel 1900 da Friedrich Ernst Dorn, che la considerò un nuovo elemento gassoso, solo nel 1923 questa emanazione gassosa del radio fu riconosciuta essere l'isotopo 222 del radon.

[23] Nel 1921 il costo di 1 g di Ra, raffinato industrialmente dalla carnotite dei giacimenti dello Utah e del Colorado, si aggirava intorno a 100.000 US$. Marie Curie era pienamente cosciente del valore del metallo puro che, assieme al marito quando egli ancora viveva, aveva depositato in Francia, eppure nelle sue note autobiografiche del 1923 si esprime esattamente così: «*As for the radium prepared by me out of the ore we managed to obtain in the first years of our work, I have given it all to my laboratory. […] So it is a fortune which we have sacrificed in renouncing the exploitation of our discovery, a fortune that could, after us, have gone to our children. But what is even more to be considered is the objection of our many friends, who have argued, not without reason, that if we had guaranteed our rights, we could have had the financial means of founding a satisfactory Institute of Radium, without experiencing any of the difficulties that have been such a handicap to both of us, and are still a handicap to me. Yet, I still believe that we have done right*.» All'epoca, la filantropia non era insolita tra i veri scienziati: anche W. Röntgen non brevettò la sua scoperta e donò l'intero ammontare del premio Nobel da lui ricevuto all'Università di Würzburg (Mottana 2017).

[24] Tutto questo capitolo, così come la distinzione stessa tra radioterapia (o roentgenterapia, perché chi l'aveva sviluppata erano stati soprattutto i medici tedeschi e austriaci) e radiumterapia (sviluppata soprattutto all'*Institut du Radium*), risente moltissimo dall'ancora incerto stato d'avanzamento della Fisica (a maggior ragione della Fisica medica) nel momento in cui fu scritto (Curie 1921). Erano già note alcune proprietà essenziali della radioattività, come i tre tipi di radiazioni emesse, ma non si sapeva ancora che il cosiddetto «mesotorio» è un isotopo del torio e che la cosiddetta «*émanation*» non è altro che un isotopo del radon. Per un approfondimento su questo momento della Fisica dei materiali radioattivi si vedano Mottana & Nastasi (2015) e Mottana (2017).

[25] Era lo scarto della pechblenda lì cavata nella miniera di piombo-argento e che si produceva quanto essa era trattata per estrarne d'uranio usato per colorare ceramiche. Quindici anni prima,

stato delle finanze dell'*Institut* faceva fatica ad acquistare sia il minerale grezzo dal Portogallo (dove c'era un notevole tenore di radio nel minerale di wolframio estratto ed esportato dal giacimento di Panasqueira) sia dagli USA, paese alleato, che ne aveva sviluppato l'industria sia mineraria sia di raffinazione chimica a partire dalla carnotite dello Utah e del Colorado[26]. In entrambi i casi, inoltre, esisteva la possibilità, soprattutto nelle fasi finali della guerra, che il minerale acquistato a caro prezzo all'origine finisse in fondo al mare, perché le navi da carico che trasportavano rifornimenti alla Francia e alla Gran Bretagna erano quelle più braccate dai sottomarini tedeschi.

La situazione era tale per cui si può ben capire l'interesse di Mme Curie a visitare le sorgenti termali italiane che erano una vicina fonte di emanazione trasferibile in poco tempo e senza ostacoli in Francia e, soprattutto, a esaminare il prodotto estratto del giacimento di autunite di Lurisia, la cui scoperta risaliva a pochi anni prima (Lincio 1913). Di questa località mineraria, vicina al confine franco-italiano e facilmente accessibile, non si conosceva l'estensione, ma solamente la presenza del minerale uranifero e la fortissima radioattività dell'acqua defluente dalla galleria della piccola cava di pietra per «lose» (= gradini, lastroni, usati per rivestire i tetti) che era stata aperta sul versante Nord della montagna in un luogo chiamato Nivolano, non lontano dal torrente che scende a Lurisia (cfr. Mottana & Nastasi 2015). Nel suo libro del 1921 Mme Curie non ne fa alcun cenno, ma l'insistenza con cui nel 1918 volle visitare questa località, eletta a tappa conclusiva del lungo viaggio attraverso l'Italia, rende, comunque, la sua motivazione palese.

Il viaggio attraverso l'Italia

Il 1° agosto 1918 alle 3.30 del mattino Mme Curie arriva alla stazione di Pisa, provenendo da Parigi attraverso Ventimiglia e Genova. Ad attenderla non trova le autorità scientifiche e militari che avevano sollecitato la sua venuta in Italia, ma solamente un ufficiale di grado inferiore: il sottotenente Camillo Porlezza (Fig. 5a)[27],

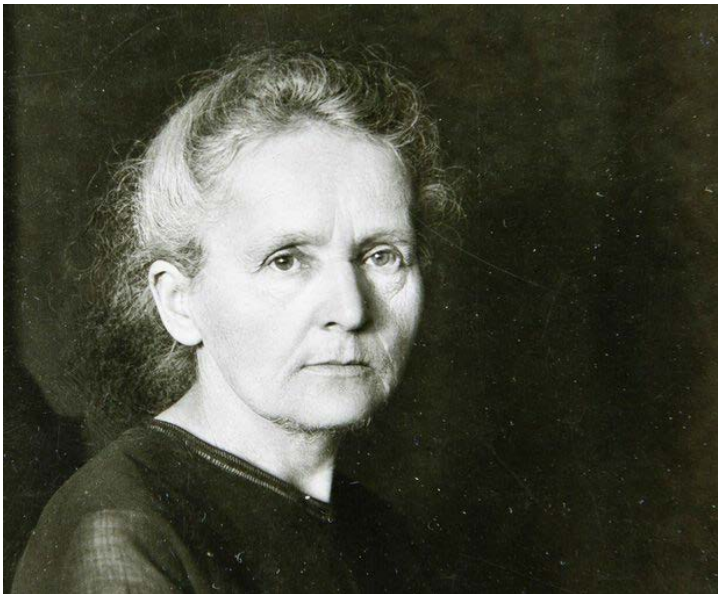
in tempo di pace, alla povera polacca studentessa di Fisica che l'aveva richiesto per la sua tesi di dottorato era stato fornito addirittura gratis! Poi, dopo la scoperta del radio e del polonio, era diventato un prodotto minerario strategico d'altissimo pregio.

[26] Il generoso dono delle donne americane fu consegnato a Mme Curie il 20 maggio 1921 alla Casa Bianca dal presidente Warren G. Harding, nel corso di un viaggio da lei compiuto assieme alle due figlie proprio allo scopo di procacciare maggiori fondi per il suo *Institut du Radium*.

[27] Vent'anni dopo egli pubblicò un'accurata relazione quasi giornaliera della visita, che è quella qui seguita. A spingerlo a farlo fu la frase noncurante che si legge nella biografia di Marie Curie scritta dalla figlia Ève: «Nel 1918, dietro domanda del Governo Italiano, compie una missione nell'Italia del Nord dove studia le risorse del Paese in materie radioattive» (Curie 1938 p. 325). Troppo poco e inesatto, secondo Porlezza (1939 p. 3). La sua relazione, molto più estesa, apparve due volte: una prima in una rivista a scarsa diffusione, il 26 novembre 1938 (Fig. 6), e una seconda, in forma di estratto, nel 1939. Molto più tardi, Porlezza riprese l'argomento della visita di Mme

Fig. 5. (a) Camillo Porlezza in età di circa 30 anni, come risulta dalla sua carta d'identità; (b) Marie Curie all'età di circa 50 anni (open source).

a)



b)

TERME E RIVIERE

GIORNALE DELLA SCIENZA E DELL'INDUSTRIA IDROCLIMATICA

Ufficiale per gli Atti della Federazione Nazionale Fascista dell'Industria Idro-Termo-Climatica

Fondatore Direttore: VINCENZO LISCHI

Abbonamenti

ANNO XXXVII — N. 22 — XVII dell'Era Fascista

Nel quarantennio della scoperta del radio

La Mostra autarchica del minerale italiano

La missione della Signora Curie in Italia nel 1918

MARIA CURIE

Bagni S. Giuliano

Larderello

Bagni di Montecatini

Ischia

Rapporto della Signora Curie sul suo viaggio in Italia

(Autografo)

Fig. 6. La pagina d'apertura del n. 22 di «Terme e Riviere», datato 20 novembre 1938-XVII, con l'articolo in cui Camillo Porlezza ricorda la visita di Mme Curie in Italia di vent'anni prima. Notare il ritratto di Mme Curie, la fotografia dei visitatori sulla porta dell'edificio della direzione a Larderello e, in basso, la riproduzione della minuta autografa della relazione finale di Mme Curie, da lei donata a Porlezza dopo la trascrizione qui riportata in Appendice (foto: Annibale Mottana).

assistente anziano (era già libero docente) della cattedra di Chimica generale dell'Università di Pisa, di cui era allora titolare il professor Raffaello Nasini, qui trasferitosi nel 1906 per poter seguire da vicino, di persona e con allievi di sua fiducia, l'attività chimica ed elettrotecnica in corso nel campo geotermico di Larderello, dopo che a Padova aveva seguito con altrettanta sagacia e tramite ottimi allievi lo sviluppo delle Terme Euganee[28]. Proprio lì Nasini aveva acquisito, nel corso degli anni, una notevole esperienza sulla radioattività e sul degassamento delle acque sotterranee e l'aveva poi trasmessa a suoi allievi pisani e, in particolare, a Porlezza, assieme alla strumentazione che egli stesso aveva utilizzato. Poiché Mme Curie era arrivata in Italia sprovvista di strumenti di misura, sarebbero stati utilizzati nel corso della sua visita proprio quelli dell'Istituto di Chimica di Pisa che erano – Porlezza lo ammette onestamente:

> «… un po' antiquati, ma che già avevano servito per tutte le indagini compiute sotto la guida del mio compianto Maestro Professore R. Nasini[29], che erano stati accuratamente campionati, e che si prestavano assai bene per il trasporto e le misure sul posto» (Porlezza 1939 p. 6)[30].

Prima di allora Porlezza non aveva mai vista Mme Curie e restò profondamente impressionato da quella figura femminile con cui avrebbe dovuto condividere due o tre settimane di intenso lavoro. Alla stazione gli apparve una (Fig. 5b):

> «… cinquantenne … visitatrice stanca … piccola donna timida … scienziata poveramente vestita … figura ascetica, fragile nell'aspetto, vigorosa e inflessibile nell'adempimento della sua opera …» (Porlezza 1939 p. 6).

Probabilmente si aspettava un'autoritaria gentildonna resa più imponente dai galloni del Premio Nobel, ma fu disingannato. Rimase poi del tutto sconcertato quando, rifiutata con decisione l'offerta di essere portata in un albergo a riposare, Mme Curie volle essere condotta immediatamente a S. Giuliano Terme per collaudare gli strumenti e confrontarne i risultati ottenuti sotto i suoi occhi con quelli che oltre dieci anni prima erano stati pubblicati da un gruppo diretto da Angelo Battelli,

Curie in una commemorazione tenuta ad Ischia in occasione di un congresso internazionale di balneologia (Porlezza 1958), lasciando però ancora alcune imprecisioni che potevano dare adito a incomprensioni e che furono da lui corrette nel 1959, quando ritenne addirittura necessario pubblicare un articolo straordinario per precisare i fatti.

[28] Un sunto dell'attività svolta dalla scuola padovana, in area euganea e in altre località italiane, con considerazioni valutative di notevole spessore, si trova in due tardi lavori di Nasini (1928, 1930).

[29] Raffaello Nasini era morto nel 1931, ma era andato in pensione nel 1929 e la sua cattedra di Chimica generale era stata presa proprio da Porlezza, che si tenne come incarico anche Chimica farmaceutica, di cui era titolare dal 1925.

[30] Eccezionalmente, per Ischia, per effettuare misure di confronto, si pensò di usare anche gli strumenti della Scuola d'Ingegneria di Napoli già usati più volte nell'isola da Oscar Scarpa, «… ma disgraziatamente tali strumenti si guastarono e non si poté effettuare quel controllo multiplo che si aveva in animo di fare». (Porlezza 1939 p. 10). C'è un'evidente soddisfazione nelle parole con cui Porlezza riferisce questo infortunio. Invece, gli strumenti pisani da lui usati si erano rivelati all'altezza di quelli usati dai ricercatori tedeschi dodici anni prima (cfr. Engler & Sieveking 1907).

docente di fisica ormai defunto[31]. Era quasi una sfida – fisici contro chimici – ma sia Porlezza sia la sua strumentazione furono all'altezza della situazione.

A S. Giuliano, Battelli e i suoi avevano usato un complesso impianto basato sull'elettroscopio del tipo trasportabile, disegnato nel 1887 dal meteorologo austriaco Franz-Serafin Exner per misurare l'elettricità atmosferica, che due fisici tedeschi, Julius Elster e Hans Friedrich Geitel[32], avevano adattato nel 1904 alla misura della radioattività. Con questo elettroscopio, nel 1905 il fisico tedesco Carl Oswald Engler aveva effettuato una sistematica campagna di misura dell'emanazione in varie stazioni termali distribuite lungo tutta la penisola italiana (Engler & Sieveking 1907 pp. 10-12 e p. 14).

La conclusione di Battelli *et al.* (1906 p. 292) era stata che:

> «… la radioattività delle acque termali di S. Giuliano è dovuta a un materiale radioattivo molto energico che ha un'emanazione di caratteri simili a quella del radio, ma che si distingue da essa per la sua durata e per la durata della sua radioattività indotta sui pezzi metallici».

C'è davvero, nelle acque di S. Giuliano, una radioattività maggiore di quella del radio e tale da renderle interessanti ai fini di una ricerca industriale? Quelle acque termali solfato-alcalino-terrose derivano da una falda che percola nel serbatoio marmoreo a monte dell'edificio termale, da cui fuoriescono attraverso sorgenti a forma di grotta, spesso ampliata per facilitarne l'uso. La loro origine è nel Monte Pisano,

[31] Una seconda causa dell'interessamento di Mme Curie per le acque di S. Giuliano Terme era che esse erano state l'oggetto di una contesa sulla priorità nella misura della radioattività tra la scuola fisica pisana diretta da Battelli e quella chimica padovana, allora diretta da Nasini, che sosteneva di aver misurato, prima in Italia, quella delle acque delle sorgenti euganee (cfr. Vicentini & Alpago 1906 p. 1266). I fisici pisani non avevano dato particolare importanza alle loro misure quantitative, non le avevano pubblicate e si erano limitati a osservazioni generali (Battelli *et al.* 1906), ma i valori da loro misurati (a opera del Chella) erano stati comunque diffusi perché nella contesa si erano intromessi giornalisti e medici specialisti di balneologia (Barduzzi 1906). I tre fisici avevano poi scritto un libro sulla radioattività in generale che era stato accolto molto bene ed era stato tradotto in francese e in altre lingue europee (Battelli *et al.* 1909).

[32] Propriamente, lo strumento usato dal gruppo Battelli non era il prototipo concepito da Exner che era stato adattato da Elster e Geitel, ma una sua versione commercializzata dalla ditta tedesca Günter & Tegetmeyer di Braunschweig. Quello usato da Engler, invece, se non proprio lo stesso, era certamente stato costruito nello stesso laboratorio di Fisica dei due inventori/adattatori. Tra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento furono numerosi gli strumenti elettromagnetici sviluppati per un tipo di ricerca che furono adattati ad altri scopi, in particolare alla misura di alte energie usate in radiologia e radioattività, che erano due settori allora privi di una base tecnologica propria. L'originalità dello strumento, tuttavia, stava nel contenitore a scuotimento in cui era introdotta l'acqua da cui far emanare il gas da misurare. Un elettroscopio concorrente con quello di Exner era stato ideato da Pierre Curie, ma non si era diffuso al di fuori della Francia, per il dominio che la Germania aveva allora nel mercato delle apparecchiature scientifiche. La curiosità di porre a confronto i dati raccolti con lo strumento del defunto marito, che era quello che lei stessa usava nel suo *Institut*, spiega, in altra parte, il pressante desiderio di Mme Curie di verificare i dati ottenuti dal gruppo di Battelli sull'acqua di San Giuliano.

struttura a scaglie sovrapposte molto complessa dal punto di vista geologico, in cui sono presenti anche livelli di sedimenti antichi, risalenti al Permiano, che sono tutti metamorfosati, ma che ancora presentano i tipi litologici e le caratteristiche strutturali che sono state considerate adatte alla deposizione di uranio (Mittempergher 1972).

I risultati ottenuti con lo strumento che Porlezza[33] aveva a disposizione e che fu sempre operato personalmente da lui soddisfecero Mme Curie, che non solo seguiva da presso la manualità operativa, ma controllava attentamente l'esecuzione dei calcoli, discutendoli con lui per decidere se occorreva ripeterli o passare piuttosto ad altre indagini.

Così, dopo aver trascorso l'ultima parte della giornata del 1° agosto a riposare, il 2 agosto 1918 ella diede inizio alla visita programmata, che sarebbe stata dedicata nei primi giorni alla Toscana. La meta della prima visita fu Larderello e a questa visita si aggregarono non solo il professor Nasini, che di Larderello era un profondo conoscitore, ma anche il maggiore del Genio Ing. Mario Buffa (che rappresentava il Capo di Stato Maggiore dell'Esercito) e il maggiore d'Artiglieria Ing. Gino Gallo. Mme Curie non poteva sapere che tutto ciò era stato organizzato da Volterra, d'accordo con Nasini, e che aveva uno scopo in cui la misura dell'emanazione del radio perdeva importanza, anche se non assumeva un ruolo del tutto secondario. Neanche Porlezza era stato informato, perciò candidamente si sofferma, nella sua descrizione, solo su ciò che egli credeva fosse il motivo della visita:

> «…i "soffioni boraciferi" insieme ad una grande quantità di vapore, trasportano anche una certa quantità di gas, che gli studii eseguiti sotto la direzione del prof. Nasini, hanno dimostrato contenere emanazione di radio in quantità discreta. Nella gita effettuata con la signora Curie si fece a lei constatare il resultato di misure eseguite alla sua presenza sul gas dei "soffioni" della località "Lago", dove esistevano potenti "soffioni" non ancora imbrigliati. Tenendo conto delle portate orarie, si poté dedurre che anche limitando i calcoli a una piccola parte del vapore emesso dal sottosuolo delle località boracifere, lo sviluppo d'emanazione raggiungeva un centinaio di millicurie al giorno. La sig.ra Curie fu anche messa al corrente degli studi e dei progetti d'impianto per la utilizzazione dei gas dei soffioni, impianti che dovevano permettere di estrarre anche l'elio da tali gas e che avrebbero portato altresì a raccogliere l'emanazione di radio in essi contenuta». (Porlezza 1939, pp. 7-9).

L'ultima frase è quella che spiega tutto (a chi intuisce i retroscena) e spiega anche la presenza dei due ingegneri militari: per capire tutto, però, si deve prestare la dovuta attenzione a ciò che Nasini scrisse un decennio più tardi (Nasini 1928) e quando, ormai in pensione, compilò una specie di «memoriale» in cui descrive tutta la sua vita operosa (Nasini 1930).

[33] Porlezza (1939) riferisce solo alcuni dei valori delle misure effettuate nelle varie località della visita. Pertanto, alcuni tra quelli che seguiranno, oltre che dai suoi lavori, sono tratte da pubblicazioni coeve. Ogni misura, inoltre, è convertita nell'unità di radioattività attualmente vigente (Bq/L).

Egli vi scrive di aver visto per la prima volta i soffioni l'11 maggio 1877 quando, studente del III° anno di Chimica a Pisa, vi era stato portato in visita dal suo professore di Mineralogia, Antonio D'Achiardi[34]. Riferisce anche di averli studiati per anni quando era prima docente e poi professore a Padova e di essere tornato da cattedratico a Pisa proprio per poterli studiare meglio. In tutti quegli anni aveva scoperto che, accanto al vapore d'acqua e all'anidride carbonica di gran lunga predominanti, i soffioni esalavano altri gas, in particolare gas nobili: azoto, argo ed elio, in quantità via via minori, ma comunque sempre tali da poter essere dosate[35]. Scrive, infine, che dal 1910 aveva affidato lo studio dell'estrazione dell'elio (e, in subordine, anche quello dell'emanazione) a due suoi giovani assistenti: Guido Norzi e Camillo Porlezza (1911a, b).

Questa frase ci fornisce il motivo per cui Mme Curie fu portata a Larderello. L'elio era molto importante per l'industria aeronautica. In quegli anni l'Italia, con dodici dirigibili, era la terza potenza mondiale in questo tipo di arma aerea e si caratterizzava per la modernità dei suoi modelli: i suoi dirigibili erano sostenuti da elio (inerte, in luogo dell'infiammabile idrogeno che sosteneva i dirigibili tedeschi e inglesi), il che significava privilegiare la sicurezza rispetto alla mobilità[36]. I Servizi Tecnici dell'Esercito, di cui Volterra era *magna pars*, cercavano di imporre le stesse norme di sicurezza ai dirigibili degli alleati per diminuire le perdite e, intanto, cercavano anche di sostituire il dirigibile del tipo a serbatoio flessibile con quello semirigido, di cui l'Italia era all'avanguardia grazie ai modelli sviluppati dal Maggiore Ing. Gaetano Arturo Crocco. Volterra da anni collaborava con Crocco e il suo interesse per l'utilizzazione dell'elio va visto in questo contesto, oltre che in quello – più vasto e tutt'altro che trascurabile – di trovare un prodotto italiano vendibile agli alleati per diminuire il debito di guerra che l'Italia andava sempre più aumentando nei confronti degli USA e del Regno Unito. Purtroppo l'elio nei soffioni di Larderello non potrà competere, né come quantità prodotta né come valore aggiunto, con quello derivato della distillazione di petrolio: lo stava da tempo sperimentando, in laboratorio e in un impianto pilota situato proprio a Larderello, lo stesso Porlezza, che due anni dopo pubblicherà i risultati (purtroppo negativi) dei suoi studi su tale gas (Porlezza 1920).

[34] Questo professore dell'università pisana (1839-1902) è considerato, assieme ad Arcangelo Scacchi, Giovanni Struever e Quintino Sella, uno degli uomini di punta della Mineralogia italiana del secondo Ottocento.

[35] Dopo la morte di Nasini, Ugo Sborgi che, in un contesto industriale diverso, ne aveva ripreso le ricerche misurando quello che egli chiama «nito» ossia il gas radon-222 (che non è altro se non l'*émanation* cercata dalla Curie), rinvenne anche tracce apprezzabili dei gas nobili cripton e xenon (Sborgi 1934, 1937).

[36] Lo stesso principio valeva per i palloni eliostatici, usati per avvistare e sorvegliare dall'alto le trincee e i reticolati nemici. Per un certo periodo l'Italia ne era stato il fornitore degli eserciti francese e inglese, che ne avevano un particolare bisogno perché il loro fronte si sviluppava su terreno pianeggiante poco articolato, mentre il fronte italo-austriaco era prevalentemente in montagna.

Mme Curie non si accorse di nulla di tutto ciò che era stato organizzato alle sue spalle e, probabilmente, senza neppure informarla. Fu soddisfatta dei valori d'emanazione misurati nei lagoni e nei soffioni di Larderello sotto i suoi occhi[37] e se ne tornò a Pisa per prepararsi alla visita successiva: Montecatini.

Questa località termale è sul versante orientale della Valdinievole, su cui da Ovest incombe il Monte Pisano, metamorfico, mentre il versante Est da cui sgorga l'acqua calda è interamente costituito da rocce sedimentarie appenniniche fratturate. L'esistenza di acque calde è nota da sempre, anche perché esse sono rese ben evidenti dalle larghe chiazze di travertini che attorniano le sorgenti. Le terme furono e sono molto frequentate, per cui la visita di Mme Curie non passò inosservata, ma solo molti anni dopo, nel centenario della sua nascita, fu ricordata con una lapide murata nel colonnato delle terme, alla fonte Tettuccio (Fig. 7)[38]. Fu proprio a questa fonte che il gruppo effettuò la sua misura di controllo e qui fu osservato il massimo di radioattività in Toscana (73 unità Mache, ME, per litro [= $7{,}43\times10^3$ Bq/L]: Porlezza 1939 p. 10). Questo valore era già stato misurato anche da Nasini e Porlezza in una precedente visita e faceva presupporre una «considerevole erogazione totale giornaliera di emanazione di radio» (*ibidem*). Con questa convinzione il gruppo tornò a Pisa e Mme Curie, sempre accompagnata da Porlezza e in treno con una «breve» fermata a Roma[39], andò a Napoli e di qui, con una torpediniera messa a disposizione dalla Marina militare, proseguì per Ischia.

Il 7 agosto 1918 fu effettuata una prima ricognizione delle sorgenti calde, che nell'isola sono distribuite in due fasce parallele alle coste (da Lacco Ameno a Porto d'Ischia, a Nord, e da Citara a Sorgeto, a Sud), poi, forti delle informazioni precedentemente acquisite sia dai ricercatori tedeschi sia da Oscar Scarpa (1910, 1933), che vi aveva lavorato per parecchi anni ed era ora presente alla visita, si concentrarono sulla prima fascia, avendo concluso che:

> «… le sorgenti eminentemente radioattive erano soltanto quelle di Lacco Ameno e che tra queste la Sorgente «Romana» era la più fortemente radioattiva. Rivolendo a questa più particolarmente il dato di Engler e Sieveking[40], ma facendo

[37] Secondo le informazioni comunicate anni dopo da Nasini (1930 pp. 549-550), fu misurata una portata equivalente nelle 24 ore di 78 millicurie nel soffione Centrale e di 2,688 millicurie nella Diga del Lago Boracifero.

[38] I particolari della inaugurazione (con la trascrizione del testo della lapide: cfr. Figura 6) sono descritti in Picone & Biliński (1969 p. 8 e p. 53).

[39] Il cronoprogramma indica che sia in andata sia in ritorno le fermate a Roma durarono almeno un giorno e forse, nella seconda, anche di più. Di ciò che fece Mme Curie, Porlezza non fa cenno. Probabilmente ebbe contatti con autorità militari e/o civili o forse fu Volterra a prendere in mano la situazione e a portarla al Ministero Armi e Munizioni dove era la sede dell'Ufficio Invenzioni e Ricerche da lui presieduto.

[40] I due tedeschi avevano misurato 372 unità Mache [= $37{,}85\times10^3$ Bq/L] proprio alla «Sorgente Romana antica». In realtà, la misura è dovuta al solo Engler (che è quello dei due che operò in Italia) e fu effettuata in due riprese: una prima, mal riuscita e considerata inaffidabile dallo stesso autore, nel 1905 (circa 311,5 ME) e una seconda, nel 1906, che aveva dato quello strabiliante risul-

Fig. 7. Targa marmorea apposta dall'Accademia Polacca delle Scienze nello stabilimento delle Terme di Montecatini a ricordo della visita di Mme Curie (con Camillo Porlezza e Raffaello Nasini) e la misurazione della radioattività dell'acqua della sorgente Tettuccio (open source).

> erogare più fortemente la sorgente, asportando cioè l'acqua man mano che usciva, siamo riusciti ad ottenere un valore anche superiore a quello di Engler e precisamente 459 unità Mache [= $46{,}70 \times 10^3$ Bq/L]; abbiamo constatato che, aumentando ancora il richiamo dell'acqua nel pozzetto, si sarebbero potuti ottenere valori anche superiori. In questo modo si giunse altresì a determinare approssimativamente la portata della sorgente e si stabilì che essa si aggirava intorno a 250 mc. giornalieri con una erogazione di circa 30 millicurie di emanazione al giorno [$1{,}1 \times 10^9$ Bq]». (Porlezza 1939, pp. 10-11).

Il risultato era indubbiamente straordinario, perché i due ricercatori tedeschi avevano già indicato che questa era la sorgente più radioattiva da loro riscontrata in Europa. Mme Curie stessa ricalcolerà l'erogazione complessiva e scriverà nel suo rapporto finale della visita (cfr. Appendice) che:

> «… les expériences faites devant moi ont mis en évidence une teneur en émanation de Radium de 0,13 millicurie [= $4{,}6 \times 10^6$ Bq] par mètre cube».

Si trattava di un tenore veramente notevole, che sarebbe stato sicuramente economico dal punto di vista del valore, anche se sembrava piuttosto limitato nell'entità della produzione giornaliera che avrebbe però potuto essere migliorata con oppor-

tato. Successivi studi sistematici sulla straordinaria radioattività ischitana furono eseguiti da Scarpa (1910, 1933), appunto, e da Nasini & Levi (1910).

tuni lavori di captazione alla bocca della sorgente. Un successo, quindi, che sarebbe stato ricordato in futuro ed effettivamente lo fu, anche se a Ischia non fu mai impiantato uno stabilimento per la distillazione delle acque per estrarne radio, ma piuttosto, nel secondo dopoguerra, fu avviata una floridissima struttura logistico-turistica per la balneazione e per l'uso terapeutico dei fanghi. In un primo tempo la radioattività fu ritenuta benefica e fortemente pubblicizzata. Fu allora che alle Terme Regina Isabella di Lacco Ameno fu collocata una lapide in ricordo della visita di Mme Curie (Fig. 8). Questa lapide, voluta proprio da Porlezza (1958), fornisce l'informazione che alla visita del 1918 accompagnavano Mme Curie non solo Scarpa e lui stesso, ma anche Volterra, il cui nome egli non aveva osato citare nel 1939, quando vigevano le leggi razziali. Dopo il referendum antinucleare del 1986, però, la radioattività fu considerata nociva, si tentò di occultarla e addirittura di farne perdere la memoria (Fig. 9), ma la lapide non fu rimossa.

Il giorno seguente, soddisfatta, Mme Curie, incurante di Capri, volle tornare a Napoli per proseguire verso il Nord e arrivò a Padova in treno il 13 agosto 1918, dopo una nuova sosta a Roma[41]. Padova era, in quel momento, la città italiana più difficile da raggiungere e dove massima era la confusione. Era la sede del comando supremo che, accantonata ormai la vittoriosa «battaglia del solstizio», stava predisponendo i piani per la controffensiva che terminerà con lo sfondamento del fronte austro-ungarico sul Piave e con la vittoria finale (4 novembre 1918).

Pur in tutta quella grande confusione, l'organizzazione logistica italiana dimostrò di essere all'altezza della situazione. Per Mme Curie fu trovato un automezzo con cui scorrazzare sui Colli Euganei per misurare la radioattività delle sorgenti. Non ve n'era un effettivo bisogno, in realtà, perché Nasini, quando era stato il direttore dell'Istituto di Chimica patavino, e poi i suoi allievi, avevano sempre monitorato la situazione con particolare riguardo per i gas, senza all'inizio verificare la presenza di una «*émanation*» radioattiva, che era ancora sconosciuta, ma facendolo in un secondo momento (Vicentini 1903; Vicentini & Levi da Zara 1904; Vicentini & Alpago 1906, 1906; Nasini & Levi 1908, 1910). Quello che Mme Curie non poté verificare fu il distretto Abano-Montegrotto, che risultò irraggiungibile perché in quegli alberghi risiedevano il re e Diaz. Il sopralluogo di Mme Curie fu deviato a Battaglia Terme, ma lei non se ne curò, non tanto perché i dati raccolti dai precedenti autori le indicavano che il complesso euganeo non si prestava particolarmente alla raccolta di gas da emanazione, quanto piuttosto perché fu distratta dalle misurazioni da un qualcosa che, in quel momento, l'interessava di più:

[41] Di questo secondo soggiorno, della cui durata non abbiamo alcuna testimonianza nella relazione di Porlezza, esiste la prova documentaria di una fotografia di Mme Curie con Orso Mario Corbino conservata nell'archivio Volterra e pubblicata da Biliński (in Picone & Biliński 1969 p. 26). L'autore polacco fa osservare che nessuno, fino ad allora, si era dato la pena di «compiere indagini nell'Archivio del Ministero Armi e Munizioni, Ufficio Invenzioni e Ricerche, che dovrebbe contenere la documentazione ufficiale della missione» (p. 22). Ciò che non fece lui allora, cinquant'anni dopo non l'ho fatto neppure io.

Fig. 8. Targa marmorea in ricordo della visita di Mme Curie (con Camillo Porlezza, Oscar Scarpa e Vito Volterra) alla Sorgente Romana dell'Albergo Regina Isabella di Lacco Ameno (e più in generale alle sorgenti termali di Ischia) apposta nel 1958, a quarant'anni dalla visita, in occasione del Convegno Internazionale di Idrologia e Climatologia, per iniziativa di Camillo Porlezza (open source).

Fig. 9. Le antiche terme comunali di Ischia con la fangaia naturale, sfregiata dopo il 1986 per farne dimenticare la radioattività (open source).

> «In questa occasione la signora Curie passando in vicinanza di ospedali militari della zona di guerra espresse il desiderio di prendere visione degli impianti a raggi X e delle installazioni da campo per l'impiego di essi. Ricordo che essa manifestò il proprio compiacimento per la nostra organizzazione, rammentando quanto lavoro essa aveva dovuto compiere in Francia per analoghe installazioni». (Porlezza 1939, p. 12).

A parte il generico interesse che poteva avere per la radiologia italiana, Mme Curie aveva ben presente che lo sviluppo della guerra avrebbe reso sempre più importante la radiumterapia, che per essere attuata efficacemente richiede non ambulanze mobili né ospedaletti da campo, ma ospedali per lunghe degenze, isolati e con reparti ben protetti. In un certo senso, la vista degli ospedali di Padova la richiamò ai suoi doveri: era venuta in Italia per incrementare la riserva di radio del suo *Institut* e per potenziare la radiumterapia! Doveva andare là dove si poteva pensare di trovare radio in quantità utili o, se non questo, almeno emanazione. Fino a quel momento, l'unica località promettente era stata Ischia. Che cosa le preparava il futuro? L'autunite di Lurisia scoperta da Lincio (1913). Ecco perché cercò di evitare (senza riuscirci del tutto) una visita a Venezia. La subì per poche ore, dopo di che

> «… partimmo alla volta di Torino per recarci a Lurisia, lasciando involontariamente[42] da parte le sorgenti di Bormio, poiché allora non avevamo ancora col prof. Nasini eseguito le indagini sulla sorgente «Pliniana» la cui elevata radioattività fu poi da noi riscontrata essere di 204 unità Mache [= $998{,}7 \times 10^3$ Bq/L]». (Porlezza 1939, p. 12).

Il 15 agosto Mme Curie arrivò a Lurisia, presso Mondovì, la località in cui Gabriele Lincio[43] aveva descritto autunite e che era stata segnalata promettente (anche tramite lo studio dell'emanazione dalle acque) da Federico Millosevich (che lo pubblicherà a guerra finita, nel 1919). Qui, al suo seguito consueto (il solito Porlezza e, saltuariamente, Volterra) si aggiunse il tenente colonnello Ing. Alberto Pelloux, non tanto per il suo ruolo apicale presso il Ministero Armi e Munizioni, ma perché, esperto mineralista, vi aveva già compiuto vari prelievi del minerale non appena Lincio l'aveva descritto[44]. Il 16 agosto Mme Curie, accompagnata da Volterra

[42] L'aver evitato Bormio forse non fu un atto involontario, ma una precauzione meditata. La conca e la sorgente potevano essere sotto il tiro dei tiratori scelti tirolesi attestati fin sulla cima dell'Ortles. Inoltre l'andare fino a Bormio avrebbe allungato il viaggio di almeno due giorni.

[43] La figura e l'opera di Gabriele Lincio, quasi dimenticata, è stata riportata in evidenza, per il ruolo avuto nella scoperta dell'autunite di Lurisia, da Mottana & Nastasi (2015).

[44] Porlezza fa un accenno un po' denigratorio a Lincio, che in quel periodo era in Sardegna dove insegnava in una scuola mineraria (e all'università di Cagliari). L'assenza di Lincio da Lurisia si può spiegare sotto due aspetti: che il gruppo pisano, scottato a Ischia dall'esperienza fatta col mancato funzionamento dell'apparecchiatura napoletana di Scarpa, non volesse esporsi a un nuovo insuccesso di fronte a Mme Curie e preferisse affidarsi completamente alle proprie capacità; in alternativa, che l'assenza fosse stata preordinata da tempo per ragioni militari. Dopo essersi laureato a Torino sotto Giorgio Spezia, Lincio aveva proseguito gli studi in Germania fino al dottorato e in Germania era vissuto fino al 1913 assumendo posizioni di grande rilievo presso la ditta Leitz di

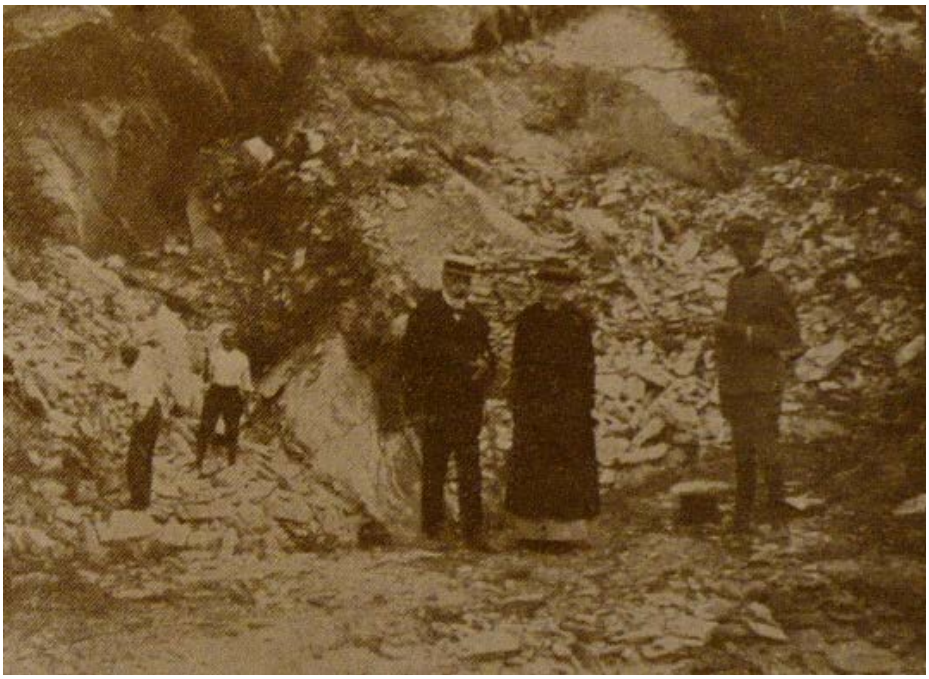


Fig. 10. Il fronte della cava di Nivolano presso Lurisia con tre dei visitatori (da sinistra): Vito Volterra, Marie Curie e Alberto Pelloux (in divisa di tenente colonnello del Genio). Il due personaggi a sinistra sono cavatori di «lose» (archivio Volterra di Ariccia; ripresa da Picone & Biliński 1969).

e Pelloux, visitò la galleria di Nivolano (Fig. 10), da cui sgorgava l'acqua che i locali cavapietre, che estraevano le «lose» per farne tegole e gradini (Bellini, 1920; Stacchini 1924; etc.), ritenevano avesse effetti miracolosi nel sanare rapidamente le loro escoriazioni. Quest'acqua, infatti, aveva un tasso molto elevato di radioattività, che non dipendeva solamente dall'emanazione. L'acqua depositava anche patine e croste da giallastre a verdastre di autunite (cfr. Mottana & Nastasi 2015), come confermarono le analisi eseguite sul posto:

«… raccogliemmo campioni di minerale e sotto la guida della signora Curie eseguii la precipitazione di solfato di bario radifero che poi la signora Curie portò con sé a Parigi per eseguire il controllo nel suo Istituto. Già dalle misure eseguite a Lurisia risultò confermato

Wetzlar. Era rientrato in Italia due anni prima che scoppiasse la guerra ed era stato inserito nel corpo docente dell'Università di Torino, ma allo scoppio della guerra era stato visto con sospetto dalle autorità militari per il suo passato tedesco e, di conseguenza, era stato inviato lontano dal fronte, in Sardegna, dove non avrebbe potuto operare come informatore del nemico, se pure questa fosse stata la sua intenzione. Il sospetto era ingiustificato, ma comprensibile nella psicosi che si genera in una guerra di posizione.

che il minerale era autunite della migliore qualità, ma la conferma più decisiva mi fu data in seguito dalla signora Curie stessa dopo l'esame eseguito a Parigi». (Porlezza 1939 p. 13).

Qui Porlezza chiude la descrizione del viaggio e si limita a segnalare che, subito dopo,

«… scendemmo a Savona e sostammo a San Remo dove il 18 Agosto ebbe luogo la riunione dei componenti l'Ufficio Invenzioni e Ricerche interessati alle indagini, compreso il prof. Nasini[45]. … La Signora Curie … aveva iniziato, a Padova, e poi proseguito nei ritagli di tempo, durante il viaggio, un riassunto che poi venne a costituire l'introduzione di detta relazione. La minuta di esso fu poi ripresa dalla Sig.ra Curie e mi fu donata con cortese preferenza». (Porlezza 1939 p. 14)[46].

Il 19 agosto 1918 Porlezza e gli altri accompagnarono Mme Curie a Ventimiglia, da dove sarebbe tornata in Francia. Ella lasciò una relazione conclusiva (qui in Appendice) in cui non si sofferma su ciò che ha visitato, ma tende piuttosto a insistere sulla urgenza di utilizzare il radio come toccasana dei danni fisici creati dalla vita militare al fronte. Da Parigi, inoltre, Mme Curie volle ripetere più e più volte l'invito a tutti a visitare il suo *Institut du Radium* e, come ulteriore dimostrazione di stima e di buona volontà verso quello che più di tutti i colleghi italiani l'aveva accompagnata durante la visita, nell'ottobre 1919 inviò a Porlezza una certa quantità di cloruro di bario radifero che gli potesse servire da campione per dosare l'emanazione di radio nelle acque minerali.

Porlezza ne aveva effettivamente bisogno, perché tanto le analisi eseguite a Parigi quanto gli studi eseguiti negli anni immediatamente successivi in Italia dimostrarono che l'autunite di Lurisia era una fonte promettente di radio[47] e che, se era limitata l'estensione locale del giacimento, vi era una anomalia geochimica positiva di uranio arealmente molto vasta – praticamente da Lurisia nelle Alpi Marittime fino alla parte superiore della Valle Varaita nelle Alpi Cozie – che lasciava sperare in un'estrazione economicamente sostenibile (Mittempergher 1972). Il centro di questa anomalia risulterà, negli studi eseguiti nel secondo dopoguerra, la frazione Preit di Canosio, in Val Maira[48], dove già esisteva una miniera di carbone e dove fu anche

[45] Anche qui, Porlezza omette di citare Volterra, che pure era a capo dell'Ufficio Invenzioni e Ricerche.

[46] La prima e l'ultima pagina della minuta autografa, conservata nell'Archivio Porlezza a Pisa, sono riprodotte da Picone & Biliński (1969 pp. 32-33). La traduzione italiana del testo sottoscritto da Mme Curie è riportata da Porlezza (1939 p. 25-30). Prima Porlezza (1939 p. 18) e poi Biliński (in Picone & Biliński (1969 p. 30) discutono i cambiamenti che dalla minuta portarono alla stesura definitiva (qui riportata in Appendice: vedi oltre) e ne cercano le motivazioni politiche e/o industriali post-belliche che li provocarono, pur arrivando a due conclusioni divergenti ed entrambe ipotetiche.

[47] Ho trattato questo argomento in altra sede accentuandone i particolari geologici (Mottana & Nastasi 2015) e non c'è bisogno che mi ripeta qui, quando il tema è il viaggio di Mme Curie.

[48] Più precisamente, il luogo in cui fu misurata la massima radioattività da una pechblenda cristallizzata contenente 14% U_3O_8 fu Salabessa, un rudere franato presso le semidistrutte Grange Serra, in comune di Canosio (Garavelli 1958 pp. 740-741).

aperto un saggio esplorativo per uranio, con risultati incoraggianti, che fu poi dismesso a seguito del referendum avverso al nucleare.

Conclusione

La prima e più lunga visita di Mme Curie in Italia[49] fu, dal punto di vista delle finalità di chi gliela aveva proposta e organizzata e di lei stessa, un sostanziale insuccesso: non c'erano in Italia giacimenti o terme da cui ricavare né radio né *émanation* in quantità tali da poter competere con un'importazione dall'estero. Vi erano però terme sufficientemente calde e radioattive per favorire la balneoterapia. Ciò effettivamente avvenne e creò un sistema economico utile, almeno fino a quando una impropria pubblicità non indusse il popolo italiano a rinunciare completamente a ogni forma di utilizzazione dell'energia nucleare e, perfino, a mettere al bando ogni forma di riferimento verbale ad essa.

Nel frattempo, tuttavia, durante il primo dopoguerra, i chimici erano stati messi da parte e i fisici sfruttarono la situazione venuta a crearsi per organizzare un *Ufficio del Radio*. Inoltre, era sorto e aveva potuto svilupparsi un fortissimo interesse scientifico per la fisica nucleare, anche se limitato solo ad alcune menti superiori. Ciò rese possibile la formazione della «scuola di Roma», guidata da Enrico Fermi. Questa scuola, sopravvissuta alla perdita della sua prima guida grazie alla determinazione e all'attività incessante dell'unico allievo di Fermi rimasto a Roma, Edoardo Amaldi, ancora si mantiene salda dopo tre generazioni di scienziati che fanno onore alla Scienza italiana in tutto il mondo.

Appendice

Rapport sur les possibilités d'exploitation du Radium et de l'Émanation du Radium sur le territoire italien[50]

Utilisation actuelle du Radium

Le Radium, élément découvert en 1898, possède la propriété d'émettre spontanément un rayonnement très complexe à l'aide duquel on peut obtenir des effets physiques, chimiques et physiologiques variés. En raison de ses propriétés qui ont ouvert un champ d'investigation nouveau, ce corps est un instrument de recherches scientifiques de premier ordre. On le prépare par petites quantités, le prix en est très élevé, et la quantité réunie dans un Institut Scientifique est rarement de l'ordre du gramme.

Les applications du Radium ont pu néanmoins se développer dans deux directions principalement: applications médicales et applications à la préparation de produits lumineux.

[49] Tornò in Italia due volte ancora, ma solo per convegni e per pochi giorni.

[50] Il titolo del manoscritto originale autografo fu cancellato e sostituito nella redazione definitiva dal titolo *Considérations générales*.

Le rayonnement du Radium a été utilisé avec succès en médecine ; certaines méthodes de traitement par ce rayonnement sont tout à fait établies : est le cas du traitement des cancers superficiels, lupus, taches de lie de vin, granulations de paupières, etc. Plus récemment des grands progrès ont été faits dans le traitement systématique des tumeurs malignes profondes et d'excellents résultats ont été obtenus, spécialement pour les sarcômes. On traite aussi avec succès par le rayonnement du Radium les arthrites et les rhumatismes articulaires.

La médecine militaire a été amenée à utiliser la radiumthérapie avec une extension de plus en plus grande. Dans les Centres de physiothérapie militaires on traite par le radium les soldats atteints d'arthrites, de névrites provenant de cicatrices vicieuses, les blessés atteignent da plaies atones, le cancéreux. Le champ d'applications utiles s'accroît sans cesse, et le Service de Santé en France a des besoins sans cesse croissants en Radium,

D'autre part, le Radium mélangé en faible proportion au sulfure de zinc phosphorescent fournit un produit lumineux, à lumière persistante auto-excitatrice, à teinte verdâtre, permettant de préparer des plages lumineuses qui ont trouvé une application extrêmement étendue dans le matériel de guerre. On fabrique couramment en France des pastilles pour guidons de mitrailleuse, des alidades, des chronomètres à division lumineuse, des instruments à réticule lumineux, utilisés dans l'aviation, dans le génie et dans l'armement de guerre et de marine.

Industrie du Radium

L'industrie du Radium a débuté en France où il y a actuellement 5 usines de production. Parmi les autres pays alliés, l'Amérique organise actuellement une production importante de Radium. Parmi les pays ennemis, l'Autriche possède une usine en Bohême, La quantité de radium actuellement existante dans le monde à l'état de sel de Radium pur ou très concentré, ne doit pas dépasser 10 à 15 grammes.

Radium et émanation du Radium

Dans les applications on peut employer soit le Radium, lui-même, soit l'«Émanation du Radium». Celle-ci est un gaz produit constamment par le Radium et pouvant en être séparé.

Ce gaz possède les propriétés du Radium, mais son activité n'est pas permanente, elle décroît suivant une progression régulière, de moitié en chaque période de 4 jours. L'expérience a montré que l'emploi de l'émanation est tout à fait pratique en ce qui concerne la médecine. Pour les applications médicales, le Radium peut être remplacé par son Émanation. Au contraire, dans l'application aux produits lumineux, l'Émanation ne peut, en général, convenir, et le plus souvent on doit employer le Radium.

Les Instituts de Radiumthérapie ont avantage à utiliser le Radium qu'ils possèdent, en en extrayant l'émanation laquelle, enfermée dans des ampoules, produit temporairement les effets du radium, L'avantage consiste à obtenir plus de souplesse dans le fonctionnement par un dosage fait à volonté et à réaliser une sécurité dans l'emploi qui est importante pour une matière aussi précieuse.

Mme Curie, à l'Institut du radium de Paris, a organisé depuis 2 ans, un Service d'ampoules d'Émanation du radium à fortes doses pour le Service de Santé Militaire.

Les Laboratoires Scientifiques utilisent également l'Émanation produite par le Radium qu'ils possèdent.

Origines du Radium et de l'Émanation. Hélium

Le Radium est produit industriellement à partir de minéraux d'Urane dans lesquels il se trouve en rapport connu, très faible, avec l'Uranium : environ 3 décigrammes de Radium par tonne d'uranium. Le Radium séparé du minéral, peut être mis en solution; celle-ci produit

constamment l'Émanation avec un débit journalier constant; toutefois l'accumulation de l'Émanation dans la solution n'est pas illimitée; l'Émanation ayant la propriété de la détruire spontanément, un équilibre est atteint entre la production et la destruction. On nomme *curie* la quantité d'émanation en équilibre avec un gramme de Radium, et *millicurie* la millième partie de cette quantité. On a avantage dans l'exploitation d'une solution, à faire des prises d'émanation régulières et assez fréquentes. La technique de ces prises est très bien établie. On peut préparer des ampoules contenant par exemple 20 millicurie et plus sous un très petit volume très favorable aux applications médicales (par exemple 15 mm de longueur et 2 millimètres de diamètres). Une telle ampoule agit au début comme si elle contenait 20 mg de Radium élément. Des ampoules encore plus petites peuvent être obtenues en cas de besoin avec une teneur encore plus forte. Elles sont particulièrement utilisées en médecine pour le traitement du cancer.

Au lieu d'être obtenue à partir des solutions de Radium, l'Émanation peut être obtenue aussi comme produit naturel dégagé dans certaines sources d'eaux minérales, en accompagnant certaines émissions de gaz des fissures de l'écorce terrestre. L'expérience a montré quelles eaux de ces sources et les gaz dégagés sont souvent radioactifs; leur activité est due à l'émanation du Radium dissoute dans l'eau ou mélangée au gaz. Les eaux peuvent aussi contenir un peu de Radium, toutefois le plus souvent, c'est l'Émanation seulement qui y est présente. On doit penser qu'elle provient de sels de Radium situés dans la profondeur du sol dans des régions inconnues. L'émanation ainsi obtenue est généralement très bien concentrée, mais si le débit d'eau ou gaz est important, le débit journalier d'émanation peut atteindre une valeur importante. Les gaz naturels radioactifs contiennent souvent aussi une petite proportion de gaz *hélium*.

Organisation de l'exploitation des Corps Radioactifs

En raison de l'importance croissante des Corps Radioactifs, il est désirable que leur exploitation soit organisée dans chaque des États alliés. Cette organisation comprend logiquement:

1° L'inventaire des richesses du pays en produits radioactifs : minéraux, sources, boues, gaz naturels.

2° L'inventaire des Corps Radioactifs extraits à l'état concentré : sels de Radium ou de Mésothorium appartenant aux Institutions ou aux particuliers.

3° Évaluation des besoins les plus pressants pour les services publics, civils ou militaires.

4° Étude de l'utilisation économique des matières premières disponibles, sous forme d'une exploitation d'État quand la chose est réalisable.

5° Répartition des produits obtenus au mieux de l'intérêt public, pour les besoins de la médecine civile et militaire et pour les applications aux produits lumineux.

6° Récupération, s'il y a lieu, des sels de Radium disséminés sous forme de produit lumineux sur les instruments hors d'usage.

Pour répondre à ces besoins d'organisation, un Comité de Corps Radioactifs a été récemment créé par le Ministère de l'Armement Français, avec le concours de l'Institut du Radium dirigé par Mme Curie.

Si un Comité analogue venait à être créé en Italie, à la suite du voyage de Mme Curie, le Comité Français serait heureux de travailler en collaboration et échange de vue amical et régulier avec la Comité Italien[51].

Marie Curie

[51] L'ultimo periodo fu cancellato nella redazione definitiva presentata al Ministero e sostituito dalla frase: *Sont représentés dans ce Comité le Ministère de l'Armement, le Ministère du Commerce, l'Intendance Militaire, l'Aviation, le Service de Santé Militaire, la Médecine Civile. Le Comité a la liberté de s'adjoindre des techniciens. Le décret da sa constitution est joint au présent Rapport.*

BIBLIOGRAFIA

Barduzzi, Domenico (1906) Sul valore terapeutico di alcune acque termo-minerali ed in particolare di quelle sangiulianesi rispetto alla loro costituzione e alla loro radio-attività: nota preventiva, *L'idrologia e climatologia*, 17, n. 2: 1-5.

Battelli, Angelo, Occhialini, Augusto & Chella, Silvio (1906) Studii di radioattività, *Il Nuovo Cimento*, s. V, 12: 281-292.

Battelli, Angelo; Occhialini, Augusto & Chella, Silvio (1909) *La radioattività*, Laterza, Bari, 438 p.

Bellini, R. (1920) Osservazioni sui minerali radiferi della besimaudite di Lurisia, *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 39: 208-212.

Cerruti, Luigi (1988) Tecnici e imprenditori chimici in Italia all'inizio del secolo: analisi e proposte di politica industriale, *Rendiconti della Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL. Memorie di Scienze fisiche e naturali*, s. V, 12 [tomo II, parte II]: 251-260.

Curie, Ève (1938) *Madame Curie*, Paris, Gallimard (traduzione italiana di Cesare Giardini, Milano, Mondadori, 1938).

Curie, Marie (2013) *Autobiographical Notes: The Story of My Life*, *1923*, Paris, Musée Curie (estratto di 67 p. ripreso in misura ridotta dal libro: *Pierre Curie: With Autobiographical notes by Marie Curie*, New York, Macmillan Company, 1923).

Curie, Mme Pierre (1921) *La Radiologie et la guerre*, Paris, Félix Alcan.

Elster, Julius & Geitel, Hans Friedrich (1904) Über die radioaktive Substanz deren Emanation in der Bodenluft und der Atmosphäre erhalten ist, *Physikalische Zeitschrift*, 5: 11-20.

Engler, Carl & Sieveking, Hermann (1907) Zur Kenntnis der Radioaktivität der Mineralquellen und deren Sedimente, *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*, 53, 1: 1-25.

Exner, Franz (1887) Über transportable Apparate zur Beobachtung der atmosphärischen Elekricität, *Berichte der Wiener Akademie*, 95: 1084-1100.

Garavelli, Carlo Lorenzo (1958) Esame diffrattometrico di alcune pechblende sedimentarie italiane, *Studi e Ricerche della Divisione geomineraria del C.N.R.N.*, 1: 739-760.

Lincio, Gabriele (1913) Dell'autunite di Lurisia, *Atti Reale Accademia delle Scienze, Torino*, 48: 959-967.

Millosevich, Federico (1919) Il giacimento di autunite presso Lurisia, *La Miniera Italiana*, 3, 1: 1-4.

Mittempergher, Mario (1972) Le ricerche per l'uranio in Italia: risultati conseguiti e prospettive. *Notiziario del C.N.E.N.*, 4: 25-39.

Mottana, Annibale & Nastasi, Pietro (2015) Hunting for radium in Italy during the First World War: Marie Curie and Italian mineralogists and geologists, *Rendiconti Online della Società Geologica Italiana*, 36: 94-98 (DOI: 10.330/ROL.2015.152).

Mottana, Annibale (2017) Radiazioni penetranti in uso nella sanità militare durante la prima guerra mondiale, *Accademia Italiana delle Scienze detta dei XL, Scritti e Documenti* 52: 109-154.

Nasini, Raffaello (1928) Gas combustibili, elio, emanazione radioattiva nei soffioni boraciferi della Toscana. Problemi pei geologi, *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 47: LXXVII-XCVI.

Nasini, Raffaello & Levi, Mario Giacomo (1908) Radioattività di rocce ed altri materiali dell'isola d'Ischia, *Atti della R. Accademia dei Lincei, Rendiconti Lincei, classe di scienze fisiche, matematiche e naturali*, s. V, 17: 432-434.

Nasini, Raffaello & Levi, Mario Giacomo (1910) Sopra la radioattività di materiali italiani, *Gazzetta Chimica Italiana*, 38 pt. 2: 101-122.

Nasini, Raffaello (1930) *I soffioni e i lagoni della Toscana e la industria boracifera. Storia, Studi, Ricerche chimiche e chimico-fisiche eseguite principalmente nell'ultimo venticinquennio*, Tipografia Editrice Italia, Roma.

Picone, Mauro & Biliński, Bronisław (1969) *Maria Skłodowska-Curie in Italia nel centenario della nascita: 1867-1934*, (Conferenze / Accademia polacca delle scienze, Biblioteca e centro di studi a Roma, 41), Wroclaw-Warszawa-Krakow, Ossolineum.

Porlezza, Camillo & Norzi, Guido (1911a) Concentrazione dell'emanazione radioattiva dei gas dei soffioni boraciferi mediante il carbone a bassa temperatura. *Atti della R. Accademia dei Lincei*, s. V, *Rendiconti della Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali*, 20 (I semestre): 932-934.

Porlezza, Camillo & Norzi, Guido (1911b) Nuovi studi sul gas di Larderello. *Atti della R. Accademia dei Lincei*, s. V, *Rendiconti della Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali*, 20 (II semestre): 338-342.

Porlezza, Camillo (1920) L'ottenimento industriale dell'elio, *Giornale di chimica industriale ed applicata*, n. 11-12: 638-691.

Porlezza, Camillo (1939) *La missione della Signora Curie in Italia nel 1918*, Lischi, Pisa (già apparsa con lo stesso titolo in: *Terme e Riviere* n. 22, 20/11/1938 - XVII).

Porlezza, Camillo (1958) Inserire il termalismo nella politica economica di ogni paese: la commemorazione di Madame Curie, *Terme e Riviere* n. 57 (10), ottobre 1958, Lischi, Pisa.

Porlezza, Camillo (1959) Precisazioni necessarie sul sopraluogo di Mme Curie a Lurisia, *Terme e Riviere*, numero straordinario, Lischi, Pisa.

Sborgi, Ugo (1934) Studi e ricerche sui gas dei soffioni boraciferi con particolare riguardo al loro contenuto in elio ed altri gas nobili, *Memorie della Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali della Reale Accademia d'Italia*, 5: 667-713.

Sborgi, Ugo (1937) Presenza del cripto e dello xeno, oltre che degli altri gas nobili, nei Soffioni boraciferi toscani. Aspetti geochimici della composizione dei soffioni, *Memorie della Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali della Reale Accademia d'Italia*, 8: 533-558.

Scarpa, Oscar (1910) Analisi della radioattività di alcune acque termali dell'Isola d'Ischia, *Gazzetta chimica italiana*, 38, pt. 2: 285-321.

Scarpa, Oscar (1933) *La grande radioattività di alcune acque termali dell'isola d'Ischia: relazione delle misure eseguite negli anni 1907 e 1918*, s.i.e., s.i.l.; pp. 638.

Stacchini, Paolo (1924) In Italia esiste una miniera di radio, *Le Vie d'Italia*, 30, n. 8: 837-844.

Vicentini, Giuseppe (1903) Studio della radioattività dei prodotti delle sorgenti termali euganee, *Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, Atti*, s. VIII, 6 (pt. II): 583-585.

Vicentini, Giuseppe & Alpago, R. (1905) Studio sulla radioattività dei prodotti delle sorgenti termali euganee, *Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, Atti*, s. VIII, **7** (pt. II): 1187-1232.

Vicentini, Giuseppe & Alpago, R. (1906) La radioattività dei gas delle sorgenti termali di Abano. Considerazioni ed osservazioni di scintillamento della Blenda di Sidot*, Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, Atti*, s. VIII, 8 (pt. II): 1265-1282.

Vicentini, Giuseppe & Levi Da Zara, M. (1904) Studio sulla radioattività dei prodotti delle sorgenti termali euganee, *Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, Atti*, s. VIII, 7 (pt. II): 95-110.

Riconoscimenti

Pietro Nastasi mi ha indirizzato allo studio della visita di Marie Curie in Italia e ha collaborato in varie parti di questa ricerca. A lui, purtroppo infermo, vada il mio grazie e il mio più cordiale augurio. Le letture critiche di Giuseppe Liborio e di un collega che preferisce mantenere l'incognito mi hanno aiutato a finalizzare il testo in modo da non creare intralci a una più ampia biografia di Mme Curie di imminente pubblicazione.