

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCIX.

1912

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXI.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1912

Chimica fisica. — *Ricerche sulla radioattività delle acque sorgive del Monte Amiata ed esperienze sulla dispersione atmosferica della regione.* Nota del Socio R. NASINI e di C. PORLEZZA.

Le ricerche sulla radioattività delle acque furono iniziate da Sella e Pochettino ⁽¹⁾, i quali da alcune osservazioni fatte sull'acqua Marcia delle condutture della città di Roma dedussero la probabile presenza di un'emissione radioattiva nell'acqua stessa. Poco dopo venivano fatte analoghe osservazioni da J. J. Thomson ⁽²⁾ a Cambridge e da Himstedt ⁽³⁾ in Germania.

In seguito le misure di radioattività sulle acque andarono estendendosi specialmente in riguardo alle acque minerali, portando alla conclusione che quasi tutte le sorgenti minerali sono più o meno radioattive. Per ciò che concerne le ordinarie acque di fonte, le quali specialmente hanno importanza per le nostre ricerche, le esperienze sono in molto minor numero, ed eccettuata l'osservazione succitata di Pochettino e Sella, non sappiamo, per quanto è a nostra conoscenza, che analoghe ricerche siano state intraprese in Italia.

Fuori di qui invece le esperienze sono state feconde di risultati copiosi e inaspettati, e ci sembra opportuno passare brevemente in rassegna le ricerche compiute in varie parti d'Europa sulle comuni acque sorgive, adibite sia ad uso pubblico che privato.

Nel 1905 Henrich ⁽⁴⁾ e Schmidt ⁽⁵⁾ intrapresero, e poi continuarono, numerose osservazioni su alcune sorgenti d'acqua dolce del Tauno, dalle quali emerse che molte di tali sorgenti, e altre dei dintorni di Wiesbaden, erano anche più radioattive delle acque minerali omonime.

In seguito F. Dienert ed E. Bouquet ⁽⁶⁾ trovarono debolmente radioattive alcune acque potabili da loro esaminate; Muñoz del Castillo ⁽⁷⁾ riscontrò fortemente attive alcune sorgenti del fiume Lerez; i suoi dati però (10.000 volt per ora) non sono confrontabili con altri, perchè non risulta quali fossero le costanti degli apparecchi usati.

Nel 1908 Repin ⁽⁸⁾ trovò fortemente radioattive le acque di Danne e alcune delle Alpi: queste ultime devono la loro attività principalmente a

⁽¹⁾ Rendiconti Accad. Lincei, 11, pag. 527 (1902).

⁽²⁾ Phil. Mag. 1902.

⁽³⁾ Ann. der Phys. 13, pag. 673 (1904).

⁽⁴⁾ Zeit. f. ang. Ch. 17, pag. 3.

⁽⁵⁾ Phys. Zeit., 6, pag. 34 (1905), e 8, pag. 107 (1907).

⁽⁶⁾ Comptes Rendus, 142, pag. 449.

⁽⁷⁾ Anales de la Soc. Española de Fis. y Quim., ottobre 1907 e novembre 1907.

⁽⁸⁾ Comptes Rendus, 147, pag. 387 e 703 (1908).

radiatorio. Pure nel 1908 Hj. Sjögren ed N. Sahlbohm ⁽¹⁾ studiando la radioattività di acque svedesi trovarono che alcune sorgenti di Stoccolma possedevano la rilevante attività di 32 unità Mache, e che anche le acque di alcuni pozzi scavati nel granito erano fortemente radioattive (in media 22.7 unità Mache).

Bamberger ⁽²⁾ esaminando la radioattività di parecchie sorgenti austriache, specialmente nei dintorni di Tannbach e del Semmering, riscontrò per le sorgenti più forti, un'attività anche maggiore: 47-52 unità Mache. Così pure Wellik ⁽³⁾ trovò radioattive le acque di alcune sorgenti di Gratz e dintorni (6.24-12.9 unità Mache) provenienti da gneis; la radioattività però oscillava a seconda delle condizioni meteorologiche.

Nel 1910 Artmann e Friedler ⁽⁴⁾ eseguirono esperienze sull'acqua della città di Reichenberg e trovarono, come valore medio, 4.9 unità Mache; Dienert e Guillerd ⁽⁵⁾ trovarono notevolmente radioattive le sorgenti della Voulzie, del Durteint e dei dintorni di Provins. Müller ⁽⁶⁾ riscontrò una attività di circa 8 unità Mache nelle acque di alcuni pozzi di Mühlhausen; J. Satterly ⁽⁷⁾ trovò radioattive le acque del Cam e della condotta di Cambridge, riscontrando anche che tali acque contengono disciolte sostanze radioattive (oltre l'emanazione).

Meritano infine speciale menzione le estese ricerche di Schiffner ⁽⁸⁾ sulle acque della Sassonia, dalle quali scaturì che in tale regione si ha un grandissimo numero di acque radioattive e che tra queste alcune, specie quelle provenienti da rocce uranifere, possiedono attività eccezionalmente elevate.

Ora che l'efficacia di acque radioattive per scopi terapeutici è stata osservata in molti casi, sebbene sia difficile determinarne l'effetto quantitativo, poichè altre cause — contenuto in sali, situazione climatica, speciali metodi di cura, ecc. — concorrono certamente ad ottenere i risultati osservati, dovevano apparirci interessanti le ricerche, che andiamo ad esporre, fatte su acque purissime, sgorganti dalla viva roccia e per di più appartenenti ad una regione — quella del Monte Amiata — già nota come stazione climatica saluberrima e vivificante.

Le acque del Monte Amiata sono celebrate per la loro copia e per la purezza e freschezza loro, e con ammirazione ne parla già Pio II nei suoi Commentari. Esse hanno un piccolissimo residuo fisso, che di poco supera

⁽¹⁾ Centralblatt f. Ch., 1908, I, pag. 1084.

⁽²⁾ Centralblatt f. Ch., 1909, I, pag. 399.

⁽³⁾ Centralblatt f. Ch., 1909, I, pag. 1037.

⁽⁴⁾ Centralblatt, 1910, I, pag. 2135.

⁽⁵⁾ Le Radium, 1910, pag. 60.

⁽⁶⁾ Phys. Zeit., 11, pag. 545 (1910).

⁽⁷⁾ Centralblatt, 1910, II, pag. 1723.

⁽⁸⁾ Radioaktive Wässer in Sachsen, 1908, 1909 e 1911.

gr. 0.1 per litro, per alcune è inferiore e scende sino a gr. 0.05 e anche meno. Una buona parte di questo residuo è costituito da silice. Questo va detto per le acque che sgorgano dalle rocce trachitiche, perchè quelle che provengono da rocce sottostanti alla trachite, pure essendo in generale eccellenti, sono più ricche in residuo fisso e in sali di calcio. Dalle acque del Monte Amiata è alimentata la città di Grosseto e presto lo sarà quella di Siena. Il loro studio dal lato chimico fu in gran parte eseguito dal prof. Fausto Sestini.

Lo studio della radioattività delle acque del Monte Amiata si riconnette poi a vari problemi di geologia chimica dei quali è nostra intenzione di trattare in una prossima Nota.

Le presenti esperienze sono state fatte sul posto durante il mese di settembre del 1911 ed hanno fornito risultati inaspettati, mostrando che moltissime delle acque che scaturiscono in quella parte della Toscana sono radioattive non solo, ma che la loro attività è dell'ordine di quella delle più reputate acque minerali.

Le nostre ricerche si sono rivolte anche alle rocce da cui queste acque vengono fuori; e inoltre abbiamo cercato di completarle con alcune misure di dispersione atmosferica.

Prima di esporre i risultati cui siamo giunti, crediamo opportuno dare un breve cenno dei dispositivi e degli apparecchi impiegati.

I. *Misure riguardanti la radioattività delle acque.* — Per queste esperienze usammo, introducendovi solo qualche leggera modificazione, l'apparecchio di Henrich⁽¹⁾; principalmente si cercò di rendere possibili anche le misure di radioattività che non potessero eseguirsi sul posto, e a tale scopo si fece in modo che il recipiente destinato a contenere l'acqua in esame potesse, una volta raccolto il campione, venire ermeticamente chiuso (per evitare qualsiasi perdita) e al momento della misura connesso coll'apparecchio senza bisogno di fare comunicare il contenuto coll'esterno.

Il metodo seguito fu quello di Henrich, di determinare cioè accuratamente la capacità delle singole parti dell'apparecchio e, di volta in volta, il volume del recipiente usato per contenere l'acqua e quello del campione d'acqua prelevato. Il calcolo si fece colla formula di Henrich, tenendo conto ogni volta della dispersione normale (ottenuta cioè con acqua distillata) e della radioattività indotta sulle pareti dell'apparecchio di misura. Questo era costituito da un elettroscopio Elster e Geitel della capacità di 145 cm. con campana da 9300 cm.³; la circolazione dell'aria nell'apparecchio veniva prolungata per circa 5 minuti.

Nella Tabella I sono esposti i risultati delle nostre misure; accanto alla designazione di ogni sorgente abbiamo segnato la località in cui essa

(¹) Zeit. f. ang. Ch., 1910, pag. 340.

si trova, la temperatura (in genere la temperatura esterna all'ombra era di circa 25°), la dispersione corretta come si è detto e l'attività in unità Mache calcolata colla nota formula:

$$\frac{1000 \times D \times C}{300 \times 3600}$$

dove D è la dispersione quale è stata data nella colonna relativa e C è la capacità (14.5 cm.) dell'elettroscopio.

Siccome poi lo stesso elettroscopio con annessa campana è stato usato per altre ricerche (¹), sappiamo che in tale apparecchio 1 volt-ora di dispersione corrisponde a $0,0373 \times 10^{-10}$ mm.³ d'emanazione; abbiamo quindi potuto dare nell'ultima colonna della Tabella stessa la quantità d'emanazione (in mm.³) che è contenuta in un litro dell'acqua esaminata.

A tale Tabella abbiamo poi fatto seguire qualche indicazione che potesse servire da sommario schiarimento.

II. *Radioattività delle rocce.* — Per queste ricerche si è adoperato l'elettroscopio di cui sopra (capacità 14.5 cm.) e si sono usati in generale gr. 125 di sostanza.

Nella Tabella II riportiamo i risultati da noi ottenuti e, in aggiunta, alcuni dati precedentemente ottenuti da uno di noi (²). Facciamo osservare che non si tratta che di esperienze preliminari.

III. *Misure di dispersione atmosferica.* — Fu usato un contaioni di Ebert con elettroscopio della capacità di 18.75 cm. La quantità d'aria aspirata è, in tale apparecchio di 50 l. al minuto primo. In genere la misura si prolungò per 10'. L'elettroscopio venne costantemente caricato negativamente.

La Tabella III riporta i risultati da noi ottenuti in tali ricerche. Su queste misure non abbiamo molto da osservare: solo richiamiamo l'attenzione sopra i valori elevati ottenuti alla sorgente del fiume Fiora, dove è da crederci che si abbia, per il gorgogliamento dell'acqua, una forte quantità d'emanazione; lo stesso è a dirsi per quelli avuti nel casotto della sorgente del Crognolo. Riguardo ai valori più bassi ci asteniamo per ora da ogni considerazione.

(¹) Rend. Lincei, vol. XX, 2° sem., pag. 338 (1911).

(²) R. Nasini e M. G. Levi, Gazz. Chim. It., XL, parte II (1910).

TABELLA I.

Radioattività delle acque.

DENOMINAZIONE DELLA SORGENTE	Località	Temperatura	Dispersione corretta colla formula di Henrich Volt-ora-litro	Attività in unità Mache	Quantità d'emanazione contenuta in 1 litro d'acqua mm. ³
1. 1 ^a polla della sorgente del Crògnolo	Casteldelpiano	10.5	188.0	2.524	7.01 × 10 ⁻¹⁰
2. Acqua del Crògnolo al bottino di distribuzione	id.	11.5	135.1	1.814	5.04 × "
3. Acqua presa alla fonte di piazza Garibaldi e portata in brocca	id.	12.5	37.6	0.505	1.40 × "
4. 1 ^a polla del Crògnolo dopo abbondante pioggia	id.	10.5	185.2	2.486	6.91 × "
5. 1 ^a polla del Crògnolo dopo 5 giorni dal prelevamento	id.	—	87.	1.168	3.24 × "
6. 1 ^a polla del Crògnolo bollita	id.	—	inattiva	—	—
7. Sorgente di Muristaldo	id.	11.5	211.0	2.833	7.87 × "
8. Fonte della Casella	id.	11.5	329.0	4.417	12.27 × "
9. Acque calde	id.	17.5	153.4	2.059	5.72 × "
10. Acqua delle Buche	id.	15.5	6.9	0.093	0.26 × "
11. Burlana	id.	10	294.6	3.955	10.99 × "
12. Acque Arbure	id.	7.5	276.6	3.714	10.32 × "
13. Bugnano	id.	8.5	493.3	6.623	18.40 × "
14. S. Biagio	id.	13	121.7	1.634	4.54 × "
15. Acqua Capenti	Arcidosso	13.5	584.7	7.850	21.81 × "
16. Lanificio	id.	11	231.2	3.104	8.62 × "
17. Fonte del Poeta	id.	11.5	21.9	0.294	0.82 × "
18. Acqua della Madonna	id.	13.5	14.1	0.189	0.53 × "
19. Acqua dei Bagnòli	Bagnòli	21.5	507.7	6.816	18.93 × "
20. Acqua di Seggiano	Seggiano	11.5	110.7	1.486	4.13 × "
21. Acqua Forte	Bagnore	21.5	inattiva	—	—
22. Polla di Sotto	id.	19.5	270.4	3.630	10.09 × "
23. Acqua degli Ontani (portata in brocca)	id.	—	58.0	0.779	2.16 × "
24. Peschiera	Santa Fiora	11.5	313.5	4.209	11.69 × "
25. Fonte di Castello	id.	11.5	535.0	7.183	19.95 × "
26. Acqua del Marroneto	id.	14	122.8	1.649	4.58 × "
27. Famelico	Bagnore	12.5	683.0	9.170	25.48 × "
28. Piscinello	Montagna	8.5	433.6	5.822	16.17 × "
29. Fonte delle Monache	id.	7.5	417.8	5.619	15.58 × "
30. Fonte del Giogo	Bagnòlo	12.5	474.3	6.368	17.69 × "
31. Saragiolo	id.	11.5	261.2	3.507	9.74 × "
32. Vene	Pian Castagnajo	11.5	350.6	4.707	13.08 × "
33. Bagno degli Ebrei	id.	12.5	169.3	2.273	6.31 × "
34. Acqua delle Puzzole	Bagnore	23	inattiva	—	—
35. Acqua del Bottino	Abbadia S. Salvatore	8.5	351.5	4.719	13.11 × "
36. Sorgente dell'Eremicciolo	Vivo	7.8	112.9	1.516	4.21 × "
37. Acqua gialla	id.	8	120.0	1.611	4.48 × "
38. Fonte di Capo Vetra	Montagna	7.5	247.9	3.328	9.25 × "
39. Sambuco	id.	7.5	370.2	4.970	13.81 × "

INDICAZIONI SULLE ACQUE E SULLE ESPERIENZE
DELLA TABELLA PRECEDENTE.

1. Questa sorgente fornisce l'acqua agli abitanti di Casteldelpiano. È protetta da un casotto in muratura (nell'interno del quale fu preso il campione) dal quale parte il condotto che va al paese.
2. Questa misura fu fatta sulla stessa acqua prendendo il campione nel punto in cui detto condotto arriva al bottino donde viene distribuita alle varie fonti pubbliche.
3. Tale esperienza fu eseguita unicamente per avere un'idea della perdita in emanazione che subiva l'acqua prima di venire effettivamente utilizzata dagli abitanti di Casteldelpiano.
4. Questa misura aveva per iscopo di accertare l'influenza delle vicende meteorologiche sulla sorgente.
5. Da questa determinazione scaturisce che l'emanazione disciolta nell'acqua è quella del radio. (Il valore teorico è un po' più basso, cioè circa 75 volt-ora).
6. Il risultato di questa esperienza è che la radioattività dell'acqua è dovuta a emanazione di radio disciolta e non a sostanze radioattive sciolte nell'acqua.
7. Questa sorgente sbocca per mezzo di una galleria sotterranea in una vasca, e poi al disotto di questa forma uno zampillo che ha la temperatura di 10°.5; l'acqua per l'esperienza fu prelevata dalla vasca.
8. È l'acqua che una volta serviva agli abitanti di Casteldelpiano, ed è in parte incondottata. Campione preso alla cannella.
9. L'acqua scaturisce dal terreno; il campione fu preso alla sorgente.
10. Nella località in cui fu presa l'acqua, esiste un laghetto e attorno ad esso esistono le cave di terra gialla: campione prelevato vicino alla sponda.
11. Ha parte del suo percorso sotterraneo; il campione fu preso all'uscita. È posta in montagna.
12. Quest'acqua viene mandata a Grosseto: essendo chiuso il casotto in muratura, il campione fu prelevato ad una bocca da cui si scarica l'acqua eccedente.
13. È situata in montagna; sgorga dalla viva roccia; il campione fu preso alla sorgente.
14. È adibita ad uso pubblico. Campione preso alle cannelle.
15. È la sorgente che fornisce l'acqua ad Arcidosso; nel casotto in muratura costruito alla sorgente esiste una lunga galleria con un fosso cen-

trale (in muratura) nel quale vengono effettivamente a riunirsi le acque di diverse sorgenti; il campione fu preso a metà circa della galleria.

16. Questa sorgente esce dalla viva roccia. Campione preso alla sorgente.

17. Id. id. Id. id.

18. L'acqua di questa polla è in parte incondottata e adibita ad uso pubblico. Campione preso alle cannelle.

19. Alla sorgente, le cui proprietà terapeutiche sono da gran tempo note, è stato costruito un casotto in muratura, la parete di fondo del quale è costituita dalla roccia da cui scaturisce e sulla quale scorre l'acqua; questa è debolmente ferruginosa. Campione preso alla sorgente.

20. Questa sorgente fornisce l'acqua al paese di Seggiano; nel casotto in muratura v'è una galleria alla quale convergono altre due destinate a raccogliere l'acqua di due sorgenti distinte. Il campione fu prelevato alla confluenza delle due sorgenti.

21. Questa polla, utilizzata a scopo terapeutico da lungo tempo, e che viene detta anche acqua acidula delle Bagnore, scaturisce in una casetta all'uopo costruita, ed è protetta da un piccolo bottino dal quale poi esce l'acqua; dalla sorgente esce anche parecchio gas (prevalentemente CO_2); l'acqua è ferruginosa, ma non è molto abbondante (litri 2.64 al minuto).

22. Questa sorgente è adibita ad uso pubblico. Il campione fu preso alle cannelle.

23. Quest'acqua fu esaminata perchè, a differenza di tutte le altre, non scaturisce da rocce trachitiche.

24. Questa importante e grandiosa polla costituisce la sorgente del fiume Fiora; è anche adibita ad uso pubblico; il campione fu preso vicinissimo alla sorgente.

25. Serve per uso pubblico. Campione prelevato alle cannelle.

26. Id. id. Id. id.

27. La sorgente è quasi alla base di un ponte in muratura della strada provinciale, ma scaturisce dalla roccia. Campione preso alla sorgente.

28. È posta in alta montagna (regione dei faggi) e scaturisce dalla trachite; non è però abbondante (litri 2.33 al minuto).

29. Come 28; un po' più abbondante.

30. Viene utilizzata dagli abitanti delle Bagnore; campione preso alla sorgente.

31. Adibita ad uso pubblico; campione preso alle cannelle.

32. È assai copiosa e sorge in una piccola conca (sbocco delle Vene) assieme ad altre minori. Campione preso alla sorgente.

33. Scaturisce dalla viva roccia. Campione prelevato alla sorgente.

34. Sorge a poca distanza dalla strada provinciale, ed è accompagnata da forte sviluppo di CO_2 ed H_2S . Campione preso alla sorgente.

35. È l'acqua potabile di Abbazia S. Salvatore. Il campione fu preso a una bocca di scarico dell'acqua eccedente dal bottino.

36. Questa immensa sorgente è quella la cui acqua verrà mandata a Siena. Il campione è stato preso ad una polla non ancora incondottata, ma assai copiosa.

37. Sul letto del fossetto in cui scorre l'acqua si deposita ferro; sorge nella regione dei faggi. Campione preso alla sorgente.

38. Scaturisce anche questa in alta montagna. Campione preso alla sorgente.

39. Id. id. id. id.

TABELLA II.

Radioattività di materiali solidi.

DENOMINAZIONE DELLA ROCCIA	Dispersione osservata Volt-ora	Corrente di saturazione in Ampère
1. Terra gialla (Casteldelpiano)	inattivo	—
2. Terra rossa (in strati sottostanti alla precedente (Casteldelpiano)	inattivo	—
3. Noduli grafitici nella trachite	5.3	23.7×10^{-16}
4. Deposito ferruginoso dell'acqua del Crògnolo (Casteldelpiano)	inattivo	—
5. Calcare	inattivo	—
6. Sasso occluso nella trachite di Monte Amiata	13.7	$61 \times "$
ROCCIE ESAMINATE DAI PROF. NASINI E LEVI		
1. Trachite di Monte Amiata	19	$85 \times "$
2. Tufo di Monte Amiata	45	$201 \times "$
3. Terra gialla (Arcidosso)	16	$71 \times "$

TABELLA III.

Misure di dispersione atmosferica.

LOCALITÀ	Dispersione in Volt-minuto	Numero di ioni positivi p. cm. ³
1. Al balcone del Laboratorio di Chimica Generale (Pisa) .	0.36	1350
2. Sul terrazzino della casa del prof. Nasini (Casteldelpiano)	0.30	1103
3. Accanto al casotto della sorgente del Crògnolo id.	0.32	1176
4. Dentro id. id. id. id.	0.488	1794
5. Id. id. id. dei Bagnòli (Bagnòli)	0.385	1415
6. Sul muricciolo costeggiante il laghetto formato dalla sorgente della Fiora (punto vicino alla sorgente)	0.732	2691
7. Sul muricciolo costeggiante il laghetto formato dalla sorgente della Fiora (punto più lontano dalla sorgente)	0.60	2205
8. Accanto alla casetta dell'acqua Forte	0.305	1121
9. Dentro allo steccato delle acque Arbure	0.29	1066
10. Accanto alla sorgente Bugnano	0.26	956
11. Id. id. Piscinello	0.285	1048
12. Nello « Sbocco delle Vene » (Piancastagnaio)	0.22	808
13. Ad Abbadia S. Salvatore (lungo la strada provinciale)	0.28	1029
14. Alla sorgente dell'Eremicciòlo (Vivo)	0.192	706

Da quanto precedentemente è stato esposto risulta la notevole attività delle acque del Monte Amiata, radioattività, ripetiamo, tanto più notevole in quanto si tratta di comuni acque sorgive; la radioattività delle rocce non è invece molto elevata, anzi il contrasto tra la forte attività delle acque e quella relativamente piccola dei materiali solidi invita a interessanti studi, che ci proponiamo di intraprendere, insieme ad una ricerca qualitativa, ed eventualmente quantitativa delle emanazioni a breve periodo che, oltre a quella di radio, potessero trovarsi disciolte nell'acqua.

Infine rileviamo che oltre alle acque più importanti che noi abbiamo esaminato altre moltissime minori ve ne sono che per essere della stessa regione (uscenti da rocce trachitiche), o perchè vicinissime ad altre radioattive, fanno ritenere che anch'esse siano attive.

Ancora una volta poi mettiamo in rilievo come tale proprietà debba avere, anche in tali paesi, conseguenze importantissime dal punto di vista della medicina e dell'igiene.