

ANNUARIO 2016



FONDAZIONE OSSERVATORIO XIMENIANO *ONLUS*
FIRENZE

ANNUARIO 2016



**FONDAZIONE OSSERVATORIO XIMENIANO *ONLUS*
FIRENZE**

In copertina: Fotosismografo Orizzontale Alfani (c.1930)

Fondazione Osservatorio Ximeniano onlus
via Borgo San Lorenzo, 26 - 50123 Firenze
Tel. 055 210420 - Fax 055 214658
www.ximeniano.it
info@ximeniano.it

Proprietà letteraria riservata
© Fondazione Osservatorio Ximeniano onlus - Firenze
Marzo 2018

Indice

Presentazione <i>Mario Calamia</i>	7
Commento all'andamento meteorologico a Firenze nell'anno 2016 <i>Renzo Macii</i>	9
Il parelio osservato a Firenze il 7 ottobre 1871 <i>Emilio Borchi e Renzo Macii</i>	27
Le fluttuazioni termodinamiche e la radiazione di Rayleigh <i>Emilio Borchi, Renzo Macii e Antonio Raschi</i>	31
Il clima di Firenze Capitale (1865 – 1870) <i>Emilio Borchi e Renzo Macii</i>	39
SISMOLOGIA	41
Attività della sezione Sismologia nel 2016 <i>Graziano Ferrari</i>	43
RADIOTECNICA	53
Generazione simultanea di più fasci di Bessel di ordine superiore con una antenna RLSA <i>Agnese Mazzinghi e Angelo Freni</i>	55
ARCHIVIO E BIBLIOTECA	63
Inventariazione dei beni della Fondazione Osservatorio Ximeniano Archivio dei sismogrammi storici <i>Aubrey Westinghouse e Graziano Ferrari</i>	65
Inventariazione dei beni della Fondazione Osservatorio Ximeniano Fondo Cartografico e Biblioteca moderna <i>Aubrey Westinghouse</i>	67

MUSEO	69
Gli strumenti di Philippe Vayringe all'Osservatorio Ximeniano <i>Emilio Borchì e Lawrence Westinghouse</i>	71
Il pendolo "Galileo" dell'Osservatorio Ximeniano <i>Pier Luigi Filetti</i>	77
Il recupero degli apparati radio dell'Osservatorio Ximeniano più che un restauro <i>Mario Calamia e Giovanni Manneschi</i>	83
ALTRE ATTIVITÀ	95
Convenzione Alternanza scuola-lavoro con l'Educandato della SS. Annunziata <i>Aubrey Westinghouse e Graziano Ferrari</i>	97
Pubblicazioni e Notiziario	105

Presentazione

Dopo la ripresa della pubblicazione dell'Annuario relativo alle attività della Fondazione Osservatorio Ximeniano onlus (FOX), con l'edizione 2014-2015, sembrava opportuno continuare anche con l'edizione 2016.

Ho già avuto occasione di dire che, se è importante fare, non è meno importante fare sapere ciò che si è fatto. L'Annuario ha proprio il compito di evidenziare il lavoro di tanti collaboratori impegnati a salvaguardare un patrimonio eccellente.

Anche il 2016 è stato un anno ricco di attività delle varie sezioni della FOX sia nella ricerca e nel servizio alla scienza e alla società sia nell'inventariazione, conservazione e studio del ricchissimo patrimonio storico-scientifico sedimentatosi nei duecentosessant'anni di storia dell'Osservatorio Ximeniano.

Troviamo, quindi, la tradizionale trattazione dell'andamento meteorologico dell'anno di riferimento, con relativo commento di confronto con andamenti in decenni precedenti. A questo sono affiancati altri contributi di meteorologia sull'osservazione di un parelio nel 1871 e il clima nel periodo di Firenze Capitale (1865-1870). Un ultimo contributo sulle fluttuazioni termodinamiche in relazione alla radiazione di Rayleigh è il risultato della storica collaborazione fra la FOX e l'Istituto di Biometeorologia del CNR.

Ancora molto attiva, anche se con modalità molto diverse dai tempi storici dell'Osservatorio, è la sezione di Sismologia con il nostro contributo al monitoraggio continuo della sismicità italiana, condotto all'interno della Rete Sismica Nazionale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Una collaborazione continuativa da oltre 60 anni. Nei contributi di questa sezione, sono anche ricordati alcuni momenti degli ultimi 150 anni in cui l'Osservatorio Ximeniano e i suoi direttori sono stati protagonisti a diverso titolo: dalla prestigiosa collaborazione fra Guido Alfani e il sismologo giapponese Fusakichi Omori, allo studio del terremoto del 1916 nel Riminese da parte di Alfani stesso, fino alla drammatica devastazione del Gabinetto sismologico sotterraneo nell'alluvione a Firenze del 1966.

La sezione Radiotecnica propone il risultato di una ricerca avanzata sulla generazione di onde vorticosi per applicazioni di telecomunicazioni; un progetto frutto della collaborazione fra l'Università di Firenze e l'Osservatorio Ximeniano, finanziato dall'Ente Cassa di Risparmio di Firenze. Inoltre, anche se inserita nella Sezione Museo, si segnala la presentazione, in forma completa e definitiva, dell'importante lavoro di recupero, restauro e, ove necessario, ricostruzione del laboratorio di Alfani. Si ritiene infatti che tale laboratorio, perfettamente funzionante in tutti i suoi componenti, faccia parte integrante della sezione di Radiotecnica.

Poi l'Annuario presenta le attività di inventariazione, recupero e studio del proprio patrimonio di pregio sia bibliografico e documentario sia strumentale. In particolare è descritto sinteticamente quanto si è fatto per l'inventariazione dei sismogrammi storici, in corso di riprodu-

zione digitale all'INGV di Roma, e quanto si farà per l'inventariazione del Fondo Cartografico e la Biblioteca Moderna. Per quanto riguarda la strumentazione storica, tre contributi riportano tre casi di studio che evidenziano l'importanza del patrimonio strumentale della FOX.

Una sezione Altre attività di questo Annuario riassume l'impegno della FOX nell'ambito della divulgazione, del rapporto con le scuole e della comunicazione scientifica e storica della propria tradizione.

Un grazie particolare alla prof.ssa Monica Gherardelli, che cominciò il lavoro di raccolta dei contributi e al dr. Graziano Ferrari che si è speso per mesi per renderne possibile la pubblicazione.

Sono, infine, grato al prof. Andrea Cantile (diventato Presidente nel maggio 2017) per avere voluto confermare questa opportunità.

Mario Calamia

*Presidente Fondazione Osservatorio Ximeniano
(maggio 2014-maggio 2017)*

Meteorologia



Commento all'andamento meteorologico a Firenze nell'anno 2016

Renzo Macii

Responsabile della Sezione Meteorologia della Fondazione Osservatorio Ximeniano

Nelle nostre considerazioni sull'andamento del tempo del 2016 abbiamo preso come riferimento i valori medi della temperatura e della pioggia cumulata, misurate all'Osservatorio Ximeniano nel periodo 1971-1998.

Abbiamo anche preso in considerazione i valori di questi parametri per il periodo 1984-2013, cioè per i 30 anni antecedenti al 2016; questi dati possono essere utili per un'analisi delle possibili variazioni climatiche.

Temperatura dell'aria

La tabella 1 riporta i valori medi della tempe-

Tab. 1 –Temperature mensili del periodo di riferimento 1971-1998, del 2016 e scostamenti dalle medie (valori in °C)

Anno	1971 - 1998				2016			scostamento 2016 da medie	
	med.	max.	min.	med.	max.	min.	med.	max.	min.
gennaio	6,9	10,1	4,1	8,3	16,6	-2,2	1,4	6,5	-6,3
febbraio	7,7	11,7	4,3	10,6	17,5	2,1	2,9	5,8	-2,2
marzo	10,4	15	6,4	11,4	23,1	3,6	1,0	8,1	-2,8
aprile	13,3	18,2	8,7	16,1	27,1	7,2	2,8	8,9	-1,5
maggio	18	23,4	12,5	18,0	30,2	9,8	0,0	6,8	-2,7
giugno	21,7	27,4	15,7	22,1	35,8	13,9	0,4	8,4	-1,8
luglio	25,2	31,2	18,5	26,1	35,1	15,2	0,9	3,9	-3
agosto	24,6	31	18,6	25,3	34,5	15,5	0,7	3,5	-3,1
settembre	20,4	26,1	15,6	22,9	33,9	12,3	2,5	7,8	-3,3
ottobre	15,5	20,2	11,8	16,1	25,2	6,6	0,6	5	-5,2
novembre	10,2	13,8	7,4	11,9	20,7	0,2	1,7	6,9	-7,2
dicembre	7,3	10,4	4,8	7,5	16,8	-0,6	0,2	6,4	-5,4
medie anno	15,1	19,875	10,7	16,4	35,8	-2,2	1,3	6,5	-3,7

ratura (media, massima e minima) sia per il periodo di riferimento, che per il 2016 e i loro scostamenti dai valori di questo periodo.

La figura 1 riporta i valori della temperatura media e la figura 2 quelli della temperatura massima e minima per l'anno 2016.

Nell'anno la media annuale delle temperature ha assunto il valore di 16,4°C, più alto di 0,3°C rispetto a quello medio del 2013 (16,1°C) e più alto di 1,3°C di quello del periodo di riferimento (15,1°C).

I primi mesi sono stati i più freddi dell'anno; la temperatura media tuttavia si è mantenuta

più alta di quella del periodo di riferimento sino al mese di maggio. Nei mesi di giugno luglio e agosto la temperatura media si è mantenuta ad un livello quasi costante con valori simili a quelli del periodo di riferimento.

Questo fatto si spiega analizzando l'andamento delle temperature massima e minima per l'intero anno (Fig.2) La temperatura massima si è mantenuta più alta di quella del periodo di riferimento, mentre quella minima ad un valore inferiore. La differenza tra questi ha riportato i valori della temperatura media ai livelli di quella del periodo di riferimento.

La temperatura media si è mantenuta a un livello quasi costante e non troppo elevato nei mesi di giugno, luglio e agosto. Il mese più

caldo è stato luglio, con una temperatura media di $26,1^{\circ}\text{C}$, valore più alto di quello del periodo di riferimento ($21,7$) di $4,4^{\circ}\text{C}$.

Il giorno 24 giugno abbiamo rilevato la temperatura di $35,8^{\circ}\text{C}$, che rappresenta il valore più alto dell'intero anno. Il 20 gennaio è stata rilevata una temperatura di $-2,2^{\circ}\text{C}$ che rappresenta il valore più basso dell'intero anno .

Da un'analisi dei grafici si deduce anche che la temperatura massima del 2016 si è mantenuta più alta, in tutti i mesi dell'anno, di quella del periodo di riferimento mentre quella minima si è costantemente mantenuta su valori inferiori. Un'ulteriore conferma di questo andamento si ha anche dal confronto dell'escursione termica mensile tra il 2016 e il periodo di riferimento (figura 3).

I grafici che rappresentano la temperatura media e massima del 2016, se confrontati con quelle del periodo di riferimento, sembrano mostrare un aumento del valore questi parametri. Più significativo da questo punto di vista è il grafico di figura 4 che mostra l'andamento della temperatura media nel periodo 1984-2013 ovvero nei trenta anni antecedenti. Come si può notare la temperatura sembra aumentata, come del resto mostra la linea di tendenza associata al grafico.

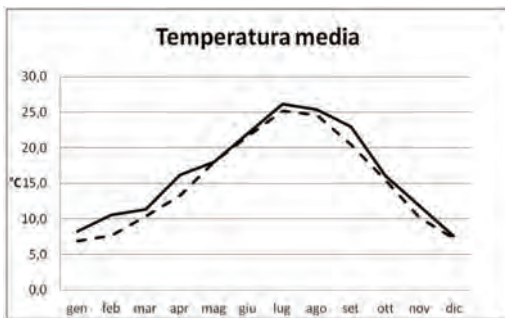


Fig. 1. Andamento della temperatura media mensile dell'aria. La curva a tratto intero è riferita al 2016, mentre quella tratteggiata al periodo di riferimento.

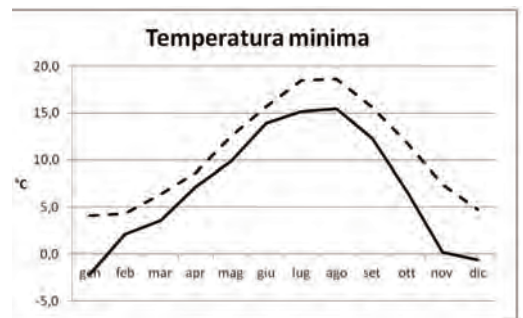
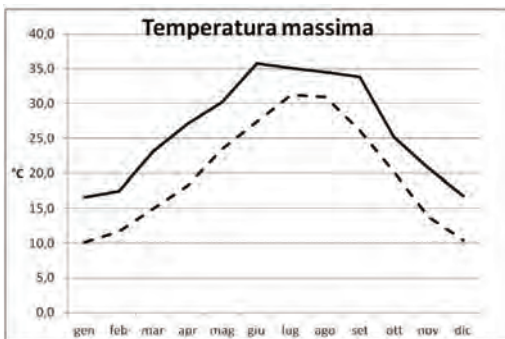


Fig. 2. Andamento della temperatura massima e minima per il 2016 (curve a tratto pieno); le curve tratteggiate rappresentano l'andamento delle stesse grandezze per il periodo di riferimento.

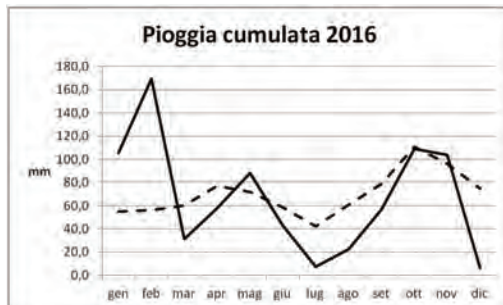


Fig. 3 - Escursione della temperatura media mensile per il 2016 (tratto pieno) e per il periodo di riferimento (tratteggiato).

Fig. 5 - Pioggia cumulata nei mesi del 2016 (a tratto pieno); la curva tratteggiata rappresenta la media della pioggia cumulata nei vari mesi del periodo di riferimento.

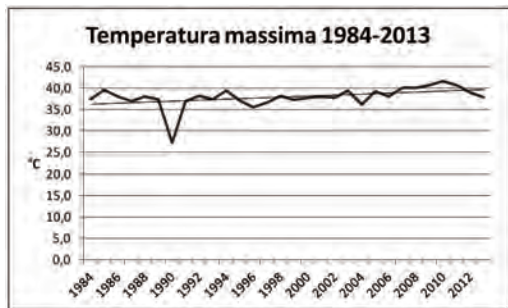
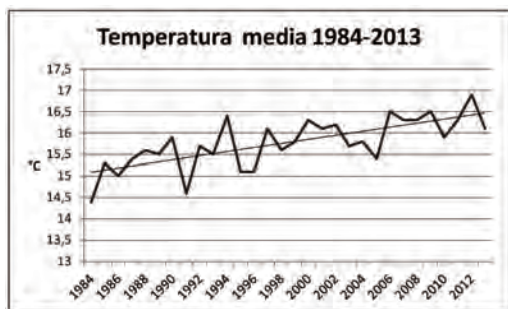


Fig. 4. - Andamento della temperatura media (sopra) e di quella massima (sotto) per il periodo 1984-2013; le rette che compaiono sotto i grafici rappresentano le linee di tendenza.

stato dicembre con una piovosità di 6,0 mm. La pioggia cumulata nell'intero anno è sta di 800,3 mm, valore inferiore a quello medio del periodo di riferimento (844,7 mm).

L'aspetto singolare di questo andamento è senza dubbio rappresentato dalla distribuzione della pioggia nei vari mesi, ben diverso da quello del periodo di riferimento; si nota che nei primi mesi dell'anno (gennaio, febbraio) si ha un valore della pioggia cumulata notevolmente superiore a quello del periodo di riferimento. Il mese di marzo, che usualmente è un mese abbastanza piovoso, invece ha registrato una bassa quantità di pioggia. I mesi di ottobre e novembre si sono mantenuti della media del periodo di riferimento. Dicembre infine si è mostrato il mese meno piovoso dell'anno; la pioggia cumulata in questo mese si è mante-

Pioggia

La distribuzione media mensile delle precipitazioni nel corso dell'anno è rappresentata dal grafico di figura 5. Si osserva che il mese più piovoso è stato febbraio con una precipitazione media di 169,5, mm mentre il più asciutto è

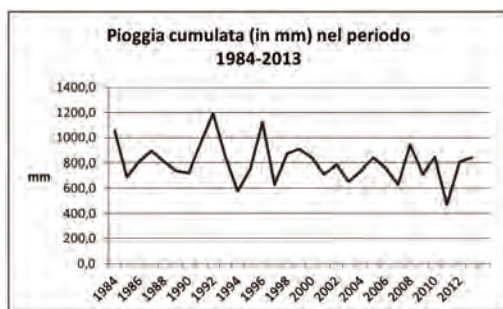


Fig. 6 - Andamento annuale della pioggia cumulata nel periodo 1984- 2013.

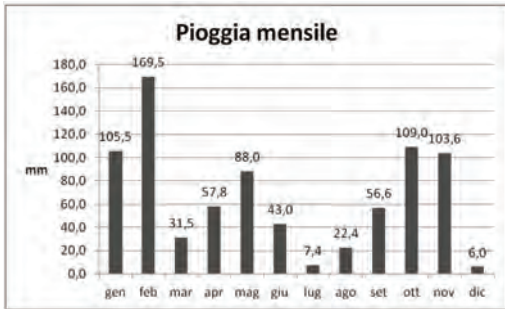


Fig. 7 - Distribuzione della pioggia caduta nei vari mesi del 2016.

nuta ben al di sotto di quella del periodo di riferimento.

La figura 6 riporta l'andamento della pioggia cumulata nei vari mesi dell'anno per il periodo 1984-2013 al fine di un confronto con i dati della pioggia del 2016.

L'istogramma di figura 7 infine mostra la distribuzione della pioggia caduta nei vari mesi dell'anno.

Vento

La tabella 2 riporta per ciascun mese dell'anno 2016 la velocità media del vento e quella massima registrate dai nostri anemometri e la sua direzione. I valori della velocità sono espressi in m/s, mentre quelli della direzione media in gradi sessagesimali a partire dal valore 0° che corrisponde al Nord, con rotazione oraria,

La figura 8 riporta l'andamento della velocità media (linea intera) e della velocità massima (linea a punti) per ciascun mese dell'anno.

	media	massima	direzione
gennaio	1,5	7,7	161°
febbraio	1,8	9,5	176°
marzo	2,5	8,5	134°
aprile	1,9	7,1	185°
maggio	2,1	8,2	174°
giugno	2,0	6,8	187°
luglio	2,1	7,0	191°
agosto	2,5	7,9	152°
settembre	1,8	6,6	145°
ottobre	1,5	6,2	136°
novembre	1,4	7,7	144°
dicembre	1,5	6,5	133°

Tab. 2 - Velocità media e massima del vento (in m/s) e sus direzione media di provenienza (in gradi sessagesimali), per ciascun mese del 2016.

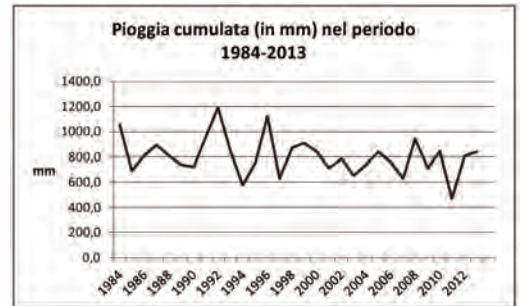


Fig. 8 - Andamento della velocità media (tratto intero) e massima (linea a punti) del vento in m/s nel corso del 2016.

Come si può notare la velocità media non ha subito nel corso dell'anno grandi variazioni. La velocità massima invece ha avuto valori più elevati nei primi mesi dell'anno. Il mese con veloci media più elevata è stato febbraio con 9,5 m/s.

Tavole delle misure e dei rilevamenti meteorologici 2016

LEGENDA

Nelle tabelle le intestazioni delle colonne rappresentano:

- g** giorno del mese
- s** giorno della settimana
- n** giorno dell'anno a partire dal 1° gennaio
- T** media temperatura media dell'intero giorno in °C
- Tmax** temperatura massima dell'intero giorno in °C
- Tmin.** temperatura minima dell'intero giorno in °C
- Esc** escursione della temperatura ovvero la differenza tra il suo valore massimo e quello minimo
- Rhmed** umidità media relativa dell'aria in %
- Vmedia** velocità media del vento in m/s, dell'intero giorno
- Vmax.** velocità massima del vento in m/s, dell'intero giorno
- Dir med** direzione media della velocità (media) del vento in gradi sessagesimali a partire dal Nord, con rotazione oraria.
- Pioggia** La pioggia cumulata nell'intera giornata; il valore è dato in mm e si riferisce alla pioggia caduta sopra una superficie di 1 m².

Riportiamo qui di seguito una tabella dove sono riportate le principali direzioni dei venti espresse sia con la vecchia nomenclatura che fa riferimento alla rosa dei venti che in gradi sessagesimali.

N	Nord	0
NNE	Nord-Nord-Est	22,5°
NE	Nord-Est	45*
ENE	Est-Nord-Est	67,5°
E	Est	90°
ESE	Est-Sud-Est	112,5
SE	Sud-Est	135°
SSE	Sud-Sud-Est	157,5°
S	Sud	180°
SSW	Sud-Sud-Ovest	202,5
SW	Sud-Ovest	225°
WSW	Ovest-Sud-Ovest	247,5°
W	Ovest	270°
WNW	Ovest-Sud-Ovest	292,5°
NW	Nord-Ovest	315°
NNW	Nord-Nord-Ovest	337,5°

Gennaio 2016

Giorno			Temperatura dell'aria				Umidità	Vento			Pioggia
g	s	u	Tmed	Tmax	Tmin	Esc	Rhmed	Vmed	Vmax	Dir med	Pioggia
1	v	1	5,8	11,3	1,6	9,7	61,2	1,4	3,1	142	0,0
2	s	2	7,5	9,6	5,2	4,4	88,4	1,0	3,4	225	22,6
3	d	3	7,8	10,2	5,7	4,5	69,2	2,0	5,3	122	1,2
4	l	4	7,3	11,0	5,0	6,0	91,8	0,9	2,1	203	7,2
5	m	5	9,3	11,7	6,8	4,9	94,4	0,6	1,8	150	6,0
6	m	6	8,0	8,7	6,7	3,4	85,8	1,1	2,6	158	15,0
7	g	7	7,7	9,4	6,0	3,4	87,6	1,5	3,2	133	5,2
8	v	8	9,7	11,4	8,1	3,3	96,1	0,3	1,3	182	0,8
9	s	9	12,8	16,6	8,8	7,8	82,3	1,2	3,0	173	3,0
10	d	10	14,6	16,5	13,1	3,4	72,0	2,7	4,6	229	2,8
11	l	11	14,5	16,5	12,8	3,7	64,2	4,5	7,7	230	3,8
12	m	12	12,4	13,7	11,6	2,1	53,1	4,0	7,0	250	0,0
13	m	13	10,6	14,4	5,7	8,7	50,1	1,5	2,8	189	0,0
14	g	14	6,8	8,1	4,7	3,4	80,2	1,4	2,7	159	30,2
15	v	15	7,6	11,8	2,2	9,6	62,6	1,3	4,3	177	2,6
16	s	16	5,7	9,1	1,2	7,9	46,3	2,4	5,5	71	0,0
17	d	17	4,3	8,6	0,8	7,8	40,5	1,4	5,3	134	0,0
18	l	18	3,7	7,6	-1,0	8,6	32,3	1,1	2,3	173	0,0
19	m	19	2,4	8,8	-2,1	10,9	45,0	1,0	2,1	146	0,0
20	m	20	2,2	6,1	-2,2	8,3	60,6	1,1	3,5	141	0,0
21	g	21	5,0	10,7	0,6	10,1	66,3	1,4	2,5	89	0,0
22	v	22	4,7	11,2	-0,1	11,3	60,9	1,5	3,1	116	0,0
23	s	23	3,3	7,1	0,4	6,7	70,7	0,6	2,1	130	0,0
24	d	24	4,4	11,7	-1,1	12,8	69,3	1,0	3,2	142	0,0
25	l	25	6,4	9,2	3,2	6,0	69,9	0,7	2,3	143	0,0
26	m	26	10,3	13,6	7,0	6,6	75,1	0,3	1,4	132	0,0
27	m	27	12,1	13,4	11,2	2,2	84,8	1,2	3,8	163	0,3
28	g	28	12,2	13,3	11,1	2,2	87,4	0,4	2,1	153	2,0
29	v	29	12,7	15,6	11,0	4,6	72,1	1,0	2,2	165	0,0
30	s	30	12,6	15,5	10,6	4,9	72,3	2,4	5,2	174	0,6
31	d	31	12,3	13,2	11,8	1,4	76,3	2,3	4,8	211	2,2

Febbraio 2016

Giorno			Temperatura dell'aria				Umidità	Vento			Pioggia
g	s	u	Tmed	Tmax	Tmin	Esc	Rhmed	Vmed	Vmax	Dir med	Pioggia
1	l	32	13,9	17,5	9,7	7,8	71,6	1,0	2,2	147	0,0
2	m	33	11,4	13,8	8,8	5,0	83,4	0,5	2,0	192	0,1
3	m	34	12,4	14,2	7,3	6,9	70,4	1,7	5,9	202	6,2
4	g	35	8,7	13,7	4,0	9,7	47,5	1,7	3,4	210	0,0
5	v	36	7,4	14,5	2,1	12,4	58,2	1,1	2,8	153	0,0
6	s	37	8,5	13,5	3,0	10,5	67,3	1,0	2,5	167	0,0
7	d	38	11,9	13,7	10,3	3,4	61,9	4,0	5,5	139	0,2
8	l	39	12,8	15,3	11,5	3,8	67,8	2,5	4,9	193	2,2
9	m	40	13,3	15,6	11,8	3,8	60,7	3,3	7,2	226	5,8
10	m	41	5,6	13,1	7,9	5,2	49,2	5,7	9,5	242	4,4
11	g	42	8,9	13,8	4,5	9,3	53,0	1,1	3,5	209	1,6
12	v	43	9,2	12,3	7,1	5,2	81,9	1,2	4,9	183	35,6
13	s	44	10,5	13,4	8,6	4,8	70,8	1,5	4,4	229	6,0
14	d	45	12,7	14,4	10,7	3,7	69,2	2,1	6,6	192	21,9
15	l	46	9,5	11,5	8,2	3,3	77,6	1,1	3,4	103	18,2
16	m	47	10,1	13,2	8,1	5,1	72,7	3,3	7,5	106	15,1
17	m	48	7,9	9,3	6,0	3,3	85,7	1,1	4,9	133	7,4
18	g	49	9,5	12,9	5,9	7,0	73,0	1,5	3,7	250	0,0
19	v	50	9,5	12,8	7,1	5,7	70,5	1,8	4,9	193	3,6
20	s	51	9,1	13,3	4,5	8,8	61,0	1,3	3,9	244	1,2
21	d	52	11,0	13,5	7,6	5,9	65,3	1,1	3,6	160	0,0
22	l	53	11,8	16,5	6,9	9,6	66,0	1,2	2,9	162	0,0
23	m	54	12,5	15,2	10,2	5,0	74,9	1,2	3,9	217	6,6
24	m	55	13,3	16,0	11,3	4,7	66,5	0,9	3,2	145	0,2
25	g	56	11,6	15,0	9,6	5,4	78,0	1,3	3,5	189	7,8
26	v	57	9,9	12,2	9,0	3,2	79,0	1,1	3,4	127	2,0
27	s	58	10,4	14,1	8,4	5,7	73,9	2,2	5,1	118	10,0
28	d	59	12,1	14,7	9,9	4,8	66,7	2,2	4,6	135	9,0
29	l	60	11,0	13,0	8,5	4,5	71,1	2,8	5,9	133	4,4

Marzo 2016

Giorno			Temperatura dell'aria				Umidità	Vento			Pioggia
g	s	u	Tmed	Tmax	Tmin	Esc	Rhmed	Vmed	Vmax	Dir med	Pioggia
1	m	61	9,9	15,2	4,7	10,5	67,2	1,5	4,4	127	0,0
2	m	62	10,4	15,8	5,3	10,5	63,7	1,7	4,1	214	1,6
3	g	63	8,5	12,1	6,4	5,7	56,8	2,5	7,1	137	2,6
4	v	64	9,3	13,7	3,9	9,8	48,5	1,4	3,5	150	0,0
5	s	65	11,0	15,5	9,0	6,5	61,7	3,2	5,9	168	9,0
6	d	66	8,9	12,8	6,2	6,6	71,6	1,7	4,5	166	11,2
7	l	67	7,4	11,0	5,0	6,0	74,8	1,7	3,8	145	0,0
8	m	68	6,6	8,7	5,1	3,6	74,9	1,6	4,2	153	0,4
9	m	69	7,6	10,3	4,9	5,4	63,5	2,5	5,1	68	0,2
10	g	70	10,4	13,3	7,6	5,7	50,1	3,3	6,5	46	0,0
11	v	71	11,2	12,8	9,6	3,2	52,3	4,0	7,1	50	0,0
12	s	72	12,2	14,2	11,0	3,2	47,2	3,9	5,5	56	0,0
13	d	73	11,3	12,1	10,4	1,7	47,6	3,9	5,6	65	0,0
14	l	74	11,0	13,4	9,2	4,2	45,0	3,9	6,3	54	0,0
15	m	75	11,4	15,4	8,4	7,0	38,2	1,6	3,6	173	0,0
16	m	76	10,7	13,4	8,9	4,5	45,8	3,4	6,0	78	0,0
17	g	77	11,1	13,6	8,9	4,7	51,9	4,4	6,6	55	0,0
18	v	78	13,0	19,3	6,5	12,8	44,1	1,6	3,9	178	0,0
19	s	79	11,4	17,5	5,4	12,1	59,5	1,7	4,4	197	0,0
20	d	80	12,2	16,4	7,8	8,6	66,0	1,4	2,8	189	2,5
21	l	81	12,9	16,3	10,5	5,8	73,4	1,8	3,6	89	4,0
22	m	82	14,4	17,6	10,2	7,4	53,3	4,9	8,5	68	0,0
23	m	83	11,1	13,6	9,3	4,3	42,5	4,5	7,6	55	0,0
24	g	84	12,6	16,3	8,4	7,9	27,2	3,1	5,5	77	0,0
25	v	85	11,2	16,7	3,6	13,1	38,7	1,8	4,1	217	0,0
26	s	86	12,9	19,3	5,9	13,4	46,7	1,4	3,7	185	0,0
27	d	87	11,7	17,4	5,9	11,5	62,6	2,0	4,2	212	0,0
28	l	88	12,9	16,6	11,1	5,5	75,7	1,5	5,5	185	0,0
29	m	89	14,8	19,4	10,9	8,5	58,4	1,9	5,2	204	0,0
30	m	90	15,5	20,6	10,6	10,0	62,7	1,5	3,6	206	0,0
31	g	91	16,9	23,1	10,3	12,8	54,2	1,0	2,3	175	0,0

Giorno			Temperatura dell'aria				Umidità	Vento			Pioggia
g	s	u	Tmed	Tmax	Tmin	Esc	Rhmed	Vmed	Vmax	Dir med	Pioggia
1	v	92	17,4	22,5	13,1	9,4	50,3	1,4	3,9	158	0,0
2	s	93	17,7	23,7	12,8	10,9	49,7	3,4	7,1	86	0,0
3	d	94	17,4	24,3	10,8	13,5	52,4	1,2	2,6	190	0,0
4	l	95	18,8	24,8	12,8	12,0	46,5	1,9	4,5	189	0,0
5	m	96	18,9	25,4	11,7	13,7	42,3	1,3	2,6	161	0,0
6	m	97	19,2	27,1	11,0	16,1	43,3	1,6	2,8	223	0,0
7	g	98	18,8	26,6	11,1	15,5	43,1	1,5	3,6	208	0,0
8	v	99	15,4	17,5	12,3	5,2	63,3	1,4	3,6	213	1,6
9	s	100	12,7	16,3	9,2	7,1	65,1	1,5	4,1	186	0,0
10	d	101	14,1	20,2	9,7	10,5	59,1	1,7	5,0	217	0,0
11	l	102	15,0	21,4	8,1	13,3	54,1	1,9	3,7	214	0,0
12	m	103	16,3	22,6	10,0	12,6	56,2	1,5	4,0	217	0,0
13	m	104	16,4	22,0	11,5	10,5	62,0	1,8	3,9	217	0,0
14	g	105	16,3	20,1	11,6	8,5	54,3	2,7	4,8	240	0,0
15	v	106	16,2	22,5	8,7	13,8	48,6	2,5	4,8	226	0,0
16	s	107	17,7	23,7	10,9	12,8	46,2	2,0	4,3	192	0,0
17	d	108	18,1	22,6	13,6	9,0	52,2	1,8	4,5	182	0,0
18	l	109	17,2	21,4	12,4	9,0	50,3	2,1	4,5	206	0,0
19	m	110	16,3	21,2	11,3	9,9	43,7	2,6	6,3	97	0,0
20	m	111	16,9	23,5	9,4	14,1	39,4	2,9	6,9	101	0,0
21	g	112	17,3	24,8	9,4	15,4	36,6	1,9	5,3	195	0,0
22	v	113	16,5	20,6	12,9	7,7	55,8	1,9	3,0	232	0,0
23	s	114	13,8	15,1	12,8	2,3	82,9	1,3	2,6	181	24,0
24	d	115	13,8	16,4	10,0	6,4	82,9	1,3	4,8	128	10,4
25	l	116	17,3	15,9	7,9	8,0	44,8	2,8	6,0	156	1,2
26	m	117	11,4	15,1	7,2	7,9	58,6	2,4	5,9	206	0,0
27	m	118	14,2	16,9	7,2	9,7	49,1	3,6	7,0	233	0,0
28	g	119	13,0	16,8	9,8	7,0	64,9	1,1	2,6	188	0,0
29	v	120	15,4	21,4	8,4	13,0	55,7	1,8	4,6	121	0,0
30	s	121	14,6	21,9	9,3	12,6	66,1	1,3	3,2	178	20,6

Maggio 2016

Giorno			Temperatura dell'aria				Umidità	Vento			Pioggia
g	s	u	Tmed	Tmax	Tmin	Esc	Rhmed	Vmed	Vmax	Dir med	Pioggia
1	d	122	14,3	18,8	11,0	7,8	61,4	2,1	5,7	158	2,6
2	l	123	14,7	17,3	12,2	5,1	59,3	2,4	4,3	72	3,6
3	m	124	17,5	23,0	12,5	10,5	48,3	1,9	4,2	140	3,2
4	m	125	17,8	23,9	12,0	11,9	47,6	1,9	3,3	132	0,0
5	g	126	17,4	20,6	13,9	6,7	39,7	3,5	6,1	78	0,0
6	v	127	17,8	24,0	9,8	14,2	44,6	2,0	3,6	123	0,0
7	s	128	17,3	23,7	11,0	12,7	55,8	2,2	5,8	143	0,0
8	d	129	17,9	22,3	14,4	7,9	61,7	1,3	3,4	152	8,0
9	l	130	19,1	24,0	14,7	9,3	58,5	1,4	2,9	150	0,2
10	m	131	20,8	25,0	16,1	8,9	53,6	1,7	4,3	190	0,0
11	m	132	18,5	19,8	16,6	3,2	68,8	1,2	2,4	160	8,8
12	g	133	17,0	19,5	15,1	4,4	63,1	3,6	7,4	251	6,0
13	v	134	17,1	19,9	14,7	5,2	55,8	3,0	8,1	251	4,6
14	s	135	17,5	22,5	13,8	8,7	67,6	1,6	5,5	213	10,0
15	d	136	17,2	22,0	14,5	7,5	67,1	1,2	4,5	155	6,0
16	l	137	16,1	21,2	11,7	9,5	55,8	2,3	4,7	85	2,0
17	m	138	17,2	21,5	12,2	9,3	53,5	1,4	3,1	150	0,0
18	m	139	17,1	22,5	10,4	12,1	55,7	2,2	3,9	199	0,0
19	g	140	15,0	20,6	12,8	7,8	67,1	2,8	6,2	150	12,4
20	v	141	17,7	22,7	13,0	9,7	50,0	2,9	5,6	75	0,0
21	s	142	19,6	26,5	11,2	15,3	46,7	2,1	4,7	205	0,0
22	d	143	20,6	27,6	12,1	15,5	41,6	2,0	3,8	208	0,0
23	l	144	16,4	19,0	13,7	5,3	55,9	3,1	8,2	211	2,6
24	m	145	16,2	21,2	11,5	9,7	58,7	2,4	5,4	219	0,0
25	m	146	17,8	22,8	12,0	10,8	54,0	2,1	3,8	222	0,0
26	g	147	20,2	26,7	12,4	14,3	48,4	1,4	2,7	217	0,0
27	v	148	23,1	30,2	15,2	15,0	47,6	1,7	3,9	191	0,0
28	s	149	23,0	30,1	16,0	14,1	43,5	1,8	5,2	222	0,0
29	d	150	19,2	21,9	17,4	4,5	63,8	2,3	4,9	201	18,0
30	l	151	19,6	19,6	16,0	3,6	50,4	3,2	6,5	245	0,0
31	m	152	18,2	22,3	13,3	9,0	55,8	3,0	6,2	224	0,0

Giugno 2016

Giorno			Temperatura dell'aria				Umidità	Vento			Pioggia
g	s	u	Tmed	Tmax	Tmin	Esc	Rhmed	Vmed	Vmax	Dir med	Pioggia
1	m	153	17,5	21,4	14,8	6,6	66,0	1,7	3,6	225	2,2
2	g	154	16,9	19,2	15,4	3,8	78,0	1,6	3,6	199	3,4
3	v	155	18,2	21,3	15,7	5,6	72,0	1,4	2,8	203	0,8
4	s	156	19,3	23,2	16,7	6,5	68,5	1,4	2,9	227	1,4
5	d	157	20,5	25,0	16,9	8,1	57,6	1,7	4,4	236	0,8
6	l	158	19,4	25,8	14,7	11,1	66,9	1,6	4,9	139	4,0
7	m	159	21,5	28,9	15,5	13,4	65,9	1,6	5,4	138	0,0
8	m	160	19,7	26,6	16,8	9,8	76,6	1,7	6,0	163	5,4
9	g	161	19,5	22,4	17,1	5,3	73,8	1,7	3,2	123	1,0
10	v	162	22,0	26,6	17,5	9,1	57,3	1,9	3,8	99	0,0
11	s	163	22,1	26,4	17,8	8,6	60,0	2,4	5,2	210	0,0
12	d	164	21,3	24,4	19,2	5,2	65,1	1,8	4,3	176	11,6
13	l	165	21,2	25,7	17,6	8,1	65,4	1,8	4,0	239	0,0
14	m	166	20,4	24,0	17,5	6,5	64,5	2,0	5,7	225	2,0
15	m	167	21,1	25,1	15,8	9,3	50,2	2,5	5,3	222	0,0
16	g	168	23,6	30,2	17,0	13,2	51,5	2,0	5,2	179	0,0
17	v	169	20,8	24,4	16,5	7,9	49,7	3,5	6,8	249	5,0
18	s	170	20,3	25,6	13,9	11,7	50,4	2,4	0,0	222	0,0
19	d	171	19,5	23,5	16,6	6,9	59,6	1,9	4,3	172	5,4
20	l	172	20,5	24,8	15,2	9,6	53,2	1,9	3,9	110	0,0
21	m	173	22,1	29,0	15,0	14,0	49,7	1,8	4,1	208	0,0
22	m	174	25,2	31,1	16,6	14,5	42,5	2,5	5,3	93	0,0
23	g	175	27,9	33,2	19,6	13,6	43,1	2,7	5,9	95	0,0
24	v	176	28,8	35,8	20,8	15,0	47,2	1,7	3,4	169	0,0
25	s	177	27,1	32,3	23,1	9,2	50,5	1,8	4,9	222	0,0
26	d	178	26,1	32,0	19,9	12,1	44,4	2,3	5,5	213	0,0
27	l	179	24,1	28,6	18,5	10,1	41,9	2,1	3,8	227	0,0
28	m	180	25,4	31,3	18,7	12,6	47,2	1,6	3,9	205	0,0
29	m	181	25,6	31,7	18,4	13,3	44,0	1,9	3,6	209	0,0
30	g	182	25,8	31,3	19,8	11,5	42,9	2,3	4,6	213	0,0

Luglio 2016

Giorno			Temperatura dell'aria				Umidità	Vento			Pioggia
g	s	u	Tmed	Tmax	Tmin	Esc	Rhmed	Vmed	Vmax	Dir med	Pioggia
1	v	183	26,4	32,5	18,9	13,6	43,7	2,0	4,1	208	0,0
2	s	184	25,8	31,1	19,9	11,2	47,2	2,4	5,3	221	0,0
3	d	185	25,8	31,1	20,3	10,8	47,2	2,4	5,1	209	0,0
4	l	186	25,9	31,7	17,3	14,4	40,9	2,8	5,1	92	0,0
5	m	187	27,9	34,0	20,8	13,2	42,4	2,4	5,1	205	0,0
6	m	188	27,1	33,3	22,2	11,0	51,0	1,8	4,1	166	0,0
7	g	189	28,1	35,1	20,8	14,3	46,4	2,1	4,7	190	0,0
8	v	190	27,1	32,9	20,5	12,4	45,1	2,2	4,7	223	0,0
9	s	191	27,3	32,7	20,8	11,9	46,3	2,0	3,6	216	0,0
10	d	192	28,8	35,1	21,3	13,8	41,1	1,7	3,8	201	0,0
11	l	193	29,1	35,1	21,2	13,9	37,6	1,9	4,2	210	0,0
12	m	194	28,6	33,7	22,4	11,3	41,2	2,1	4,5	228	0,0
13	m	195	25,4	30,0	21,9	8,1	48,4	3,0	6,0	230	0,0
14	g	196	23,1	27,7	19,6	7,6	39,1	2,1	4,6	229	0,0
15	v	197	20,4	22,9	16,3	6,6	42,8	3,7	7,0	58	1,6
16	s	198	22,5	28,5	15,2	13,3	37,9	1,7	4,2	159	0,0
17	d	199	23,1	29,1	15,8	13,3	39,7	2,0	4,1	223	0,0
18	l	200	24,2	31,3	17,3	14,0	44,4	2,1	4,5	219	0,0
19	m	201	25,6	33,5	17,6	15,9	39,5	1,8	4,2	212	0,0
20	m	202	26,5	34,1	19,0	15,1	42,2	1,9	4,4	219	0,0
21	g	203	25,6	32,3	18,0	14,3	40,6	1,9	3,7	207	0,0
22	v	204	26,8	34,3	18,2	16,1	34,5	1,8	4,3	196	0,0
23	s	205	25,7	30,5	21,2	9,5	47,2	1,8	3,3	127	0,0
24	d	206	26,9	32,4	21,9	10,5	42,7	2,8	4,8	136	0,2
25	l	207	25,4	32,9	22,0	10,9	55,6	1,2	4,3	155	5,0
26	m	208	26,3	33,5	19,6	13,9	58,7	1,6	3,7	157	0,0
27	m	209	26,7	34,7	20,7	14,0	51,5	1,9	5,4	166	0,6
28	g	210	27,3	33,3	21,2	12,1	47,0	2,2	4,2	185	0,0
29	v	211	26,7	32,9	20,0	12,9	47,3	2,3	4,3	225	0,0
30	s	212	26,3	31,9	20,1	11,8	48,4	2,4	4,4	226	0,0
31	d	213	26,9	32,9	20,4	12,5	49,0	2,2	4,2	236	0,0

Agosto 2016

Giorno			Temperatura dell'aria				Umidità	Vento			Pioggia
g	s	u	Tmed	Tmax	Tmin	Esc	Rhmed	Vmed	Vmax	Dir med	Pioggia
1	l	214	25,4	31,3	22,1	9,2	57,4	1,6	4,4	114	15,2
2	m	215	26,6	32,1	21,0	11,1	49,3	1,6	3,7	186	0,0
3	m	216	27,8	34,4	21,2	13,2	48,1	1,7	3,6	216	0,0
4	g	217	27,7	34,4	22,0	12,4	45,3	2,1	5,3	229	0,0
5	v	218	23,9	28,6	19,4	9,2	53,7	2,6	5,8	201	2,4
6	s	219	23,7	27,6	19,3	8,3	42,7	3,3	5,6	70	0,2
7	d	220	25,5	29,3	20,9	8,4	35,7	3,6	6,8	65	0,0
8	l	221	26,8	31,2	22,3	8,9	31,1	2,7	4,9	57	0,0
9	m	222	25,6	33,4	17,6	15,8	37,3	1,9	4,0	215	0,0
10	m	223	24,2	30,4	18,5	11,9	46,2	2,4	5,9	133	0,0
11	g	224	22,4	25,9	18,4	7,5	37,3	4,3	7,9	57	0,0
12	v	225	22,3	27,5	15,5	12,0	34,5	2,2	4,1	96	0,0
13	s	226	24,4	31,1	16,2	14,9	34,2	1,9	3,9	119	0,0
14	d	227	26,0	34,5	17,1	17,4	36,2	1,9	3,8	179	0,0
15	l	228	25,9	33,1	18,6	14,5	41,0	2,1	4,6	215	0,0
16	m	229	24,7	31,0	18,0	13,0	43,1	2,6	5,1	214	0,0
17	m	230	24,2	28,9	19,4	9,5	53,3	2,7	5,0	220	0,0
18	g	231	25,2	29,4	21,7	7,7	57,2	1,9	4,9	222	0,0
19	v	232	25,5	30,2	22,0	8,2	55,4	1,6	3,8	203	2,6
20	s	233	26,6	32,5	19,9	12,6	49,7	1,8	4,6	227	0,0
21	d	234	26,4	31,8	22,4	9,4	49,3	1,9	4,8	221	0,0
22	l	235	24,7	28,4	21,1	7,3	34,1	3,6	7,1	63	0,0
23	m	236	24,6	29,6	18,1	11,5	29,0	3,2	6,1	71	0,0
24	m	237	26,8	31,1	23,0	8,1	29,9	3,3	6,0	110	0,0
25	g	238	26,7	31,4	23,2	8,2	34,4	4,2	6,2	47	0,0
26	v	239	27,0	32,6	20,1	12,5	33,0	2,8	5,8	59	0,0
27	s	240	27,0	34,1	19,7	14,4	35,5	2,1	4,2	198	0,0
28	d	241	25,3	32,5	18,2	14,3	43,2	2,0	4,7	225	0,0
29	l	242	25,1	31,1	19,9	11,2	54,7	2,1	4,1	213	0,0
30	m	243	24,2	30,8	20,5	10,3	62,3	2,1	5,7	130	1,4
31	m	244	23,2	30,0	19,2	10,8	63,2	2,5	5,3	121	0,6

Settembre 2016

Giorno			Temperatura dell'aria				Umidità	Vento			Pioggia
g	s	u	Tmed	Tmax	Tmin	Esc	Rhmed	Vmed	Vmax	Dir med	Pioggia
1	g	245	24,5	32,8	17,1	15,7	53,2	1,8	3,6	180	0,0
2	v	246	25,8	33,9	17,8	16,1	43,9	1,9	4,6	209	0,0
3	s	247	25,7	33,1	18,9	14,2	48,2	1,9	4,4	211	0,0
4	d	248	24,9	30,7	20,7	10,0	55,5	2,0	5,0	214	0,0
5	l	249	25,9	31,7	22,4	9,3	51,7	1,9	4,4	137	0,0
6	m	250	23,1	28,2	19,1	9,1	40,7	2,7	6,6	93	3,2
7	m	251	23,0	25,9	19,9	7,3	47,6	3,8	5,9	43	0,0
8	g	252	25,3	29,2	21,9	7,3	42,7	2,7	4,5	50	0,0
9	v	253	25,4	29,7	19,1	10,6	41,4	2,5	5,2	75	0,0
10	s	254	26,0	30,5	20,9	9,6	38,3	1,8	4,3	90	0,0
11	d	255	25,7	30,5	20,3	10,2	41,1	2,4	4,9	105	0,0
12	l	256	26,0	31,3	20,1	11,2	42,0	2,1	4,1	108	0,0
13	m	257	24,1	32,1	18,7	13,4	47,7	1,7	4,4	160	0,0
14	m	258	24,1	31,2	17,8	13,4	52,0	1,7	5,1	209	0,0
15	g	259	21,5	25,6	19,5	6,1	70,9	1,6	3,2	158	7,4
16	v	260	19,9	21,8	17,6	4,2	89,3	1,6	3,6	182	38,2
17	s	261	20,1	23,5	17,3	6,2	70,6	1,7	4,0	202	3,8
18	d	262	18,6	22,1	16,0	6,1	69,7	1,7	3,7	156	3,8
19	l	263	18,9	25,4	14,3	11,1	65,6	1,9	3,7	192	0,2
20	m	264	20,0	26,0	14,6	11,4	64,8	1,8	3,0	191	0,0
21	m	265	19,8	24,9	16,0	8,9	64,8	2,1	4,3	117	0,0
22	g	266	20,5	24,6	16,3	8,3	45,3	2,6	4,8	90	0,0
23	v	267	19,4	25,7	13,3	12,4	47,7	1,7	2,7	173	0,0
24	s	268	20,6	26,3	15,0	11,3	47,0	2,2	3,7	129	0,0
25	d	269	19,7	26,9	12,5	14,4	47,3	1,8	3,5	129	0,0
26	l	270	19,6	26,5	12,3	14,2	49,2	2,1	3,6	118	0,0
27	m	271	22,4	28,6	12,4	16,2	44,7	0,2	3,7	115	0,0
28	m	272	25,4	31,3	18,7	12,6	47,2	0,4	4,0	106	0,0
29	g	273	25,6	31,7	18,4	13,3	44,0	0,2	2,7	196	0,0
30	v	274	25,8	31,3	19,8	11,5	42,9	0,3	2,9	217	0,0

Giorno			Temperatura dell'aria				Umidità	Vento			Pioggia
g	s	u	Tmed	Tmax	Tmin	Esc	Rhmed	Vmed	Vmax	Dir med	Pioggia
1	s	275	19,9	25,2	14,6	10,6	64,0	1,3	2,6	172	6,8
2	d	276	20,2	24,3	17,5	6,8	75,3	1,7	4,6	224	2,8
3	l	277	20,6	24,9	15,2	9,7	57,4	1,8	3,3	171	2,4
4	m	278	17,4	23,8	10,7	13,1	47,5	1,8	4,4	104	0,0
5	m	279	16,7	22,7	11,1	11,6	52,1	1,7	3,4	171	0,0
6	g	280	15,5	18,6	12,8	5,8	51,3	3,0	4,3	70	1,4
7	v	281	15,7	19,6	12,0	7,6	52,7	2,3	4,7	88	0,8
8	s	282	13,4	15,7	11,4	4,3	73,7	1,5	3,5	116	6,6
9	d	283	15,6	19,1	12,4	6,7	68,3	1,9	4,5	103	0,6
10	l	284	14,3	16,2	11,6	4,6	54,4	2,5	5,2	69	0,0
11	m	285	12,2	13,4	10,1	3,3	54,2	1,6	3,8	77	0,2
12	m	286	12,5	18,1	6,6	11,5	51,5	1,3	2,3	167	0,0
13	g	287	12,3	15,0	9,1	5,9	60,2	1,8	3,9	112	2,2
14	v	288	16,1	20,9	13,1	7,8	76,7	2,4	6,2	148	55,6
15	s	289	17,6	22,5	14,5	8,0	77,9	1,0	2,4	180	0,0
16	d	290	16,9	22,2	13,7	8,5	77,3	1,0	2,4	198	0,0
17	l	291	16,5	21,4	12,6	8,8	77,4	0,9	2,1	183	0,0
18	m	292	17,1	20,7	15,4	5,3	80,5	0,8	2,1	146	0,6
19	m	293	16,6	20,7	14,9	5,8	83,7	1,1	2,6	156	4,4
20	g	294	15,5	17,6	14,4	3,2	77,3	0,9	2,1	109	0,2
21	v	295	14,6	18,7	10,9	7,8	64,8	1,6	3,6	92	0,4
22	s	296	13,2	19,6	8,1	11,5	66,8	1,0	2,5	167	0,0
23	d	297	14,7	18,0	11,1	6,9	66,5	0,5	2,2	104	0,0
24	l	298	16,1	22,2	16,0	6,2	72,1	0,4	1,7	194	0,0
25	m	299	19,7	22,5	17,5	5,0	76,1	1,0	3,1	180	0,0
26	m	300	19,6	23,4	16,7	6,7	83,4	0,6	3,2	167	23,6
27	g	301	17,3	19,7	15,0	4,7	50,7	3,2	5,3	58	0,4
28	v	302	15,7	18,3	12,0	6,3	44,2	2,5	5,3	76	0,0
29	s	303	14,3	23,1	8,2	14,9	56,0	1,4	3,7	149	0,0
30	d	304	15,0	23,2	9,1	14,1	60,1	1,1	2,6	150	0,0
31	l	305	14,6	21,7	9,2	12,5	61,6	2,0	4,4	119	0,0

Novembre 2016

Giorno			Temperatura dell'aria				Umidità	Vento			Pioggia
g	s	u	Tmed	Tmax	Tmin	Esc	Rhmed	Vmed	Vmax	Dir med	Pioggia
1	m	306	14,2	19,9	8,4	11.5	67,9	1,1	2,6	185	0,0
2	m	307	17,0	20,7	14,8	5.9	68,9	1,2	4,7	144	0.0
3	g	308	15,5	20,0	13,0	7.0	75,7	1,9	5,6	128	0.0
4	v	309	14,0	17,8	10,0	7.8	69,8	1,1	2,8	145	13,2
5	s	310	15,7	19,1	13,3	5.8	87,0	1,2	4,5	189	14,0
6	d	311	15,6	20,0	13,4	6.6	78,4	2,9	6,0	217	49,4
7	l	312	13,8	16,4	10,5	5.9	50,9	2,5	5,1	202	0.0
8	m	313	9,5	13,6	7,1	6.5	76,2	0,8	4,6	166	0.8
9	m	314	9,0	13,6	4,8	8.8	70,3	1,3	3,0	167	6,2
10	g	315	10,9	13,5	8,3	5.2	74,4	0,8	1,6	107	0.0
11	v	316	10,9	14,1	8,0	6.1	74,5	1,7	5,1	136	6,2
12	s	317	8,6	13,8	4,8	9.0	64,3	1,4	3,0	119	0.6
13	d	318	7,1	11,7	2,7	9.0	69,7	0,7	2,4	134	0.0
14	l	319	9,3	12,4	5,5	6.9	63,7	3,5	7,0	87	0.0
15	m	320	8,7	11,7	4,2	7.5	51,5	3,2	5,1	71	0.0
16	m	321	6,9	13,8	1,2	12.6	62,6	0,6	2,8	135	0.0
17	g	322	10,1	13,2	6,5	6.7	71,8	0,2	1,1	152	0.8
18	v	323	13,6	16,8	11,2	5.6	89,5	0,5	3,0	160	4,2
19	s	324	15,3	17,0	13,5	3.5	79,3	1,4	3,7	163	4,2
20	d	325	14,8	17,9	12,2	5.7	85,6	0,3	1,5	157	2,0
21	l	326	15,7	17,8	13,8	4.0	81,1	0,7	2,7	93	0,4
22	m	327	15,6	18,3	12,7	5.6	74,1	0,8	3,0	92	0,0
23	m	328	14,8	18,7	11,8	6.8	75,3	1,2	3,6	137	0,0
24	g	329	13,7	16,8	11,3	5.5	85,4	0,7	2,6	200	1,0
25	v	330	14,7	17,4	11,8	5.6	75,6	1,0	3,8	176	2,6
26	s	331	12,0	16,2	8,4	7.8	81,4	0,9	2,7	179	0,0
27	d	332	8,4	11,6	7,2	4.4	89,5	2,0	3,8	143	0,0
28	l	333	9,2	14,5	5,5	9.0	69,3	0,7	2,7	102	0,2
29	m	334	6,1	7,7	5,2	2.5	34,2	4,4	7,7	81	0,0
30	m	335	5,0	10,6	0,2	10.4	47,1	1,5	4,1	160	0,0

Giorno			Temperatura dell'aria				Umidità	Vento			Pioggia
g	s	u	Tmed	Tmax	Tmin	Esc	Rhmed	Vmed	Vmax	Dir med	Pioggia
1	g	336	4,5	9,8	-0,2	10,0	65,4	0,4	2,1	144	0,0
2	v	337	10,2	13,2	7,4	5,8	71,0	0,8	3,2	121	0,0
3	s	338	9,9	13,1	7,1	6,0	73,4	0,9	2,5	78	0,0
4	d	339	11,2	14,9	8,5	6,4	62,2	1,7	4,3	89	0,0
5	l	340	10,5	13,7	6,8	6,9	68,6	0,9	2,2	136	0,0
6	m	341	8,6	15,6	4,3	11,3	74,5	1,3	2,9	156	0,0
7	m	342	8,8	15,5	4,1	11,4	55,8	2,7	4,5	127	0,0
8	g	343	6,4	14,3	1,6	12,7	58,0	1,2	3,8	114	0,0
9	v	344	5,3	10,1	1,2	8,9	66,1	0,7	2,6	164	0,0
10	s	345	7,8	13,9	3,3	10,6	77,8	0,7	1,9	165	0,0
11	d	346	11,0	14,5	8,7	5,8	76,4	1,1	2,5	151	0,0
12	l	347	9,7	16,8	5,3	11,5	72,2	1,2	2,7	162	0,0
13	m	348	6,5	13,5	2,1	11,4	61,7	1,5	2,9	165	0,0
14	m	349	6,7	8,9	3,4	5,5	76,6	0,4	2,3	222	4,2
15	g	350	8,3	13,7	4,7	9,0	79,3	0,9	2,9	159	0,0
16	v	351	6,1	10,9	2,2	8,7	66,3	3,6	6,5	93	0,0
17	s	352	7,0	10,1	2,6	7,5	47,4	3,1	5,2	70	0,0
18	d	353	3,4	10,1	-0,6	10,7	62,0	1,1	3,1	168	0,0
19	l	354	5,4	9,7	0,8	8,9	62,8	1,5	4,4	131	0,4
20	m	355	11,3	12,9	9,7	3,2	60,9	2,9	5,1	74	1,4
21	m	356	12,1	15,2	7,3	7,9	58,7	3,8	6,0	69	0,0
22	g	357	7,5	14,6	3,0	11,6	67,8	1,5	3,0	135	0,0
23	v	358	5,6	12,5	1,0	11,5	72,0	1,1	2,7	147	0,0
24	s	359	5,2	10,9	0,6	10,3	70,3	0,8	2,7	195	0,0
25	d	360	7,7	12,3	5,5	6,8	76,8	0,3	2,2	128	0,0
26	l	361	6,0	8,7	3,3	5,0	91,4	0,8	2,7	128	0,0
27	m	362	7,0	11,2	3,9	7,3	89,6	0,7	2,1	159	0,0
28	m	363	5,8	14,2	1,4	12,8	70,2	1,3	3,1	162	0,0
29	g	364	5,8	10,8	1,9	8,9	53,1	2,5	5,2	104	0,0
30	v	365	7,2	9,9	5,4	6,5	37,7	3,6	5,8	40	0,0
31	s	366	4,5	11,6	-0,3	11,9	41,0	1,4	3,6	157	0,0

Il paretio osservato a Firenze il 7 ottobre 1871

Emilio Borchi e Renzo Macii

Fondazione Osservatorio Ximeniano

I cirri (sigla Ci) sono nubi che, alle varie latitudini, si stabiliscono a varie altezze: 3000-8000 m per le regioni polari, 5000-13000 m per le regioni temperate e 6000-18000 m per quelle temperate. Hanno la forma di filamenti o chiazze con aspetto filamentoso e arricciolato; da questo loro aspetto hanno preso il nome di cirri (dal latino *cirrus* ovvero ricciolo o ciocca di capelli arricciata).

Il loro colore è biancastro se lontani dall'orizzonte; al tramonto il colore cambia passando dal bianco al giallo, all'arancione e infine al grigio. Sono costituiti da piccoli cristalli di ghiaccio con bassa densità, tale cioè da rendere le nubi trasparenti alla luce solare.

Il loro aspetto irregolare è dovuto alla presenza dei forti venti nella troposfera e anche alla diversa grandezza dei cristalli di ghiaccio di cui sono composti.

Dal punto di vista meteorologico la loro comparsa nell'atmosfera, se in numero consistente, in genere è seguita dall'arrivo (circa dopo 15 ore) di un fronte di aria calda che a sua volta è seguito da precipitazioni o comunque da attività temporalesca.

Infine, a causa della loro costituzione, se di piccolo spessore, i cirri assorbono la radiazione infrarossa proveniente dalla Terra contribuendo al riscaldamento globale a causa

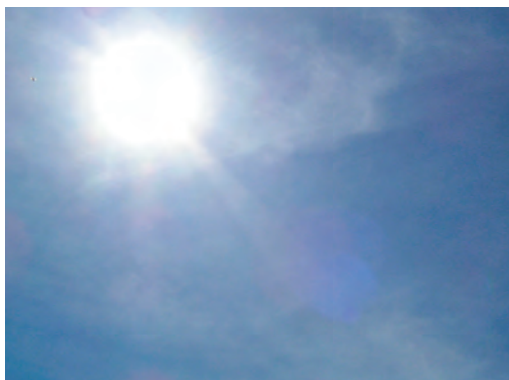


Fig. 1. Esempio di formazione nuvolosa tipo cirrostrati (fonte, wikimedia.org).

dell'effetto serra.

In taluni tipi di cirri, come nei cirrostrati (figura 1) hanno luogo dei fenomeni ottici quali la formazione degli aloni intono al sole e alla luna e i pareli e i paraseleni.

I cirrostrati sono dei cirri formati da un velo continuo translucido che ricopre il cielo; se lo spessore di questa formazione nuvolosa è ridotto e la sua copertura è estesa a quasi tutto il cielo, non si riesce a distinguere il cirrostrato il quale opera un'attenuazione solo del colore azzurro del cielo e lo rende lattiginoso durante la notte; all'alba e al tramonto il cirrostrato si colora di giallo, di arancio e di rosso.

Come si è detto i cirrostrati sono considerati

i responsabili della formazione di alcuni fenomeni ottici atmosferici (fotometeore) gli aloni intorno al sole e alla luna e i pareli e paraseleni intorno al sole e alla luna rispettivamente, che sono conosciuti anche con il nome di cani solari i primi e cani lunari i secondi. I pareli (figura 2) consistono in due macchie luminose e colorate nel cielo, a circa 22° o più alla sinistra e/o alla destra del Sole (o della luna); responsabili di questo fenomeno sono i cristalli di ghiaccio di cui è composto il cirrostrato.

L'acqua, nel suo processo di cristallizzazione, può assumere varie forme cristalline; quella a simmetria esagonale risulta la forma dominante (a parte rare altre eccezioni nella parte alta dell'atmosfera).

I cristalli esagonali di ghiaccio di spessore da 0,5 a 1 mm, presenti nella nube, si comportano come dei prismi; i raggi solari che incidono su una faccia (le facce sono inclinate di 60° tra loro), subiscono una rifrazione ed emergono dal prisma con un angolo di deviazione di 22° e 50° (tra la direzione del raggio incidente e quella del raggio emergente); tuttavia la maggior parte emerge con deviazione di 22° (Fig. 3).

La minima deviazione per il ghiaccio (in rapporto all'aria) è di 22° (valore medio $21,84^\circ$, angolo di deviazione per il rosso $21,54^\circ$, angolo di deviazione per il blu $22,37^\circ$); questa configurazione si ottiene quando il raggio che attraversa il cristallo è parallelo alla faccia del prisma adiacente a quella incidente. Naturalmente il raggio subisce una dispersione in modo che il rosso è meno rifratto del blu.

Nella figura 4 è illustrato il principio di formazione di un parelio. L'osservatore che vede il sole attraverso i cristalli di ghiaccio del cirrostrato vede l'immagine diretta del Sole a accanto a questo, sia a destra che a sinistra, vede



Fig. 2. Immagine di un parelio nel cielo di New Ulm (autore Erik Axdahl, fonte wikimedia.org).

un'altra immagine del Sole a 22° da questo che localizza proprio in quella posizione, cioè sul prolungamento dei raggi, deviati di 22° emergenti dai prismi di ghiaccio della nuvola. Queste due immagini del Sole, in quanto lo accompagnano come due cani, sono conosciuti anche con il nome di cani solari. Spesso i cani solari sono congiunti da un cerchio debolmente luminoso con centro nel Sole.

Affinché il fenomeno del parelio si verifichi è necessario che il sole sia basso sull'orizzonte in quanto in raggi che attraversano i cristalli di ghiaccio devono emergere da una faccia laterale senza incidere sulle basi del cristallo stesso; se l'angolo zenitale del Sole (con

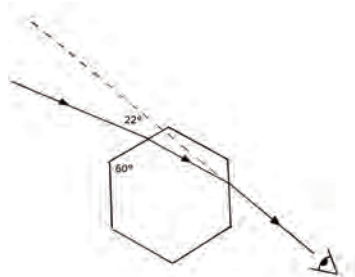


Fig. 3. Percorso di un raggio di luce attraverso un prisma esagonale di ghiaccio in condizioni di deviazione di 22° .

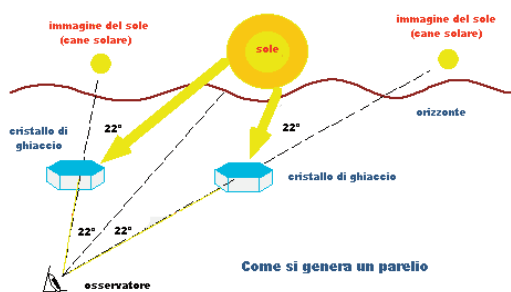


Fig. 4. Principio della formazione di un paretio.

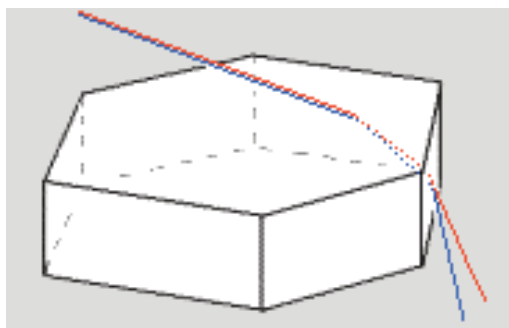


Fig. 5. Percorso di un raggio di luce che incide sulla base di un prisma esagonale di ghiaccio (fonte atop-tics.co.uk)

l'orizzonte) è maggiore di $60^{\circ} 45'$ non è possibile la formazione del paretio in quanto i raggi non incidono più orizzontalmente sui prismi-cristalli di ghiaccio senza toccarne le basi (figura 5). In questo caso possono nascere altri fenomeni ottici chiamati Cerchi (o aloni) circumzenitali (CZA).

Dal punto di vista teorico si possono formare anche altri due paretii a 120° a destra e a sinistra del Sole, che vengono chiamati parantali. Tuttavia la loro comparsa è rara anche se nella letteratura storica si legge la comparsa di 5 soli visti nel cielo. Ancora più rara è la comparsa dell'immagine di un altro Sole posto sulla sfera celeste opposto al Sole stesso e simmetrico rispetto all'osservatore (antelio). Il meccanismo della formazione dei cani lunari è identico anche se il fenomeno è abbastanza raro a causa della bassa luminosità della Luna.

Anche il meccanismo della formazione degli aloni sia intorno al Sole che intorno alla Luna la stessa origine: a causa della deviazione dei raggi solari e lunari da parte dei cristalli di ghiaccio della nuvola si forma un cerchio più luminoso intorno al corpo celeste, più frequentemente a 22° da questo, a causa della simmetria dei cristalli intorno alla sorgente luminosa.

Nell'Archivio della Fondazione Osservatorio

Ximeniano, nei registri delle osservazioni meteorologiche del giorno 7 ottobre 1871, viene annotato dal p. Giovanni Antonelli allora direttore dell'Osservatorio Ximeniano, la comparsa nel cielo di un paretio:

8 1/5 Mattina. Un grande alone di Sole riflettendo in linea retta da S a N due altri soli con iride

Ore 9 si è dileguato l'alone ma è rimasto uno spettro solare a NE si vede 1/6 di arcobaleno. Gran vapore ad O con gradazioni di tinte rosse.

Descrive anche brevemente le condizioni meteorologiche a quell'ora: "Cielo velato. Nebbia bassa. Brezza". La sera precedente aveva annotato la presenza di cirri nel cielo.

La descrizione del paretio che aveva dato sembrò allo stesso p. Antonelli troppo sommaria per un fenomeno abbastanza insolito nei cieli di Firenze; lo Scolopio pertanto ritenne opportuno incollare nel registro un foglio con una descrizione più completa con un accenno alle cause della formazione degli aloni e un disegno del paretio (figura 6).

Riportiamo qui di seguito la trascrizione:

A dì 7 ottobre 1871

Ore 8 1/2 mattina si vedeva il bello spettacolo del paretio.

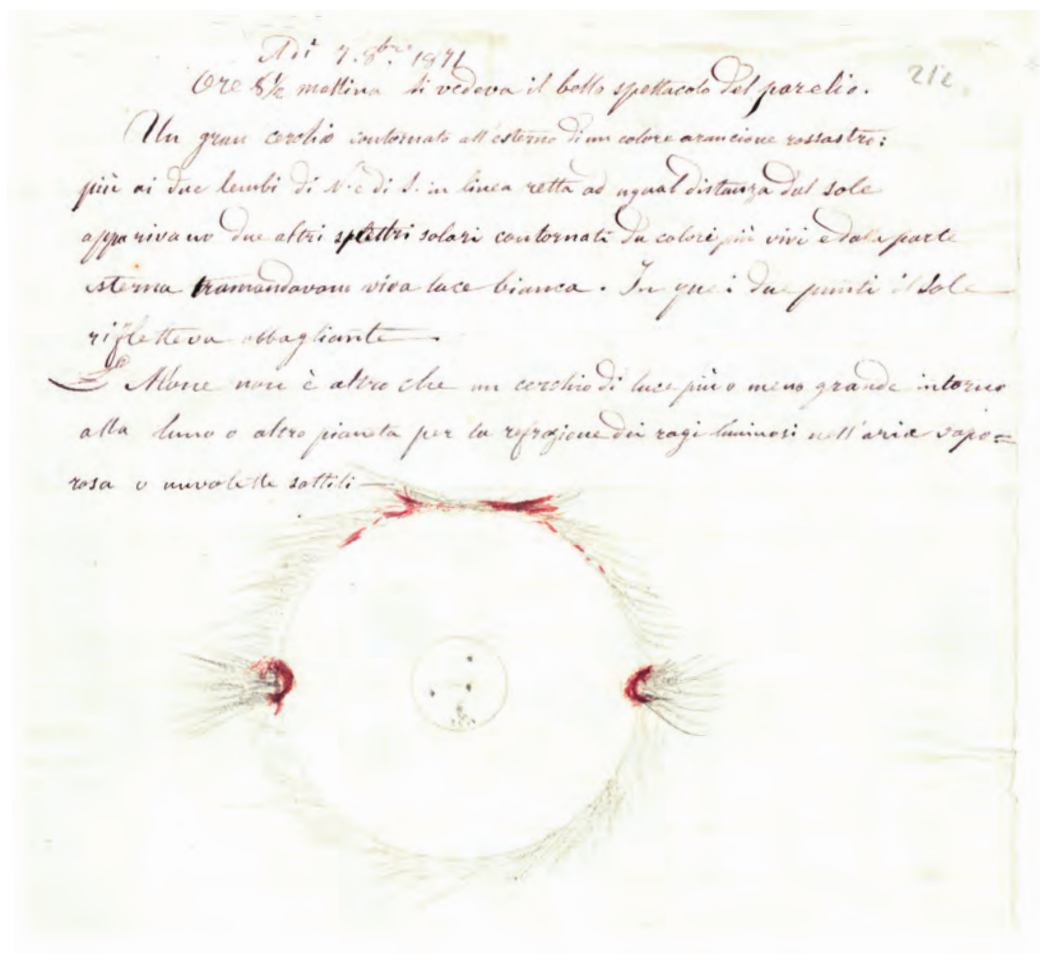


Fig. 6. Foglio contenente la descrizione e disegno del parelio del 7 ottobre 1871 osservato dal p. Antonelli nel cielo di Firenze alle 8,30. Il foglio è allegato a registro delle osservazioni del 1871 conservato nell'Archivio della FOX.

Un gran cerchio contornato all'esterno di un colore arancione rossastro: più ai due lembi di N e S in linea retta ad ugual distanza dal Sole apparivano due altri spettri solari contornati da colori più vivi e dalla parte esterna tramandavano viva luce bianca. In quei due punti il Sole rifletteva abbagliante. L'alone non è altro che un cerchio di luce più o meno grande intorno alla luna o altro pianeta per la refrazione dei raggi luminosi nell'aria vaporosa o nuvolette sottili

Il disegno del parelio è molto chiaro e minuzioso; si nota al centro del disco solare taluni puntini scuri, ovvero alcune macchie solari. Dobbiamo notare che se la descrizione degli aloni è corretta, non lo è altrettanto la causa della loro formazione indicata dal p. Antonelli cioè la "refrazione dei raggi luminosi nell'aria vaporosa...". Come abbiamo detto la formazione degli aloni sia lunari che solari e dei pareli e paraseleni è dovuta alla presenza di cristalli di ghiaccio nelle nubi.

Le fluttuazioni termodinamiche e la radiazione di Rayleigh

Emilio Borchì¹, Renzo Maciì¹ e Antonio Raschi²

¹Fondazione Osservatorio Ximeniano

²Istituto di Biometeorologia - Consiglio Nazionale delle Ricerche, Firenze

1 - Vogliamo applicare i concetti generali della termodinamica al problema della diffusione della radiazione elettromagnetica nel caso dello scattering di Rayleigh.

Per cominciare conviene distinguere la diffusione della radiazione quando essa si propaga in mezzi otticamente omogenei o eterogenei.

Si definisce otticamente omogeneo un mezzo nel quale l'indice di rifrazione non dipende dalle coordinate e resta costante in tutto volume del mezzo. Sotto l'azione della radiazione incidente, gli elettroni ottici delle molecole del mezzo effettuano oscillazioni forzate ed emettono onde secondarie. Le porzioni di volume del mezzo, più piccole rispetto alla lunghezza d'onda λ , ma contenenti comunque un gran numero di molecole, sono considerate come delle sorgenti d'onde secondarie coerenti. In un mezzo otticamente omogeneo, data la distribuzione uniforme delle sue molecole, non si ha diffusione della luce: in tutte le direzioni, tranne quella della luce incidente, le onde secondarie si estinguono a vicenda per interferenza.

Si definisce otticamente eterogeneo un mezzo il cui indice di rifrazione non resta costante, ma varia in modo irregolare da punto a punto del mezzo, per esempio

quando si hanno fluttuazioni di intensità o la presenza di piccole particelle estranee nel mezzo. Le onde secondarie hanno in questo caso delle componenti non coerenti, che ci permettono di osservare la diffusione della luce. L'apparizione di onde secondarie non coerenti è dovuta al fatto che la diffusione è realizzata da eterogeneità non coerenti tra di loro, cioè non legate le une alle altre e che per di più si spostano nel mezzo caoticamente, per agitazione termica. Stando così le cose, le differenze di cammino tra le onde secondarie emesse da diverse eterogeneità variano in modo caotico. Come esempi di mezzi otticamente eterogenei possono servire i mezzi torbidi: gli aerosol (fumo, nebbia), le emulsioni, le soluzioni colloidali, che contengono piccole particelle il cui indice di rifrazione differisce da quello del mezzo.

La diffusione della luce nei mezzi torbidi contenenti delle eterogeneità di dimensioni non superiori a $(0,1 - 0,2) \lambda$ è chiamata diffusione Rayleigh¹ o effetto Tyndall².

Quando un'onda non monocromatica attraversa un mezzo anche torbido, ma finemente mescolato e nelle condizioni sopra specificate, si possono applicare le tecniche di calcolo elettromagnetico già utilizzate e si può applicare il ottenendo la ben nota formula di

Rayleigh (Fig. 1). Questa vale, come si è già detto, quando le dimensioni degli atomi (a simmetria sferica) sono molto minori della lunghezza d'onda della radiazione solare incidente.

Lo studio di Lord Rayleigh, iniziato nella seconda metà dell'Ottocento, e quello del suo studente Jean Cabannes, continuato all'inizio del Novecento, era rivolto ad interpretare e comprendere l'origine dell'intensità del colore e della polarizzazione della radiazione diffusa prodotta dalla radiazione diretta del sole che eccita gli atomi atmosferici ed i corpuscoli microscopici presenti nell'aria (particolato). Gli atomi sono forzati ad oscillare e la potenza re-irradiata è, fermo restando tutte le altre condizioni, proporzionale a λ^{-4} (legge di Rayleigh). Per questo lo scattering di Rayleigh spiega l'azzurro del cielo e il rosso della luce solare all'alba e al tramonto. Parimenti quando un'onda non monocromatica attraversa un mezzo torbido finemente mescolato, nella luce diffusa predomina la radiazione di piccola lunghezza d'onda, nella luce trasmessa quella di grande lunghezza d'onda.

Se le particelle del mezzo torbido sono elettricamente isotrope e non assorbono la luce, nel caso di diffusione Rayleigh della luce naturale l'intensità della luce diffusa per unità di volume sotto l'angolo γ rispetto alla propagazione della luce incidente vale:

$$I(\gamma) = \alpha N_0 V^2 / (r^2 \lambda^4) I_0 (1 + \cos^2 \gamma)$$

dove V è il volume di una particella, N_0 il numero delle particelle per unità di volume nel mezzo, r la distanza tra il volume diffondente e il punto di osservazione, λ la lunghezza d'onda della luce, I_0 l'intensità della luce incidente, α un coefficiente che dipende



Fig. 1. Lord John William Rayleigh

dal grado di omogeneità del mezzo torbido, cioè dagli indici di rifrazione n e n_0 delle particelle e del mezzo in cui si trovano. La dipendenza dell'intensità della luce diffusa dall'angolo di diffusione γ , nel caso di diffusione Rayleigh di luce naturale da parte di particelle elettricamente isotrope, ha la forma:

$$I(\gamma) = I(\pi/2) (1 + \cos^2 \gamma)$$

dove $I(\pi/2)$ è l'intensità della luce sotto l'angolo $\gamma = \pi/2$.

La dipendenza di $I(\gamma)$ da γ , rappresentata in coordinate sferiche, è chiamata *indicatrice di diffusione*. L'indicatrice di diffusione Rayleigh è mostrata in figura 2. Essa ha la forma di una superficie di rivoluzione, simmetrica sia rispetto alla direzione del fa-

scio incidente ($\gamma = 0$), sia rispetto al piano $\gamma = \pi/2$, passante per l'origine delle coordinate (centro dell'indicatrice). La luce diffusa sotto l'angolo $\gamma = \pi/2$ è interamente polarizzata nel piano passante per i raggi incidente e diffuso.

Se le dimensioni lineari delle disomogeneità sono confrontabili con la lunghezza d'onda o addirittura superiori ad essa, la dipendenza dell'intensità I della luce diffusa da λ diviene più debole della forma $I \sim \lambda^{-p}$ dove $p < 4$ diminuisce con l'aumentare delle dimensioni della disomogeneità. A causa dell'interferenza della luce diffusa dalle diverse porzioni di ogni disomogeneità, la dipendenza di I (γ) dall'angolo γ diventa più complessa che nel caso della diffusione di Rayleigh. L'indicatrice ha un solo asse di simmetria coincidente con la direzione della luce incidente. Con l'aumento delle dimensioni delle particelle, la diffusione in avanti (ovvero per angoli $\gamma < \pi/2$) predomina sempre più sulla diffusione all'indietro.

Questo fenomeno è chiamato *Effetto Mie*, dallo scienziato tedesco Gustav Mie³ che lo scoprì nel primo decennio del Novecento. La luce diffusa sotto l'angolo $\gamma = \pi/2$ è polarizzata solo parzialmente ed il suo grado di polarizzazione dipende dalla forma e dalle dimensioni delle particelle diffondenti. La diffusione è osservata anche nei mezzi otticamente puri, cioè nei mezzi che non contengono particelle estranee di alcun tipo (per esempio gas e liquidi, soluzioni pure, ecc.). Questo fenomeno viene chiamato *diffusione molecolare della luce*. Essa è dovuta alle fluttuazioni della densità prodotta dall'agitazione termica caotica delle molecole. Le fluttuazioni di orientazione delle molecole (fluttuazioni di anisotropia) e, nelle soluzioni, anche le fluttuazioni di

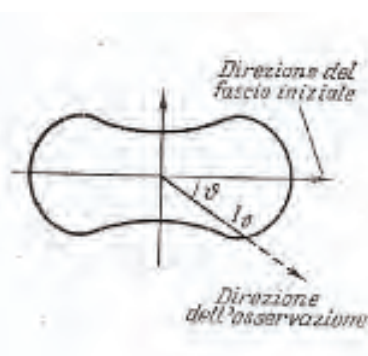


Fig. 2. Indicatrice di diffusione

concentrazione, sono ulteriori cause di apparizioni di disomogeneità ottiche nei mezzi puri aventi molecole elettricamente anisotrope.

Le fluttuazioni di densità nel gas sono particolarmente grandi ai punti critici. In questi casi l'intensa diffusione molecolare osservata è chiamata *opalescenza critica*. Si è ammesso finora che le particelle diffondono la radiazione indipendentemente e che la luce incontra il nostro occhio dopo aver subito una singola diffusione. In gas molto densi d'altra parte lo *scattering multiplo* è la regola. La luce che raggiunge ogni centro diffusore è stata diffusa probabilmente molte volte e la luce che parte da ogni centro diffusore sarà diffusa nuovamente molte volte prima di raggiungere il nostro occhio. Lo scattering multiplo riduce sempre la dipendenza dello scattering dalla lunghezza d'onda. Se vi è un piccolo assorbimento, la radiazione di scattering multiplo ha lo stesso colore della radiazione incidente. Una nube di fumo può apparire blu in vicinanza dei contorni estremi, dove la densità è minore, a causa dello scattering di Rayleigh, mentre le regioni più spesse della nube sono bianche. La fuliggine, d'altra parte, è assai assorbente e l'assorbimento cresce al

decretere della lunghezza d'onda. Lo scattering multiplo provoca una notevole attenuazione e la fuliggine appare nera. La luce trasmessa è tendenzialmente rosso-arancione quando il fumo di un incendio boschivo si alza in cielo. Questo è un colore diverso da quello prodotto dallo scattering di Rayleigh.

Infine se consideriamo un piccolo volume di gas contenente N molecole, questo numero cambia nel tempo a causa del moto incessante di esse. La fluttuazione quadratica media è data da

$$\Delta N/N = 1/N^{1/2}.$$

Se N è molto grande, tale fluttuazione sarà assai piccola, ma se N è per esempio 100, allora $\Delta N/N = 1/10$, che costituisce una fluttuazione considerevole del gas. Al punto critico di un gas la larga fluttuazione dà luogo ad un notevole fenomeno di diffusione, appunto l'opalescenza critica.

Per l'aria in condizioni standard di temperatura e pressione (STP), $n - 1$ è circa $2.78 \cdot 10^{-4}$, e $N = 2,69 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$.

Ciò dà luogo ad una lunghezza di estinzione σ^{-1} di 30 km per il violetto (8410 nm), 77 km per il verde (520 nm), 188 km per il rosso (650 nm).

2 - Le considerazioni precedenti ci permettono di affrontare, da un punto di vista più generale, il problema della diffusione e dell'attenuazione della luce nei gas e nei liquidi. Tali considerazioni riguardano le fluttuazioni della densità e quindi dell'indice di rifrazione. Consideriamo una piccola quantità di materia, per esempio un numero N di moli, in un sistema fluido molto grande ed indichiamo con ρ_N la densità media di queste N moli. Per effetto delle fluttuazioni del volume V medio associato con le N moli si

ha una fluttuazione della densità ρ . Dai risultati della termodinamica si ricava:

$$\langle (\rho_N)^2 \rangle = \rho_N^2 k_B T \kappa_T / V$$

dove $\kappa_T = -(\delta V / \delta P)_P / V$ è il coefficiente di comprimibilità isoterma. Si osservi che per un gas perfetto si ha $\kappa_T = 1 / P$.

Dai risultati precedenti si ottiene per un gas ideale:

$$\langle (\rho_N)^2 \rangle / \rho_N^2 = 1 / (N N_A) \quad (1)$$

dove N è in numero di moli e N_A è il numero di Avogadro. Si conclude che lo scarto quadratico medio relativo della densità è l'inverso del numero di molecole del sottosistema considerato.

Utilizziamo adesso l'espressione di Clausius-Mossotti per la variazione della costante dielettrica ϵ in funzione della densità del fluido.

Essa è data da:

$$(\epsilon - 1) / (\epsilon + 2) = \Lambda \rho \quad (2)$$

dove Λ è una costante dimensionale. È possibile dimostrare che le fluttuazioni della costante dielettrica di una piccola quantità di materia corrispondente a N moli di fluido, e facente parte di un ampio sistema, hanno approssimativamente un momento del secondo ordine

$$\langle (\epsilon')^2 \rangle = [k T \kappa_T / (9V)] (\epsilon_T - 1)^2 (\epsilon_T + 2)^2 \quad (3)$$

Dove V è il volume medio delle N moli e dove $\langle (\epsilon')^2 \rangle$ indica la fluttuazione quadratica della costante dielettrica rispetto all'ambiente circostante.

Indichiamo con $\eta = \epsilon_T - 1$ una nuova varia-

bile, il cui valore numerico è $\ll 1$ per i gas in condizioni normali (ordine di grandezza di $\eta \sim 10^{-4}$).

Si ha $(\varepsilon_T - 1) / (\varepsilon_T + 2) = \eta / (\eta + 3)$ che, sviluppato in serie di potenze dà, al primo ordine:

$$\eta / (\eta + 3) \cong \eta / 3.$$

Segue che

$$\langle ((\eta / (\eta + 3))^2) \rangle = \langle (\eta')^2 \rangle / 9.$$

Si ha anche:

$$\langle ((\eta / (\eta + 3))^2) \rangle / ((\eta / (\eta + 3))^2) = [\langle (\eta')^2 \rangle / 9] / (\eta^2 / 9) = \langle (\rho N)^2 \rangle / \rho N^2 = k_B T \kappa_T / V.$$

Sviluppando adesso $\eta / (\eta + 3)$ in serie di Mac Laurin rispetto ad η e tenendo conto del piccolo valore di η , si può scrivere:

$$\eta / (\eta + 3) \sim \eta / 3 \sim \eta (3 - \eta) / 9 \sim \eta (3 + \eta) / 9,$$

e quindi:

$$[\langle (\eta')^2 \rangle / 9] / [(\eta / (\eta + 3))^2 / 81] = [\langle (\eta')^2 \rangle] / [(\eta / (\eta + 3)) / 9].$$

Infine:

$$\begin{aligned} \langle (\varepsilon')^2 \rangle &= [(\eta^2 / (\eta + 3))^2 / 9] (k_B T \kappa_T / V) \\ &= [\langle (\eta')^2 \rangle / 9] / [(\eta / (\eta + 3))^2 / 81] \\ &= [\langle (\eta')^2 \rangle] / [(\eta / (\eta + 3)) / 9]. \end{aligned}$$

Ricordando che:

$$\langle (\eta')^2 \rangle = \langle (\varepsilon_T - 1)^2 \rangle = \langle (\varepsilon')^2 \rangle,$$

si ha proprio la (3):

$$\begin{aligned} \langle (\eta')^2 \rangle &= \langle (\varepsilon_T')^2 \rangle = [(\eta^2 / (\eta + 3))^2 / 9] \\ &= (k_B T \kappa_T / V) = \\ &= [k T \kappa_T / (9V)] (\varepsilon_T - 1)^2 (\varepsilon_T + 2)^2 \end{aligned}$$

E' possibile dimostrare adesso che se della luce naturale di intensità I_0 (in W/m^2) incide su una regione di volume V , la cui costante dielettrica fluttua di ε' rispetto all'ambiente circostante, l'intensità $I(\theta)$ dispersa con angolo θ ed alla distanza r dall'elemento di volume V è data da:

$$I(\theta) = [\pi^2 V^2 \langle (\varepsilon_T')^2 \rangle / (2 \lambda^4)] I_0 [(1 + \cos^2 \theta) / r^2] \quad (4)$$

dove λ è la lunghezza d'onda nel vuoto della radiazione incidente. Tipicamente la (4) si può interpretare usando il teorema di fluttuazione-dissipazione poiché l'intensità perduta dal fascio

I_0 e dispersa sotto l'angolo θ è associata alla temperatura T e al momento secondo della costante dielettrica, cioè alla sua fluttuazione. Il teorema di fluttuazione - dissipazione afferma che il momento secondo di un parametro intensivo può essere espresso da una funzione che descrive la risposta irreversibile del sistema in esame ad una forza applicata. L'esempio più antico è dato dalla formula di Nyquist (1928) che collega le fluttuazioni della tensione (una forza generalizzata) alla resistenza elettrica. Del teorema di fluttuazione - dissipazione è stata data una dimostrazione generale da Callen e Welton mediante l'uso della teoria quantistica delle perturbazioni. Dalla (4) si ottiene subito, usando la (3)

$$V^2 \langle (\varepsilon_T')^2 \rangle = [k T \kappa_T / 9] [(\varepsilon_T - 1)^2 (\varepsilon_T + 2)^2] V \quad (5)$$

da cui, estendendo la somma di questa quantità a tutto il volume del fluido, si trova:

$$V^2 \langle (\epsilon_T')^2 \rangle = [k T \kappa_T / 9] [(\epsilon_T - 1)^2 (\epsilon_T + 2)^2] / V_{tot} \quad (6)$$

Sostituendo infine la (6) nella (4) si ha :

$$I(\theta) = [\pi^2 k T \kappa_T] [(\epsilon_T - 1)^2 (\epsilon_T + 2)^2] V_{tot} / (18 \lambda^4) I_0 [(1 + \cos^2 \theta) / r^2] \text{ in } W/m^2 \quad (7)$$

Il risultato precedente diventa, nel caso di un gas perfetto, l'originaria equazione di Rayleigh ottenuta nel 1871 :

$$I(\theta) = [9 \pi^2 / 2] [(\epsilon_T - 1)^2 / (\epsilon_T + 2)^2] V_{tot} / (\lambda^4) I_0 [(1 + \cos^2 \theta) / r^2] \quad (7')$$

Integrando la (7) su una superficie sferica di raggio r si ottiene che l'intensità totale di luce diffusa è data da:

$$I d = [8 \pi^3 k B T \kappa_T (\epsilon_T - 1)^2 (\epsilon_T + 2)^2] V_{tot} / (27 \lambda^4) I_0 \text{ in } W \quad (8)$$

Si può osservare che il termine in parentesi quadra rappresenta la sezione d'urto per l'elemento diffusore:

$$\sigma = [8 \pi^3 k B T \kappa_T (\epsilon_T - 1)^2 (\epsilon_T + 2)^2] V_{tot} / (27 \lambda^4) \quad (9)$$

La (9), nel caso di un atomo a simmetria sferica diventa l'ordinaria espressione della sezione d'urto dello scattering Rayleigh:

$$\sigma = 8 \pi^3 \alpha^2 / 3 \lambda^4 \epsilon_0^2$$

in cui α è la polarizzabilità molecolare:

$$\alpha = 3 \epsilon_0 [(\epsilon_T - 1) / (\epsilon_T + 2)] / N$$

Bibliografia

- H. B. Callen (1965). *Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics*, J. Wiley & Sons, New York.
- H. Nyquist (1928). *Thermal Agitation of Electric Charge in Conductors*, *Physical Review*, 32, 110 – 113.
- H. B. Callen and T. A. Welton (1951). *Irreversibility and Generalized Noise*, *Physical Review*, 83, 34 – 40.

Note

1) Le prime memorie di rilievo di Rayleigh risalgono al 1871 e trattano dello scattering della luce da parte delle molecole d'aria, scattering responsabile dell'azzurro del cielo: (On the light from the sky, its polarisation and colour, *Phil. Mag.* 41, 107-120; 274-279; 1871; On the scattering of light by small particles, *Phil. Mag.* 41, 447-454). La storia dei tentativi di spiegazione del fenomeno della colorazione del cielo è molto lunga e costellata di fallimenti. In particolare gli ultimi lavori sull'argomento ruotavano intorno ad un'ipotesi poi dimostratasi falsa, quella che supponeva il fenomeno della colorazione del cielo dovuto a particelle in sospensione nell'alta atmosfera (Tyndall, 1869, On the blue color of the sky, the polarization of sky light, and on the polarization by cloudy matter in general, *Proc. Roy. Soc.*, 17, p. 223). Rayleigh riuscì ad aprire la strada ai lavori di Smoluchowski (1872-1917) ed Einstein che iniziarono nel 1904 (fluttuazioni) ed andarono avanti fino al 1910 (con la pubblicazione della memoria di Einstein sulla teoria dell'opalescenza critica). Rayleigh trattò il problema mediante la teoria elastica dell'ottica secondo la quale la luce si propaga nell'etere mediante onde, allo stesso modo del suono nell'aria. Facendo l'ipotesi che nell'atmosfera vi siano piccole particelle distribuite in modo discreto, riuscì a ricavare una relazione in grado di descrivere il fenomeno della diffusione della radiazione da parte di queste particelle. In questi primi lavori Rayleigh non specificava la natura di tali particelle affermando solo che dovevano essere molto più piccole della lunghezza d'onda della luce che le investiva. La cosa sarà ripresa in un lavoro del 1899, On the transmission of light through an atmosphere containing small particles in suspension and the origin of the blue of the sky (*Phil. Mag.*, 47, pp. 375-384), dove si afferma che il fenomeno del cielo azzurro può essere generato dalle molecole d'aria stesse, indipendentemente dalla presenza di altre particelle (anche in assenza di particelle estranee si avrebbe ancora un cielo blu).

2) Tyndall John (1820 – 1893), professore di Fisica presso la Royal Institution of Great Britain a Londra. Si occupò inizialmente di proprietà magnetiche della materia, in particolare del diamagnetismo. In seguito scoprì numerose proprietà della radiazione infrarossa. Fu grande didatta e divulgatore della scienza fisica.

3) Mie Gustav Adolf Fedor Wilhelm Ludwig (1869 – 1957), fisico tedesco. Nel 1908 presentò la teoria completa e rigorosa dello scattering elettromagnetico valido per centri diffusori di qualsiasi dimensione e di forma sferica e/o cilindrica. Nel limite che essi siano molto più piccoli della lunghezza d'onda della radiazione incidente si riottiene lo scattering Rayleigh. La teoria di Mie fu in seguito integrata per altre geometrie dai contributi di Debye e Lorenz. Lo scattering di Mie si applica comunemente in meteorologia. Ad esempio le gocce d'acqua che compongono le nubi hanno di solito dimensioni maggiori della lunghezza d'onda della luce visibile.

4) Dall'analogia con la formula di Nyquist il teorema di fluttuazione – dissipazione stabilisce una relazione tra l'impedenza di un sistema lineare e dissipativo e le fluttuazioni di una forza generalizzata (Callen e Welton, 1951).

Un sistema è dissipativo se è capace di assorbire energia quando è sottoposto ad una perturbazione periodica nel tempo (per esempio una resistenza elettrica assorbe energia da una tensione periodica); un sistema è lineare se la dissipazione di potenza è quadratica nell'intensità della perturbazione. Nel caso di un circuito elettrico si ha: Potenza = (tensione)² / R).

5) Harry Nyquist (1889 – 1976), fisico statunitense di origine svedese. Dettò un importante contri-

buto al settore delle telecomunicazioni e dei controlli automatici; è fondamentale il suo teorema che collega la fluttuazione quadratica media della tensione di rumore di un circuito elettrico con una banda di frequenza.

6) Herbert Bernard Callen (1919 – 1993) e Theodore Allen Welton (1918 -2010), fisici statunitensi.

7) Questa formula fu ottenuta da Einstein nel 1910. Egli all'epoca si interessava del fenomeno dell'opalescenza critica. Quando in un fluido avviene una transizione di fase, per esempio dell'acqua viene fatta bollire in un contenitore sigillato, il liquido gradualmente si trasforma in gas all'aumentare della temperatura, raggiungendo la densità della fase gassosa. Allo stesso tempo la densità della fase liquida diminuisce e alla fine si raggiunge un punto (alla temperatura di circa 647 K e alla pressione di 218 atm) in cui le fasi liquida e gassosa hanno la stessa densità. A temperature prossime a questo punto critico si formano bolle di entrambe le fasi liquida e gassosa, la cui grandezza varia in un ampio intervallo di dimensioni. Quando si formano goccioline liquide delle dimensioni della lunghezza d'onda della luce visibile si verifica un forte aumento della diffusione e il fluido, dapprima trasparente, assume un caratteristico aspetto lattiginoso. Einstein calcolò, senza ricorrere direttamente all'ipotesi molecolare di Rayleigh, la diffusione della luce in un mezzo debolmente disomogeneo (cioè con indice di rifrazione variabile da punto a punto) e non assorbente, e trovò che questa era legata a piccole fluttuazioni di densità del mezzo. Questo implica — ed è qui il nocciolo della questione — che in un mezzo perfettamente omogeneo, ossia senza fluttuazioni, non si osserverebbe alcuna diffusione. Einstein ricavò poi, nel caso limite di un gas perfetto, un'equazione in accordo quantitativo con quella di Rayleigh: poteva essere ottenuta sommando — come aveva appunto fatto Rayleigh — le onde diffuse dalle singole molecole quando queste si consideravano distribuite a caso. Il fisico polacco Marian Smoluchowski (1872-1917), che lavorava da tempo sull'opalescenza critica, si rese immediatamente conto dell'importanza del risultato ottenuto da Einstein in relazione al problema dell'azzurro del cielo, ma non ne comprese completamente il significato. Secondo Smoluchowski l'azzurro del cielo era dovuto a due diversi fattori: la diffusione molecolare e quella dovuta alle fluttuazioni di densità. Einstein gli fece prontamente notare che in realtà si trattava dello stesso effetto in entrambi i casi. Smoluchowski si convinse rapidamente che quella di Einstein fosse l'interpretazione corretta.

8) Questa formula fu ottenuta applicando la teoria elastica secondo cui la luce è una perturbazione che si propaga nell'etere in modo simile alle onde sonore che si propagano nell'aria e assumendo una distribuzione discreta del fluido atmosferico ed una simmetria sferica per i centri diffusori. L'equazione descrive il comportamento della radiazione diffusa da particelle di volume V , le cui dimensioni lineari sono piccole rispetto alla lunghezza d'onda della radiazione incidente. In seguito Rayleigh si pronunciò sull'esistenza di centri diffusori nell'atmosfera di dimensioni adeguate tali da permettere il fenomeno dell'azzurro del cielo in un lavoro del 1899: *On the Transmission of Light Through an Atmosphere Containing Small Particles in Suspension, and on the Origin of the Blue of the Sky*, *Phil. Mag. Ser. 5*, 47, 375 – 84, 1899. Il grosso passo avanti di Rayleigh consisteva dunque nel riconoscimento che anche le molecole dell'atmosfera possono diffondere la luce del cielo. La teoria della diffusione molecolare non ottenne un consenso immediato. La sopravvivenza di spiegazioni alternative e lo scetticismo verso le idee atomistiche, ancora diffuso alla fine dell'Ottocento, ne ostacolavano l'accettazione generale; oltre a ciò la teoria presentava dei punti deboli legati alle ipotesi semplificatrici introdotte da Rayleigh. Per queste ragioni ancora nel 1908 la questione se le molecole dell'aria fossero il mezzo diffusore responsabile del colore del cielo rimaneva controversa.

Il clima di Firenze Capitale (1865 – 1870)

Emilio Borchi e Renzo Macii

Fondazione Osservatorio Ximeniano, Firenze

Sono qui presentate le Osservazioni meteoriche eseguite all'Osservatorio Ximeniano, sotto la direzione di P. Giovanni Antonelli.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i totali mensili e annuali delle precipitazioni, le medie mensili e annuali di pressione e temperatura. Le osservazioni meteoriche dal giugno 1856 al 1872 venivano fatte quattro volte al giorno (alle ore 7, 12, 17, 22) in pollici inglesi e loro sottomultipli per pressione e pre-

cipitazioni e in gradi Réaumur per la temperatura.

Bibliografia

Archivio storico dell'Osservatorio Ximeniano, Registro delle Osservazioni Meteoriche 1812 – 1950.
G. Alfani (1920). *Un secolo di osservazioni meteoriche*, Tipografia Editrice Barbera, Firenze.
E. Borchi, R. Macii (2010). *Le piogge a Firenze (1812 – 2007)*, Pagnini Editore, Firenze.

Tab. 1 – Totali mensili e annuali delle precipitazioni (valori in mm)

Anno	gen.	feb.	mar.	apr.	mag.	giu.	lug.	ago.	set.	ott.	nov.	dic.	totale
1865	69,6	30,4	147,3	7,4	36,2	25,3	67,3	68,8	2,3	84,8	94,7	27,6	661,7
1866	62,1	43,1	191,4	82,4	74,5	33,1	24,1	54,9	74,2	57,3	47,6	20,9	765,5
1867	134,9	29,7	112,4	39,7	60,0	52,7	13,3	53,6	165,3	129,0	60,8	50,8	902,2
1868	100,2	0,3	41,3	75,1	33,7	47,3	110,4	107,0	175,8	97,7	85,2	95,1	968,0
1869	45,2	24,1	108,7	70,5	62,2	45,7	25,0	92,7	112,8	92,3	71,4	300,2	1050,7
1870	55,5	56,0	29,5	3,4	63,6	72,8	12,7	139,2	12,9	107,0	163,0	185,1	901,0

Tab. 2 – Totali mensili e medie annuali di pressione atmosferica (valori in mm)

Anno	gen.	feb.	mar.	apr.	mag.	giu.	lug.	ago.	set.	ott.	nov.	dic.	media
1865	749,4	749,9	746,9	751,3	757,7	757,1	756,6	755,2	760,7	746,2	754,3	760,4	753,8
1866	758,9	754,1	747,1	754,1	754,3	756,1	755,2	754,6	755,2	757,1	754,6	758,2	754,9
1867	750,1	760,2	747,6	753,7	755,2	755,5	756,2	756,2	758,0	758,4	758,2	749,8	754,9
1868	752,8	760,2	753,2	754,3	756,6	756,6	755,0	755,9	755,9	755,0	753,2	755,7	755,4
1869	760,0	759,3	744,2	755,0	754,0	755,7	756,4	756,2	755,2	755,9	754,3	752,1	754,8
1870	755,5	749,5	750,7	757,7	757,4	756,9	755,5	752,8	758,9	754,6	753,2	748,5	754,3

Tab. 3 – Totali mensili e medie annuali di temperatura dell'aria (valori in °C)

Anno	gen.	feb.	mar.	apr.	mag.	giu.	lug.	ago.	set.	ott.	nov.	dic.	media
1865	7,10	4,80	6,80	16,00	21,50	23,50	27,50	24,60	23,60	16,50	12,10	6,30	13,89
1866	6,10	10,30	11,10	15,00	17,60	24,80	26,60	24,10	23,60	16,50	9,90	6,40	15,93
1867	8,10	9,30	11,80	15,10	19,93	23,00	26,40	25,30	22,80	13,50	8,50	4,60	15,67
1868	4,40	7,90	8,90	14,30	23,30	24,10	25,90	25,40	22,00	17,40	9,60	10,30	16,12
1869	4,40	9,50	8,00	14,90	21,40	22,30	27,80	24,50	21,6	14,10	9,60	4,40	15,49
1870	3,40	6,50	9,10	14,10	20,90	24,40	26,50	26,60	19,90	15,50	11,90	4,40	15,22

Sismologia



Attività della sezione Sismologia nel 2016

Graziano Ferrari^{1,2} e Marco Capello¹

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

²Responsabile della sezione Sismologia della Fondazione Osservatorio Ximeniano, Firenze

Nel 2016 l'attività della sezione di Sismologia della Fondazione Osservatorio Ximeniano (FOX) si è articolata in 4 filoni principali:

i) registrazione strumentale di terremoti locali, regionali e telesismi con la strumentazione della stazione FIR della Rete Sismica Nazionale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia;

ii) riproduzione digitale ad alta risoluzione di sismogrammi storici dell'Osservatorio Ximeniano (OX);

iii) riproduzione digitale di documentazione e di lastre fotografiche storiche dell'Archivio dell'OX;

iv) avvio del censimento preliminare di strumentazione o pezzi di strumenti in un deposito dell'Osservatorio.

Nel suo continuo dialogo fra un glorioso passato e l'attualità, anche il 2016, direttamente o indirettamente, rappresenta un anno di particolare significato per la sezione sismologica dell'OX.

Registrazione strumentale di terremoti

Come è ormai noto, a differenza della meteorologia e dell'astronomia, per citare anche solo due delle principali sezioni scientifiche della FOX, la sismologia contemporanea non ha più un senso particolare fatta a scala urbana. Per la localizzazione dell'epicentro di

un terremoto sono necessarie le registrazioni sismiche di almeno tre stazioni distribuite territorialmente in maniera più regolare possibile intorno all'epicentro.

Poiché numerosi fattori condizionano la precisione della localizzazione dei terremoti, fra i quali la geometria della distribuzione terri-



Fig. 1. Mappa delle stazioni sismiche della Rete Sismica Nazionale di INGV.

toriale delle stazioni che registrano il terremoto, la grande varietà di litotipi geologici attraversati dalle onde sismiche nel tragitto fra l'ipocentro e le stazioni di registrazione ecc., più elevato è il numero delle registrazioni sismiche che contribuiscono ai calcoli dell'epicentro e dell'ipocentro, maggiore è la precisione di queste localizzazioni.

La Rete Sismica Nazionale dell'INGV conta oggi oltre 300 stazioni sismiche distribuite come mostrato in figura 1. La stazione FIR di Firenze (Delladio *et al.* 2016), collocata nel sotterraneo Gabinetto sismologico Alfani dell'OX, partecipa alla rete nazionale dell'Istituto Nazionale di Geofisica (ING – oggi INGV) già dagli anni '50 del secolo scorso. Anche nel 2016 FIR ha partecipato regolarmente all'attività di monitoraggio sismico del territorio nazionale e, nonostante la sua collocazione urbana - molto rara nelle stazioni moderne - ha contribuito alla localizzazione di terremoti con 15 onde P e 10 onde S nel 2015 e 37 onde P e 23 onde S nel 2016 (figura 2).

Riproduzione digitale ad alta risoluzione di sismogrammi storici

Degli oltre 7000 sismogrammi finora scansioni nel *Laboratorio di scansione ad alta risoluzione* di SISMOS-INGV (figura 3), su di un periodo dal 1901 al 1983, circa 1000 (1915 - 1938) sono stati riprodotti nel 2016 e le riproduzioni sono pubbliche online nel portale di SISMOS (seismogramrequest.rm.ingv.it). Si tratta di registrazioni su carta affumicata con Pendoli orizzontali Stiattesi, Tromometrografi Omori-Alfani, Microsismografo Vicentini, Pendolo bifilare Cartuja, Sismografi Wiechert e altri. Numerose sono anche le registrazioni su carta fotografica, con Sismografi Galitzin e Fotosismografi Alfani.

La divulgazione online di questa preziosa documentazione storica va ben oltre la semplice valorizzazione del patrimonio storico-scientifico dell'Osservatorio Ximeniano, perché consente lo studio strumentale di terremoti avvenuti in Italia e nell'intera area euro-mediterranea da circa 120 anni. È un aspetto di rilevanza non solo scientifica perché consente di estendere indietro nel tempo le nosconoscenze sulla pericolosità sismica delle principali zone sismogenetiche dell'area euro-mediterranea con importantissime implicazioni sulla sicurezza delle popolazioni di queste zone.

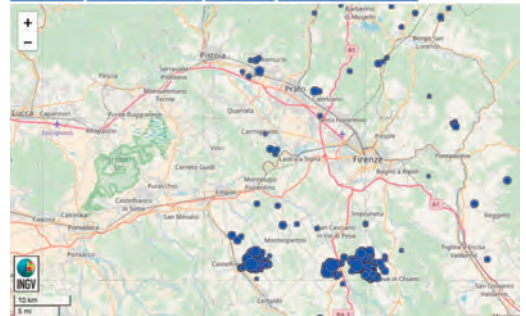


Fig. 2. Epicentri dei terremoti alla cui localizzazione hanno contribuito le registrazioni della stazione FIR, nel 2015-16. I cerchi sono proporzionali alla magnitudo.

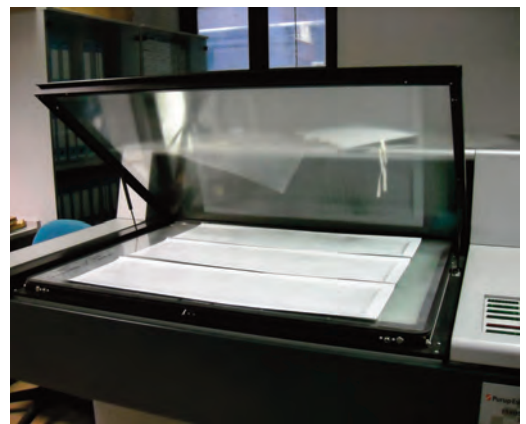


Fig. 3. Uno dei tre scanner formato A0 di SISMOS, aperto in fase di predisposizione per la scansione di tre sismogrammi su carta fotografica.

Censimento preliminare di strumentazione dismessa o pezzi di strumenti

C'è un magazzino nei locali dell'OX dove si sono sedimentati, per decenni, pezzi di ricambio di strumenti, pezzi di strumenti, parti di strumenti che sono rimanenze di fasi diverse dello sviluppo di prototipi. In parte, insomma, materiale di "scarto" o da riutilizzare il cui studio e ricomposizione ci potrà raccontare la storia dello sviluppo di alcuni dei migliori strumenti di Guido Alfani e forse anche di Filippo Cecchi. La maggior parte di questi pezzi è infatti riconducibile all'attività di questi due scienziati sperimentatori. Il grande successo che ebbero gli strumenti progettati da Alfani in numerosi osservatori pubblici e privati, fra cui principalmente i Tromometrografi Omori-Alfani, l'Ortosismografo e la terna di Fotosismografi, indussero Alfani a realizzare una produzione in serie di numerosi strumenti o parti di essi, questi ultimi con funzione di ricambi, di cui troviamo traccia nel magazzino.



Fig. 4. Macchina da scrivere Oliver n.9 del 1917 rintracciata nel magazzino dei pezzi di ricambio dell'OX. Dopo un'estesa pulizia e un accurato restauro l'oggetto potrà essere collocato in una più onorevole posizione negli spazi museali dell'Osservatorio.

Riproduzione digitale di documentazione e di lastre fotografiche storiche

In oltre 250 anni di attività scientifica dell'OX si è sedimentato un enorme patrimonio scientifico-culturale di grandissimo valore: strumenti, spesso autocostruiti, osservazioni scientifiche, corrispondenze, miscellanee, libri, fotografie ecc. In tempi recenti, la FOX ha avviato attività di recupero, riordino, inventariazione, catalogazione e riproduzione digitale del materiale documentario (Westinghouse 2016 e in questo volume). Nel 2016, su questi aspetti, la sezione Sismologia si è dedicata anche al recupero e alla riproduzione della documentazione fotografica, la maggior parte lastre fotografiche negative o positive, che riguarda per lo più, ma non solo, argomenti sismologici.

Realizzate per fini indipendenti, queste attività di recupero di testimonianze diverse consentono inaspettati contributi alla scienza e a pezzi di storia della scienza "scritta" all'OX. La figura 5, per esempio, mostra la collocazione di un inclinografo, progettato da Alfani (1912), che sarà possibile ricostruire poiché sono stati trovati quasi tutti i pezzi, sparsi nel magazzino precedentemente descritto.



Fig. 5. Pilastro sismico del Gabinetto sismologico sotterraneo Alfani, in una lastra fotografica del 1910 circa. In primo piano un inclinografo realizzato da Alfani per misurare l'influenza sulle registrazioni sismiche delle variazioni di temperatura durante la giornata.

150° delle relazioni Italia-Giappone

Nel 2016 si è celebrato il 150° anniversario delle relazioni diplomatiche fra Italia e Giappone, avviate con la firma del *Trattato di amicizia e di commercio* fra i due paesi a Tokyo il 25 agosto 1866.

È noto come la tradizione sismologica italiana affondi le sue radici agli inizi del XVIII secolo anche se il suo maggiore sviluppo, in senso moderno, è riconducibile al periodo che va dall'ultimo quarto del XIX secolo al primo dopoguerra circa. In quest'ultimo periodo parallelamente si andò sviluppando in Giappone la prestigiosa tradizione del paese del Sol levante. I primi passi in questo settore furono compiuti da studiosi inglesi emigrati in Giappone, quali Ewing, J. Perry, E. Ayrton, John Milne. Questi studiosi avviarono presso l'Università di Tokyo una proficua sperimentazione di strumentazione sismica, promossero la nascita della Japan Seismological Society fecero scuola a studiosi che sarebbero divenuti delle celebrità in campo sismologico. Primo fra tutti Fusakichi Omori (1868 - 1923). Nonostante il ruolo degli studiosi inglesi nella nascita e nello sviluppo della sismologia giapponese, fin dal 1875 il mondo sismologico di quel paese ebbe una costante e particolare attenzione per la sismologia italiana e per i drammatici terremoti che interessarono l'Italia meridionale e centrale nei primi due decenni del '900: 8 settembre 1905 Calabria meridionale, 28 dicembre 1908 Stretto di Messina, 13 gennaio 1915 Marsica. Nel 1875 il governo giapponese acquistò un sismografo elettromagnetico di Luigi Palmieri, strumento realizzato per la prima volta nel 1857, che fu utilizzato fino almeno alla fine dell'Ottocento. Luigi Palazzo, direttore dell'Ufficio Centrale di Meteorologia e Geofisica, nella Commemorazione di Omori ricorda come nel 1895

il Governo giapponese lo mandò a perfezionarsi in Italia e Germania, per un paio d'anni: *A Roma si trattenne parecchi mesi, durante i quali, con una facilità e prontezza che ci ha meravigliati, si rese abbastanza padrone della nostra lingua. [...] Mostrò di apprezzare altamente il contributo dato agli studi sismici dall'Italia, la quale in essi aveva percorso le altre nazioni. Racconta P. Giovannozzi delle Scuole Pie che, nella visita fatta dall'Omori all'Osservatorio Ximeniano in Firenze, stando riverente dinanzi ai ritratti dei gloriosi pionieri della sismologia, Serpieri e Cecchi, il dotto giapponese si era inchinato ripetutamente alle loro immagini, con le parole: Questi sono stati i nostri maestri.* (Palazzo 1924, pp.543-545). Come ricordato anche da Barsanti (1992), Omori fece visita per la prima volta all'OX nel 1897, sotto la direzione di P. Giovanni



Fig. 6. G. Alfani e F. Omori in una fotografia ripresa in occasione di una delle visite del sismologo giapponese all'Osservatorio, probabilmente nel 1903.

Giovannozzi.

Quella fu solo la prima di almeno quattro visite che Omori fece al nostro Osservatorio; egli infatti tornò nel 1903 (Barsanti 1992, p.46) (figura 6), nel 1909 (12 maggio) di ritorno dal suo viaggio di studio del terremoto del 1908 e nel 1912. Oltre alle frequenti visite all'Osservatorio, già nel 1901 Omori riceveva regolarmente il bollettino dell'OX e stabilì con Guido Alfani (1876 - 1940), succeduto nel 1905 a Giovannozzi nella direzione dell'Osservatorio Ximeniano, una intensa collaborazione.

Seppur più giovane di otto anni di Omori e molto meno internazionalmente conosciuto, il Alfani seppe dialogare al pari e condividere diversi settori i ricerca e sperimentazione con l'illustre sismologo giapponese, allora conosciuto a Firenze come "il terremotaio di Tokyo collega di Alfani".

Questi settori spaziavano dallo studio degli effetti dei grandi terremoti sia sul terreno che dalle registrazioni sismiche, alla progettazione di strumenti sismici e per lo studio delle vibrazioni degli edifici e tanto altro.

Ci soffermiamo qui brevemente sul sismografo a pendolo orizzontale progettato da Omori nel 1899 (figura 7). Lo strumento si compone di una solida colonna di ferro a cui è sospesa, tramite due fili di acciaio, un'asta rotante in un punto della colonna e recante all'estremità opposta una massa di 3 kg.

La storiografia relativa del sismografo a pendolo orizzontale non attribuisce il primato della sua scoperta a un solo studioso e lo strumento di Omori rappresenta la migliore configurazione per quel tempo. Omori attinse all'esperienza di T. Gray, J. Ewing e J. Milne con cui era in stretto contatto, ma non mancò un importante contributo anche da parte di Giulio Grablovitz (1846 - 1928) altra straor-

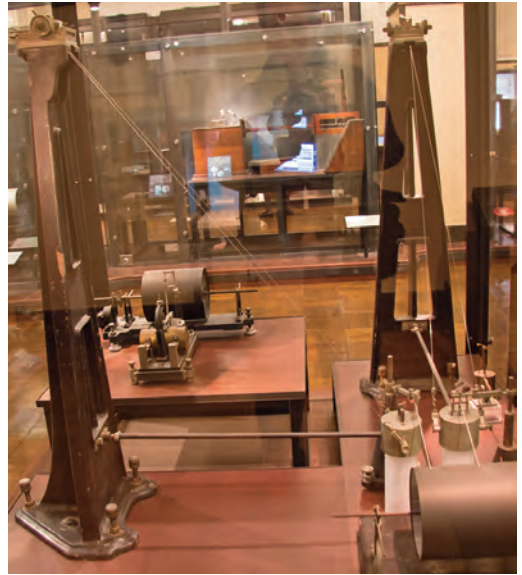


Fig. 7. Coppia di sismografi Omori conservati al National Museum of Nature and Science dell'Università di Tokyo. Entrambi gli strumenti scrivono su una stessa carta affumicata avvolta a uno rullo rotante.

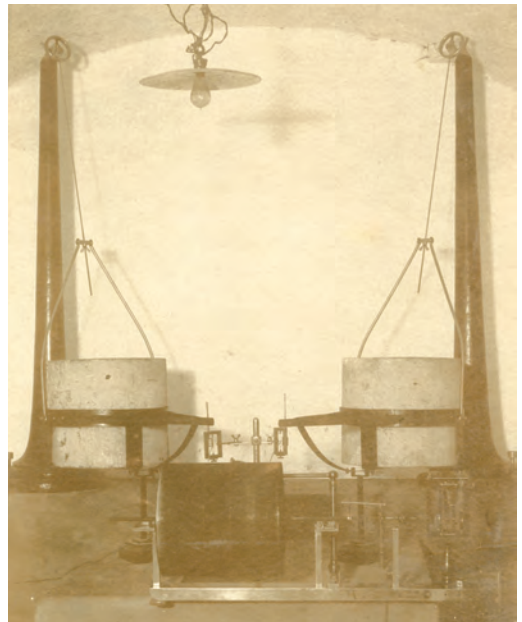


Fig. 8. Coppia di trometrografi Omori-Alfani dell'Osservatorio Ximeniano in una foto storica.



Fig. 9. Un giovane Alfani osserva le registrazioni del suo Tromometrografo Omori-Alfani. Questa foto storica si riferisce agli anni fra il 1905 e il 1910 circa.



Fig. 10. Particolare delle masse pendolari e dell'apparato registratore dei Tromometrografi Omori-Alfani dell'Osservatorio Schiavazzi di Livorno, prima del restauro.



Fig. 11. Tromometrografi Omori-Alfani di Livorno, dopo il restauro, in esposizione a Torino nel 2014, in attesa della ricollocazione nella sede storica originale.

dinaria figura di eclettico scienziato italiano con cui lo studioso giapponese era in contatto. Grablovitz, negli osservatori geodinamici dell'Isola d'Ischia, che facevano capo all'Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica e di cui era direttore, progettò e utilizzò efficacemente numerosi sismografi fra cui anche un pendolo orizzontale (Grablovitz 1896).

Il sismografo di Omori ebbe un notevole successo anche in Europa tanto che il costruttore di strumenti J. A. Bosch di Strasburgo ne fece una produzione per diversi osservatori e anche una variante cosiddetta Sismografo Bosch-Omori, sensibilmente differente.

Alfani modificò lo strumento di Omori aumentandone 100 volte (300 kg) la massa, avvicinandola molto alla colonna di sostegno e irrigidì la sospensione sostituendo i fili di acciaio con aste di ferro (figure 8 e 9). Dal 1907, numerosi osservatori italiani installarono una coppia di tromometrografi Omori-Alfani: Domodossola, Prato, Benevento, Parghelia, Pompei e Mileto. Il prototipo dello strumento, unico sopravvissuto, fu venduto nel 1950 dall'OX al Comune di Livorno per l'Osservatorio Schiavazzi, dove vi registrò fino agli anni '90 del secolo scorso.

Nel 2012, in previsione dell'esposizione a Firenze e successiva musealizzazione, lo strumento è stato portato al *Laboratorio di restauro della strumentazione storica di Sismos* (<http://sismos.rm.ingv.it>) dell'INGV di Roma, dove è stato accuratamente restaurato. L'intervento, di tipo conservativo, ha interessato tutte le parti metalliche e la base di marmo di sostegno dell'apparato di registrazione (figure 10 e 11), con importanti dissoluzioni e successivi trattamenti protettivi. La riverniciatura e ri-nichelatura ha interessato solo parti in cui i trattamenti originali erano irrimediabilmente compromessi.

Terremoti della costa adriatica del 1916

Un intenso periodo sismico interessò la costa adriatica riminese nella primavera-estate del 1916. Tre violentissime scosse, il 17 maggio (12:50 GMT), il 16 giugno (01:27 GMT) e il 16 agosto (07:06 GMT) causarono danni e distruzioni in un'area di circa 10.000 km² e repliche di minore intensità interessarono l'area fino al dicembre successivo.

La tabella 1 riassume i principali parametri di questi tre eventi, risultato di approfondite ricerche pubblicate nel Catalogo dei Forti terremoti in Italia (Guidoboni *et al.* 2017), a cui si rimanda per i dettagli degli effetti nelle singole località e per le singole scosse, mentre la figura 12 mostra la distribuzione territoriale delle intensità macrosismiche attribuite agli effetti del terremoto nelle varie località. Reduce dalla grande popolarità raggiunta dopo il terremoto della Marsica del 15 gen-

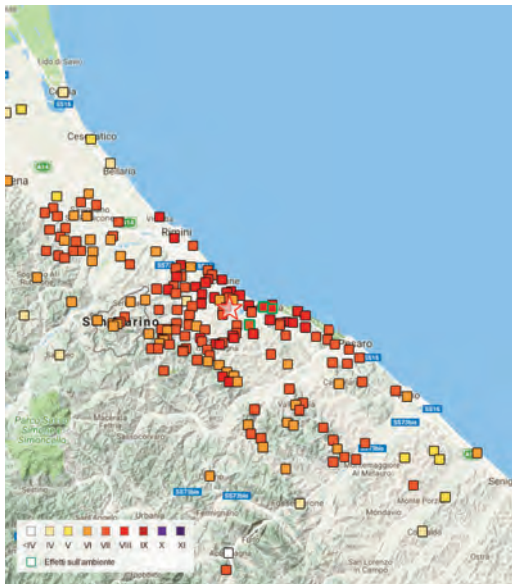


Fig. 12. Carta della distribuzione territoriale delle intensità macrosismiche della scossa del 16 agosto 1916, attribuite agli effetti sismici nelle singole località.

Tabella 1. Principali parametri sismologici delle tre scosse più intense del periodo sismico della costa adriatica del 1916.

L'ora della scossa si riferisce al tempo medio di Greenwich (GMT) riferimento universale per tutti i terremoti che avvengono nel mondo, Io e I_{max} sono rispettivamente l'intensità epicentrale e quella massima secondo la scala Mercalli-Cancani-Sieberg, Me è la magnitudo equivalente, calcolata a partire dalla distribuzione territoriale delle intensità, NOM è il numero località con intensità e Lat. e Lon. sono le coordinate geografiche dell'epicentro. L'ultima colonna indica la zona epicentrale.

Data	Ora	Io	I _{max}	Me	NOM	Lat.	Lon.	Area
1916 05 17	12:50	VIII	VIII	5.8	132	44.011	12.622	Alto Adriatico
1916 06 16	01:27	VI	VI-VII	4.9	17	44.022	12.603	Alto Adriatico
1916 08 16	07:06	VIII	VIII	5.7	257	43.962	12.671	Alto Adriatico



Fig. 13. Rimini, terremoto del 1916. Crolli e demolizioni dell'abside della chiesa di San Bartolomeo (Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione. Fototeca Nazionale, Foto serie E, n.4026).

naio 1915, quando in quattro mesi condusse una missione di studio del disastroso terremoto e tenne ben 28 conferenze in 27 località italiane da Torino a Napoli (Ferrari 2016, pp. 58-62), Alfani ricevette numerose lettere in cui si chiedevano informazioni e rassicurazioni sull'evoluzione della crisi sismica, oltre a richieste di conferenze. Per motivi di salute e impegni scientifici Alfani rifiutò cortesemente tutti gli inviti, tranne quello dell'amico fraterno don Pierino Poggi di Imola. Alcuni giorni dopo la scossa del 16 agosto, Alfani condusse una ricognizione dei danni e raccolse numerose informazioni sulle direzioni di provenienza delle onde sismiche localizzando l'evento a sud dell'Istria, utilizzando il metodo inventato da Mallet (Ferrari e McConnell 2004). Dalla caduta di alcune colonne dell'Hotel des Bains di Riccione (figura 14), Alfani calcolò l'accelerazione necessaria al loro ribaltamento e quindi la minima accelerazione sismica in quel punto: 1590 mm/sec^2 che paragonò ai valori di 2000 e 3500 mm/sec^2 determinati rispettivamente per i terremoti dello Stretto di Messina del 1908 e della Marsica del 1915 come a quel tempo stimati.

Secondo Alfani, a Rimini e a Pesaro esternamente le case sembravano aver ben resistito, mentre all'interno erano piene di gravi lesioni. Riccione, Cattolica e Gabicce erano quasi completamente distrutte. Dedusse, inoltre, che i danni maggiori si erano verificati nei paesi ubicati *sullo sprone montagnoso che a Riccione a Pesaro si protende in mare o nelle vallate dei torrenti*.

L'articolo del resoconto di questa missione di studio di Alfani è completato dall'elenco delle scosse avvertite a Pesaro, Rimini e Urbino, dall'analisi dei sismogrammi registrati all'OX e alla stazione sismologica di Imola.

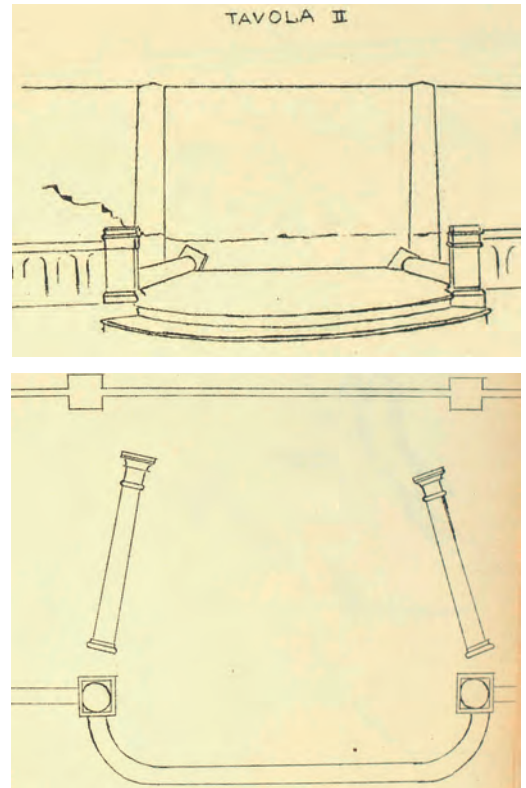


Fig. 14. Disegni di Alfani di due colonne dell'Hotel des Bains di Riccione cadute in direzione NW da cui lo scienziato scolopio ha calcolato l'accelerazione del terremoto in quel luogo (Alfani 1916, Tavv. II e III).

Chiudiamo questo ricordo delle osservazioni di Alfani rilevando come, con una punta di amarezza, il nostro studioso sottolinei lo stato della rete sismica italiana in quegli anni: *a questo punto, non posso trattenermi da far rilevare che [...] da Venezia e Treviso bisogna scendere fino a Foggia per trovare un Osservatorio sismologico dotato di strumenti registratori relativamente moderni! E se non vi fosse stata la stazione di Imola, essa pure dovuta a iniziativa privata, nessun Osservatorio avrebbe potuto raccogliere i dati esatti di questo recente e interessante periodo sismico*".

Cinquant'anni fa l'alluvione di Firenze

L'alluvione che ha colpito Firenze il 4 novembre 1966 è uno degli eventi calamitosi che ha segnato la memoria collettiva di una generazione in tutto il mondo.

L'incalcolabile danno al patrimonio culturale della città, uno dei luoghi simbolo della cultura nel mondo, ha attivato una spontanea e straordinaria ondata di solidarietà su tutti i fronti e da tanti paesi del mondo, da cui arrivarono a Firenze tantissimi giovani, poi denominati *Angeli del fango*, per contribuire a salvare lo straordinario patrimonio artistico e culturale della culla del Rinascimento italiano.

Purtroppo anche l'Osservatorio Ximeniano fu gravemente colpito nel Gabinetto sismologico sotterraneo Alfani con la devastazione della sua anima storica, gli strumenti di Alfani, e la strumentazione più moderna del tempo (figure 15 e 16). Si tratta delle terne di fotosismografi Alfani, e di sismografi Galitzin, nella variante riprogettata da Alfani, gravemente danneggiati inoltre i sismografi orizzontale e verticale Wiechert della rete sismica nazionale dell'Istituto Nazionale di Geofisica (ING).

La maggior parte degli strumenti subì danni gravissimi, ma per la prevalenza delle robuste parti metalliche che li costituivano solo pochi di essi risultarono irrecuperabili. L'ING non fece mancare il suo sostegno all'OX e, oltre al ripristino dei propri strumenti per riattivare la stazione moderna, contribuì al recupero completo della maggior parte della strumentazione del Gabinetto Alfani (figure 17 e 18).

Bibliografia

Alfani G., 1916. *Note ed osservazioni sui terremoti della regione litoranea adriatica nell'agosto del 1916*, Firenze, pp. 1-47 e 7 tavole.

Barsanti D. 1992. *P. Guido Alfani, un grande*



Fig. 15. Il Gabinetto sismologico sotterraneo Alfani devastato dalle acque e fango dell'Arno a seguito dell'alluvione del 4 novembre 1966. In alto il pilastro sismico, al centro la sala dei fotosismografi e in basso relitti di sismografi Galitzin - Alfani.



Fig. 16. I primi soccorsi arrivano anche nel Gabinetto sismologico sotterraneo Alfani e inizia il salvataggio.

studioso di sismologia tecnica (1876 - 1940), Firenze, 433pp.

Delladio A., Marcocci C., Amato A., Margheriti L. 2016. La stazione sismica FIR, in *Annuario della Fondazione Osservatorio Ximeniano di Firenze 2014-15*, pp. 83-87.

Ferrari G. 2016. Padre Guido Alfani fra le rovine del terremoto della Marsica del 13 gennaio 1915, in M. Rai (a cura di) *Il terremoto del 13 gennaio 1915 nell'Alta e Media Valle del Liri*, 2voll., Vol.I, pp. 39-75.

Ferrari G. e McConnell A. 2004, Robert Mallet e la sua ricognizione scientifica. In: Ferrari G. (a cura di) *Viaggio nelle aree del terremoto del 16 dicembre 1857. Con Robert Mallet alla scoperta dei caratteri ambientali, culturali e storici del Vallo di Diano e della Val d'Agri*. p. 11-62, Bologna.

Grablovitz G. 1896. Pendoli orizzontali a registrazione meccanica continua, *Boll. Soc. Sism. Ital.*, 2, pp.171-179.

Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comstri A., Tarabusi G., Sgattoni G. e Valensise G. 2017, *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia*



Fig. 17. Uno dei fotosismografi Alfani orizzontali restaurati dopo l'alluvione del 1966.

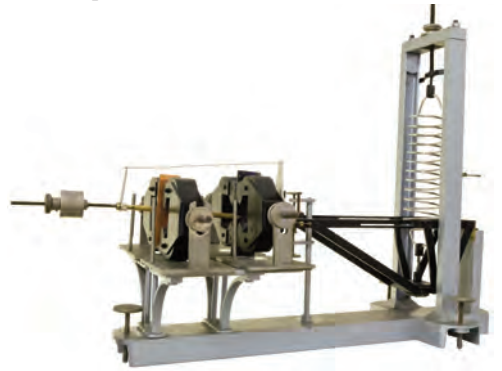


Fig. 18. Il sismografo Galitzin completamente recuperato dopo l'alluvione del 1966.

461 a.C. - 1997 e nell'area mediterranea 760 a. C. - 1500, storing.ingv.it/cfti/cfti5/.

Palazzo L. 1924. Commemorazione del socio straniero Fusakichi Omori, letta nella seduta del 30 maggio 1924, *Rendiconti dell'Accademia Nazionale dei Lincei*, Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali, vol. XXXIII. Serie 5", pp. 542-546.

Westinghouse A. 2016. Intervento di riordinamento dell'Archivio dell'Osservatorio Ximeniano, *Annuario 2014-15 dell'Osservatorio Ximeniano*, pp. 104-106.

Radiotecnica



Generazione simultanea di più fasci di Bessel di ordine superiore con una antenna RLSA

Agnese Mazzinghi¹ e Angelo Freni^{1,2}

¹Dipartimento Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

²Responsabile della sezione Radiotecnica della Fondazione Osservatorio Ximeniano

Premessa

Il presente lavoro scientifico si basa sulla ricerca dal titolo “Generazione di onde vorticosi per applicazioni di telecomunicazioni” presentata congiuntamente dall’Università di Firenze (capofila) e l’Osservatorio Ximeniano, finanziata dall’Ente Cassa di Risparmio con il cofinanziamento di un assegno di ricerca. Parte della ricerca è stata pubblicata in [Mazzinghi, 2017].

Introduzione

L’esteso utilizzo delle comunicazioni wireless ha inevitabilmente portato alla saturazione di tutte le bande di frequenza disponibili, anche dopo l’adozione di tecniche artificiali che aumentano la capacità di banda. Allo stesso tempo, tuttavia, la richiesta di velocità di comunicazione/capacità di banda è sempre crescente. Recentemente, l’uso di modi OAM, detti anche modi vorticosi per la particolare forma delle superfici a fase costante del campo elettromagnetico, è stato proposto come soluzione a questo problema. Poiché i modi OAM sono mutuamente ortogonali possono essere utilizzati per trasmettere informazioni indipendenti sulla stessa banda di frequenza. Questo significa che la capacità di canale convenzionale sarebbe teoricamente moltiplicata per

il numero di modi OAM simultaneamente trasmessi. Tuttavia, i modi di ordine superiore hanno una singolarità di fase sull’asse del fascio e, pertanto, hanno una regione non diffrattiva “buia” piuttosto che “brillante”. Questa proprietà impedisce la possibilità di avere un rapporto segnale-rumore sufficiente per utilizzare un’unica antenna ricevente sulla linea ottica di vista. In particolare, un schema OAM multiplexing, come quello presentato da Tamburini et al. [Tamburini, 2012], può essere utilizzato per grandi distanze nella regione di Fraunhofer dell’antenna solo se la distanza trasversale tra le antenne riceventi viene aumentata proporzionalmente alla distanza tra trasmettitore e ricevitore. Sotto questa ipotesi, così come dimostrato in [Mohammadi, 2010] e [Craeye, 2016], non ci sono differenze rispetto alle tecniche MIMO (Multiple Input Multiple Output) che sono state oggetto di intensa ricerca fin dai primi anni 90. Recentemente è stata suggerita la generazione simultanea di più modi OAM anche per applicazioni di tomografia dove l’impiego di tali modi permetterebbe di ottenere una migliore risoluzione spaziale, superando perfino, almeno teoricamente, il limite di Rayleigh [Li, 2013]. Ciò è possibile in quanto l’uso di fasci che presentano una va-

riazione di fase elicoidale, tipica dei modi OAM, permette di convertire le componenti evanescenti del campo reirradiato dall'oggetto in esame, che sono collegate a rapide variazioni spaziali del campo e che sono normalmente fortemente attenuate in quanto la loro propagazione è incompatibile con il mezzo, in componenti radiative. Ciò permette di rilevare dettagli più piccoli dell'oggetto in esame anche a una certa distanza da esso. Questa specifica proprietà dei modi OAM potrebbe quindi consentire lo sviluppo di sistemi radar imaging la cui risoluzione spaziale, tramite l'uso di più modi OAM simultanei, risulterebbe ulteriormente migliorata rispetto a quella degli attuali sistemi. Una possibile applicazione che sicuramente beneficerebbe di una migliore risoluzione angolare è rappresentata dal caso in cui il sistema radar è collocato a bordo di un veicolo e viene utilizzato per la rivelazione a distanza di oggetti sepolti, così come mostrato in Fig. 1. Per questa specifica applicazione, l'antenna genera un fascio di tipo pseudo-Bessel che non è focalizzato in uno specifico punto dello spazio ma rimane confinato nella vicinanza dell'asse di propagazione per una lunga distanza. Questa proprietà è necessaria perché la distanza tra il bersaglio ed il radar è conosciuta solo in modo approssimativo (si stima tra i 3 ed i 10m) a causa della variabilità della superficie del terreno.

Per quanto riguarda l'antenna, le sue dimensioni sono inversamente proporzionali sia alla frequenza che alla larghezza del fascio. Pertanto, una volta che la massima distanza del bersaglio è specificata, deve essere accettato un compromesso tra la dimensione dell'antenna, la risoluzione trasversa del fascio (che è inversamente proporzionale alla

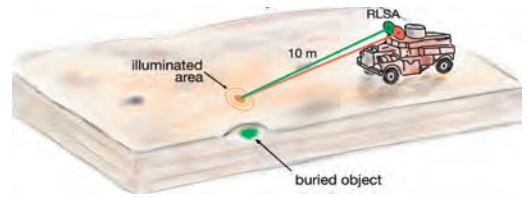


Fig. 1 - Possibile scenario operativo

larghezza del fascio), e la frequenza di lavoro. Dal momento che l'uso di più modi OAM permette di aumentare artificialmente la risoluzione trasversa del fascio, la sua larghezza può essere conseguentemente aumentata mantenendo virtualmente la stessa risoluzione di un fascio di Bessel classico. Questo significa anche che è possibile, per una migliore penetrazione nel terreno, ridurre la frequenza di lavoro mantenendo però lo stesso ingombro dell'antenna e la stessa risoluzione.

La combinazione di modi OAM con fasci di tipo Bessel equivale a considerare fasci Bessel di ordine superiore. Questa soluzione è stata recentemente introdotta nel campo dell'ottica con l'acronimo HOBB [Li, 2016]. Tuttavia, per rendere vantaggioso e fattibile un sistema radar basato sui modi HOBB operante nella banda delle microonde, è necessario avere a disposizione un'antenna compatta, a basso profilo che crei più ordini di vortice, cioè più modi OAM, nello stesso spazio fisico.

Così come già dimostrato in [Mazzinghi, 2014] è possibile utilizzare una antenna RLSA (Radial Line Slot Antenna) per generare nella banda della microonde un fascio pseudo-Bessel che rimane confinato per diverse centinaia di lunghezze d'onda lungo l'asse dell'antenna. L'antenna proposta in [Mazzinghi, 2014] risulta robusta, facile da costruire e di basso costo. Qui si

propone di estendere l'uso di un'antenna RLSA anche alla generazione simultanea di più fasci pseudo-Bessel quasi-OAM caratterizzati da un campo elettromagnetico confinato lungo l'asse dell'antenna su apprezzabili distanze (da qui il termine pseudo-Bessel) che presenta una variazione di fase tipica dell' n -esimo modo OAM (di qui il termine quasi-OAM). In particolare nel presente lavoro, dapprima si dimostra come la distribuzione di campo associata a tali modi quasi-OAM è comunque soluzione delle equazioni di Maxwell, e che quindi può essere realmente generata dall'antenna, poi se ne analizzano le proprietà radianti.

Nello specifico per generare la corretta variazione di fase di ogni modo OAM viene utilizzata una rete di alimentazione di Butler che, tramite otto sonde coassiali, eccita la guida a piatti piani e paralleli (PPW) con i primi cinque modi radiali (cioè $n = 0, \pm 1, \pm 2$). La configurazione delle fessure presenti sulla faccia superiore della guida a piatti piani e paralleli è poi ottimizzata per produrre una distribuzione di campo che ha un andamento radiale proporzionale a quello di una funzione di Bessel del primo tipo e ordine zero. La zona centrale dell'antenna è libera da fessure così che la distribuzione del campo possa presentare un nullo di ampiezza così come richiesto dai modi OAM di ordine superiore (cioè con $n \neq 0$).

Distribuzione del campo di apertura dell'antenna

Per generare l' n -esimo modo Bessel OAM, è necessario distribuire il campo sull'apertura dell'antenna con un'ampiezza proporzionale a $J_n(k_B\rho)$, dove J_n è la funzione di

Bessel di prima specie e ordine n . Si nota facilmente che la dipendenza dell'ampiezza con la distanza radiale è significativamente diversa al variare dell'ordine n . Pertanto, teoricamente si dovrebbe alimentare ogni elemento radiante dell'array con la corretta ampiezza e fase associate per ciascun modo simultaneamente. Ovviamente questa è una soluzione impraticabile. Per superare questo problema, deve essere utilizzata una diversa distribuzione di apertura che tuttavia presenta le stesse proprietà di un fascio Bessel OAM, almeno all'interno del fascio principale. Nello specifico si considera una distribuzione di apertura sull'antenna, che genera un fascio polarizzato circolarmente, della forma:

$$A(\rho, \phi) = C f_n(\rho) J_0(k_B\rho) e^{jn\phi} (\hat{x} \pm j\hat{y}), \quad (1)$$

dove C è una costante complessa e la funzione $f_n(\rho) = 1$ per $\rho_0 < \rho < \rho_{max}$ (ρ_0 verrà calcolato in seguito). La costante k_B è scelta in accordo a alle espressioni (2)-(3) in [Mazzinghi, 2014], e $J_0(k_B\rho)$ si azzerava al bordo $\rho = \rho_{max}$ dell'antenna.

Al fine di poter fisicamente generare tramite un'antenna la distribuzione in (1) si rende necessario dimostrare che questa è soluzione delle equazioni di Maxwell. Riorganizzando la soluzione generale dell'equazione d'onda di Helmholtz per un mezzo omogeneo, isotropo ed infinito, possiamo riscrivere il campo elettrico per un fascio Bessel di ordine n come segue:

$$E(\rho, \phi, z) = \alpha (\hat{x} \pm j\hat{y}) J_n(k_\rho\rho) e^{jn\phi} e^{-jk_z z} + \\ - j\alpha \frac{k_\rho}{k} J_{n\pm 1}(k_\rho\rho) e^{\pm j\phi} \hat{z} e^{jn\phi} e^{-jk_z z}$$

dove α è una costante complessa arbitraria e $k^2 = k_\rho^2 - k_z^2$, con k costante di propagazione nel mezzo. Il segno superiore (inferiore) è re-

lativo alla polarizzazione circolare destrorsa (sinistrorsa) rispetto all'asse z . Solo distribuzioni di apertura combinazioni lineari rispetto alla variabile k_ρ dei termini $\alpha(\hat{x}m\hat{y})J_n(k_\rho\rho)e^{jn\phi}$ genereranno il generico modo OAM.

È ora facile dimostrare che, nell'intervallo $\rho_0 < \rho < \rho_{max}$, è possibile approssimare con sufficiente accuratezza la funzione di Bessel di ordine zero $J_0(k_B\rho)$ che appare in (1) facendo ricorso alla serie di Fourier-Bessel come segue:

$$J_0(k_B\rho) = \sum_{m=1}^{\infty} c_m^{(n)} J_n(u_m^{(n)} \rho / \rho_{max}), \quad (3)$$

dove $u_m^{(n)}$ è la m -esima radice di $J_n(u) = 0$ e

$$c_m^{(n)} = \frac{2 \int_0^{\rho_{max}} J_0(k_B\rho) J_n(u_m^{(n)} \rho / \rho_{max}) \rho d\rho}{\rho_{max}^2 [J_{n+1}(u_m^{(n)})]^2}. \quad (4)$$

In altre parole, è possibile riscrivere $J_0(k_B\rho)$ come combinazione lineare di diverse versioni ortogonali della stessa funzione di Bessel di prima specie e ordine n (ovvero $J_n(k_B\rho)$) che sono soluzioni dell'equazione di Maxwell per l' n -esimo modo OAM. Inoltre, la condizione richiesta per l'espansione di Fourier-Bessel che la funzione approssimata si annulli sul bordo $\rho = \rho_{max}$ (ovvero $J_0(k_B\rho)|_{\rho=\rho_{max}} = 0$) è naturalmente soddisfatta, dal momento che il progetto di

$$k_{\rho m}^{(n)} = u_m^{(n)} / \rho_{max}$$

fascio Bessel che si propaga lungo z con $k_{z m} = \sqrt{k^2 - (u_m^{(n)} / \rho_{max})^2}$. Pertanto, tutti i termini per i quali $u_m^{(n)} / \rho_{max} > k$ danno origine a soluzioni evanescenti. Questo ci fornisce un criterio per calcolare ρ_0 come la distanza alla quale si ha ancora una buona approssimazione della funzione $J_0(k_B\rho)$ quando la sommatoria (3) è limitata ai soli fasci in propagazione. Fig. 2a mostra un esempio di ricostruzione di $J_0(k_B\rho)$ quando $k_B = 20$ e la frequenza di lavoro considerata è 15GHz. Nel dettaglio in figura, è evidente che si ottiene una buona ricostruzione per $\rho > \rho_0 \approx 3$ cm. Fig. 2b mette invece in evidenza che il campo radiato è influenzato dalla particolare scelta di solo per quanto riguarda l'ampiezza dei lobi laterali.

Per investigare le proprietà radiative dei modi quasi-HOBBS, nelle Figg. 3 e 4 il campo radiato dalla distribuzione di apertura in (1) è confrontato con quello di un'antenna ideale, che genera i fasci Bessel OAM corrispondenti a $n = 1$ o $n = 2$. In particolare, sono stati considerati: frequenza di lavoro pari a 15GHz, $\rho = 3$ cm, e $\rho_{max} = k_B / u_0^q = 58.9$ cm. Dalle Figg. 3 e 4 è evidente che i modi quasi-OAM Bessel, colonne (b) e (d), e i modi OAM Bessel, colonne (a) e (c), presentano un comportamento molto simile, specialmente nella regione del fascio principale, che è quella di interesse per le applicazioni radar. Inoltre, le mappe di fase mostrate in Fig. 4 mettono in luce che i fasci quasi-OAM Bessel mostrano una dispersione spaziale leggermente maggiore nella regione al di fuori del fascio principale. Questo è dovuto al fatto che, in accordo con l'eq. (3), la distribuzione di apertura è data dalla combinazione di diversi modi Bessel OAM di ordine n caratterizzati da diversi numeri d'onda trasversi e longitudinali,

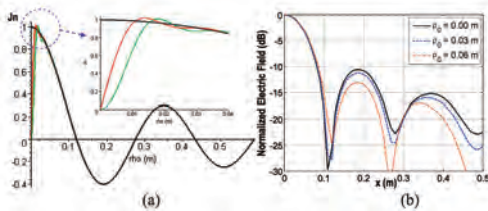


Fig. 2 - (a) $J_0(k_B\rho)$, con $k_B = 20$ e $R = u_0^q / k_B$, confrontata con i risultati ottenuti ricostruendo la funzione con una serie di Fourier-Bessel che fa uso di sole funzioni J_1 (curva rossa) oppure J_2 (curva verde). (b) Ampiezza del campo elettrico radiato a una distanza $z = 5$ m normalizzata al massimo del campo elettrico calcolato in $\rho = 0$.

$k_{\rho m}^{(n)} = u_m^{(n)} / \rho_{\max}$ e $k_{\rho m}^{(n)} = u_m^{(n)} / \rho_{\max}$ rispettivamente. Ciò nonostante, il contributo principale deriva dalle radici per le quali $k_{\rho m}^{(n)} = u_m^{(n)} / \rho_{\max} \approx k_B$.

Progetto dell'antenna RLSA

La distribuzione di apertura in (1) può essere convenientemente generata da un'antenna RLSA. Infatti, è possibile allo stesso tempo progettare una disposizione delle fessure radianti che si accorda con la distribuzione radiale $J_0(k_B \rho)$, ed eccitare i modi di alimentazione $TM_{0,n}^z$ [Ueda, 2010] nella guida a piatti piani e paralleli (PPW) che costituiscono l'antenna RLSA. Ogni modo di alimentazione $TM_{0,n}^z$ permette di ottenere il termine di fase $e^{in\phi}$ associato ad ogni modo OAM n -esimo. Inoltre, la condizione che assicura la corretta distribuzione di apertura $\rho > \rho_0$ è facilmente verificata andando a distribuire le fessure sul piatto superiore della PPW semplicemente a partire da $\rho = \rho_0$.

A. Circuito di alimentazione

Per generare simultaneamente nella guida a piatti paralleli numerosi modi azimutali $TM_{0,n}^z$ è possibile introdurre in essa otto sonde coassiali. In particolare queste sono disposte, così come mostrato in Fig. 5a, su una circonferenza di diametro pari a 20 mm concentrica

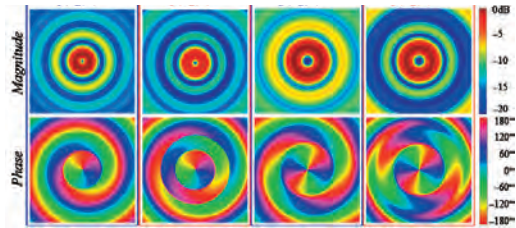


Fig. 3 - Ampiezza e fase del campo elettrico radiato su un piano posto a $z = 5m$ per $x, y \in (-0.5m, +0.5m)$ quando un HOBBS (a),(c) oppure un quasi-HOBBS (b),(d) fascio di Bessel è considerato: (a)-(b) $n = 1$, (c)-(d) $n = 2$.

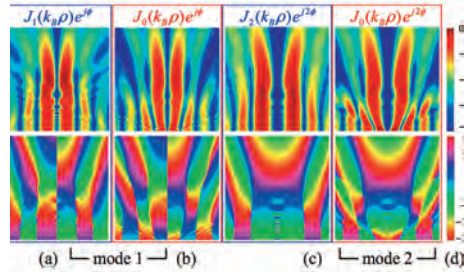


Fig. 4 - Ampiezza e fase normalizzate a del campo elettrico radiato nel piano $y = 0$ per $z \in (0.2m, 10m)$ e $x \in (-0.5m, +0.5m)$, quando un HOBBS (a),(c) oppure un quasi-HOBBS (b),(d) fascio di Bessel è considerato: (a)-(b) $n = 1$, (c)-(d) $n = 2$.

al centro dell'antenna. La dimensione e la profondità di penetrazione delle sonde nella guida è stata ottimizzata per ridurre il coefficiente di riflessione e minimizzare le variazioni di ampiezza e fase del modo azimutale lanciato nella guida [Sierra-Castaner, 2003]. Un pilastro metallico è stato inoltre introdotto al centro della guida a piatti paralleli per migliorare l'adattamento. Al fine di generare il generico modo $TM_{0,n}^z$ ogni sonda è alimentata con una onda avente stessa ampiezza ma opportuna fase, così come indicato in Tabella 1.

La Fig. 5b mostra una mappa dell'ampiezza del campo per i primi tre modi $n = 0,1,2$ di eccitazione della guida in assenza delle fessure. Per generare simultaneamente più modi $TM_{0,n}^z$ è necessario ricorrere a una rete di alimentazione di Butler, così come descritto in Fig. 6, al fine di assicurare la corretta variazione di fase a ogni sonda coassiale. A ogni porta di ingresso della rete di Butler si ottiene un coefficiente di riflessione migliore di -18.6 dB su tutta la banda di frequenza di interesse di 400 MHz. Nella stessa banda di frequenza il campo all'interno della guida a piatti paralleli presenta una variazione rispetto ai valori teorici di

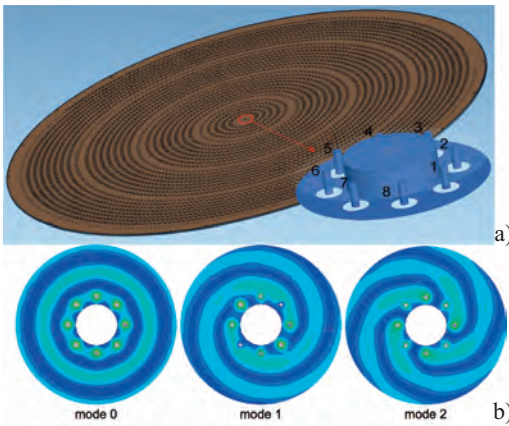


Fig. 5 - (a) Sistema di alimentazione dell'antenna RLSA e (b) mappa di ampiezza dei campi per i primi tre modi $TM_{0,n}^z$ nella guida a piatti paralleli (9154 fessure, altezza della guida 4.4 mm, caratteristiche del dielettrico di riempimento della guida $\epsilon_r = 1.07$ e $\tan\delta = 0.0035$, penetrazione della sonda coassiale 3.45mm, raggio del pilastro metallico centrale 7.3mm).

0.5dB in ampiezza e 3° in fase.

Progetto della antenna RLSA

Relativamente al posizionamento e dimensionamento delle fessure sul piatto superiore della guida a piatti piani e paralleli, non è qui possibile utilizzare le comuni tecniche di progettazione già introdotte nel caso di focalizzazione dell'antenna all'infinito. Si è quindi dovuto sviluppare una procedura di dimensionamento automatico simile a quella descritta in [Albani, 2012] ed adattare la tecnica di ottimizzazione descritta in [Mazzinghi, 2014] al caso in cui differenti

Tabella 1 - Variazione di fase all'ingresso di ogni sonda coassiale necessaria per generare l' n -esimo OAM modo.

modo	1	2	3	4	5	6	7	8	porta
0	$-\pi$	$-\pi$	$-\pi$	$-\pi$	$-\pi$	$-\pi$	$-\pi$	$-\pi$	A
-1	0	$-\pi/4$	$-\pi/2$	$-3\pi/4$	$-\pi$	$-5\pi/4$	$-3\pi/2$	$-7\pi/4$	E
+1	$-\pi/2$	$-\pi/4$	0	$-7\pi/4$	$-3\pi/2$	$-5\pi/4$	$-\pi$	$-3\pi/4$	G
-2	$-\pi/2$	$-\pi$	$-3\pi/2$	0	$-\pi/2$	$-\pi$	$-3\pi/2$	$-\pi$	D
+2	$-\pi$	$-\pi/2$	0	$-3\pi/2$	$-\pi$	$-\pi/2$	0	$-3\pi/2$	C

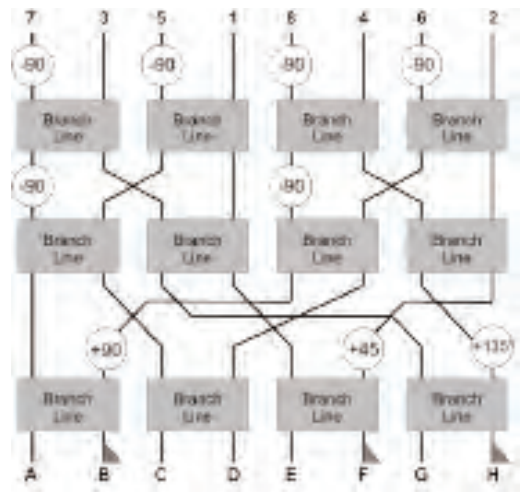


Fig. 6 - Rete di alimentazione Butler per l'eccitazione dei modi *quasi*-OAM Bessel $n = 0, \pm 1, \pm 2$.

modi $TM_{0,n}^z$ alimentano la guida a piatti paralleli. La configurazione finale delle fessure è riportata in Fig. 5a.

Risultati della simulazione

L'intera antenna è stata quindi simulata tramite CST Microwave studio considerando i primi tre modi quasi-HOBBS $n = 0, 1, 2$. In Fig. 7 è riportata l'andamento dell'ampiezza e della fase della componente copolare (RHCP) del campo elettrico in un piano trasverso all'asse z dell'antenna ($z = 5$) mentre Fig. 8 è relativa al piano $y = 0$. Dall'analisi comparativa delle Figg. 3 e 4 con le Figg. 7 e 8 è chiaro che è possibile utilizzare una antenna RLSA per generare simultaneamente cinque modi quasi-HOBB con una buon mantenimento della simmetria azimutale. La doppia singolarità evidente in Fig. 7c per il modo 0 è tipica per tutti i modi con $|n| > 1$ [Ricci, 2012] ed è comunque irrilevante ai fini dell'applicazione radar. Ciò è dovuto alla disposizione a spirale delle fessure che rompe la simmetria azimutale della struttura.

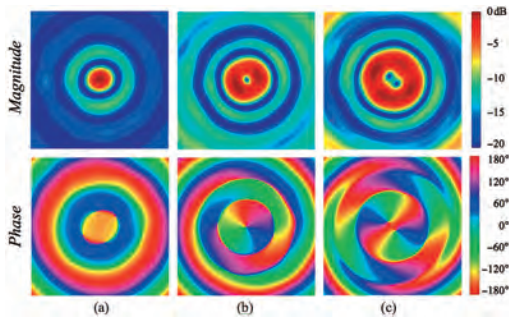


Fig. 7 - Ampiezza e fase del campo elettrico radiato dall'antenna RLSA di Fig. 5a a $z = 5\text{ m}$ per $x, y \in (-0.5\text{ m}, +0.5\text{ m})$: (a) $n = 0$, (b) $n = 1$, (c) $n = 2$.

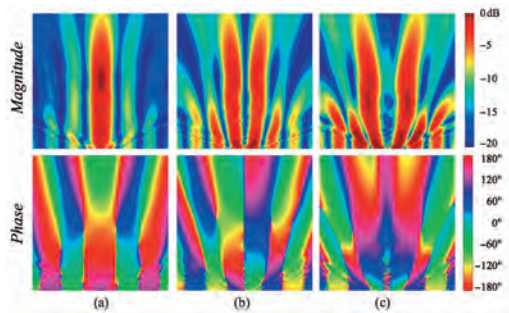


Fig. 8 - Ampiezza e fase, normalizzate a e^{jk_0z} , del campo elettrico radiato dall'antenna RLSA di Fig. 5a nel piano $y = 0$ per $x \in (-0.5\text{ m}, +0.5\text{ m})$ e $z \in (0.2\text{ m}, 10\text{ m})$: (a) $n = 0$, (b) $n = 1$, (c) $n = 2$.

Bibliografia

M. Albani, A. Mazzinghi, A. Freni (2012). Automatic Design of CP-RLSA Antennas, in *IEEE Trans. on Antennas and Propagat.*, vol. 60, n. 12, 5538 – 5547.

M. Ando, K. Sakurai, N. Goto, K. Arimura and Y. Ito (1985). A radial line slot antenna for 12 GHz, Satellite TV reception, in *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-33, n. 12, 1347-1353.

Z. Bouchal, M. Olivik (1995). Non-diffractive vector Bessel beams, in *Journal of Modern Optics*, vol. 42, n. 8, 1555-1566.

C. Craeye (2016). On the Transmittance Between OAM Antennas, in *IEEE Trans. on Antennas and Propagat.*, vol. 64, n. 1, 336-339.

O. Edfors and A.J. Johansson (2012). Is orbital angular momentum (OAM) based radio communication an unexploited area?, in *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 60, n. 22, 1126–1131.

G. Gibson, J. Courtial, M.J. Padgett, M. Vasnetsov, V. Pas'ko, S.M. Barnett, S. Franke-Arnold (2004). Free-space information transfer using light beams carrying orbital angular momentum, in *Opt. Express*, vol. 12, n. 22, 5448-5456.

J. Huang (1984). Circularly polarized conical patterns from circular microstrip antennas, in *IEEE Trans. on Antennas and Propagat.*, vol. 32, n. 9, 991-994.

L. Li, F. Li (2013). Beating the Rayleigh limit: orbital-angular-momentum-based super-resolution diffraction tomography, in *Phys. Rev. E Stat. Nonlin. Soft Matter Phys.*, vol. 88, n. 3, 033205.

X. Li, et al. (2016). Catenary nanostructures as compact Bessel beam generators, in *Sci. Rep.* 6, 20524.

A. Mazzinghi, M. Balma, D. Devona, G. Guarnieri, G. Mauriello, M. Albani, A. Freni (2014). Large Depth of Field Pseudo-Bessel Beam Generation With a RLSA Antenna, in *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. 62, n. 8, 3911-3919.

A. Mazzinghi, A. Freni (2017). Simultaneous Generation of Pseudo-Bessel Vortex Modes with a RLSA, in *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 16, 1-4, DOI:10.1109/LAWP.2017.2671838

S.M. Mohammadi, L.K.S. Daldorff, J.E.S. Bergman, R.L. Karlsson, B. Thidé, K. Forozesh, T.D. Carozzi, B. Isham (2010). Orbital angular momentum in radio-a system study, in *IEEE Trans. on Antennas and Propagat.*, vol. 58, n. 2, 565–572.

T. Nguyen, R. Zenkyu, M. Hirabe, T. Maru, E. Sasaki (2016). A Study of Orbital Angular Momentum Generated by Parabolic Reflector with Circular Array Feed, in *Proc. of ISAP2016*, Okinawa, Oct. 24-28, 2016.

F. Spinello, E. Mari, M. Oldoni, R.A. Ravanelli, C.G. Smeda, F. Tamburini, F. Romanato, P. Coassini, G. Parisi (2015). Experimental near field

- OAM-based communication with circular patch array, arXiv:1507.06889v1 [physics.optics].
- F. Ricci, W. Löffler, M.P. van Exter (2012). Instability of higher-order optical vortices analyzed with a multi-pinhole interferometer, in *Optics Express*, vol. 20, Issue 20, 22961-22975.
- M. Sierra-Castaner, M. Sierra-Perez, M. Vera-Isasa, J.L. Fernandez-Jambrina (2003). Low-cost monopulse radial line slot antenna, in *IEEE Trans. on Antennas and Propagat.*, vol. 51, n. 2, 256-263.
- H. Ueda, J. Hirokawa, M. Ando, and M. Albani (2010). A coaxial feeder with two pairs of parasitic pins for realizing rotationally symmetric aperture illumination in spiral array radial line slot antennas, in *IECIE Trans. Commun.*, vol. E93-B, 2554–2561.
- M. Tamagnone, C. Craeye, J. Perruisseau-Carrier (2012). Comment on 'encoding many channels on the same frequency through radio vorticity: first experimental test', in *New Journal of Physics*, vol. 14, n. 11, 118001.
- F. Tamburini, E. Mari, A. Sponselli, B. Thidé, A. Bianchini, F. Romanato (2012). Encoding many channels on the same frequency through radio vorticity: first experimental test, in *New J. Phys.* 14 033001.
- A.M. Yao and M.J. Padgett (2011). Orbital angular momentum: origins, behavior and applications, in *Advances in Optics and Photonics*, vol. 3, n. 2, 161-204.
- T. Yuan, H. Wang, Y. Qin, Y. Cheng (2016). Electromagnetic Vortex Imaging Using Uniform Concentric Circular Arrays, in *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 15, 1024-1027.

Archivio e Biblioteca



Inventariazione dei beni della Fondazione Osservatorio Ximeniano

Archivio dei sismogrammi storici

Aubrey Westinghouse¹ e Graziano Ferrari^{1,2}

¹Fondazione Osservatorio Ximeniano, Firenze, ²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Nel corso del lavoro di riordinamento dell'Archivio storico della Fondazione Osservatorio Ximeniano (FOX), realizzato per conto dell'Ufficio Nazionale dei Beni culturali Ecclesiastici della CEI, il presidente della FOX ha ravvisato la necessità di procedere al riordinamento dei sismogrammi presenti nella Fondazione stessa, testimoni di quasi cento anni di terremoti occorsi in diverse parti del mondo.

I sismogrammi sono conservati nel locale dove si è recentemente trasferito l'Archivio storico; erano già stati oggetto di un parziale lavoro ricognitivo in anni molto anteriori a quello di questa operazione. Il lavoro è stato reso possibile dal contributo concesso dall'Ufficio Nazionale dei Beni culturali Ecclesiastici della CEI, quale continuazione del lavoro intrapreso negli anni dal 2012 al 2014 sull'Archivio storico.

Il riordinamento è stato svolto seguendo il metodo *sulla carta*, ossia descrivendo le singole unità sul software fornito online dalla CEI (CEI-Ar) senza dover spostare fisicamente le singole unità, le quali sono state fustellate con un numero di corda progressivo, il quale verrà sostituito da un'etichetta *parlante* a lavoro sarà terminato.

Il lavoro non è infatti ancora giunto a termine anche se prossimo alla sua fase con-

clusiva. Sono state infatti riordinate 218 unità archivistiche comprendenti 67.661 sismogrammi, tutti censiti. Si deve tener conto del fatto che il lavoro di riordinamento è stato svolto da un archivista – persona quindi priva di nozioni sismologiche – anche se affiancato spesso dal Dr. Ferrari dell'INGV con i suoi preziosi consigli.

Gli estremi cronologici osservati sono rappresentati dal 1901 come estremo remoto e il 2006 come estremo recente. Sono presenti registrazioni dei vari sismografi che si sono alternati nel corso degli anni.

Si segnalano alcune curiosità che sono sorte nel corso del lavoro. Ad esempio, fu curioso notare che – nella cartella contenete i dati relativi al 1976 – mancasse proprio il periodo attorno al 6 maggio, data del terremoto in Friuli. Allo stesso modo, anche la cartella del 1980 non conteneva i dati del terremoto in Irpinia o, ancora, fece specie che mancassero i sismogrammi relativi alle bombe piazzate in via dei Georgofili nel 1993. Fu solo in una fase successiva che si reperirono tali sismogrammi in una cartella a parte – peraltro indicata come *Registrazioni spettacolari*. Era stata evidentemente fatta una cernita, in anni precedenti e secondo criteri assai opinabili di rottura del vincolo archivistico naturale.

Nel corso della descrizione sono stati notati, e segnalati, gli annotamenti a matita effettuati da vari rilevatori, i quali avevano segnalato la presenza di scosse telluriche dando anche indicazioni geografiche. Queste note sono state tutte doverosamente segnalate in modo che una ricerca sul software potesse facilitare il ritrovamento della relativa unità. Per la storia fiorentina, sono particolarmente interessanti i riferimenti alle esplosioni dei ponti sull'Arno a opera dei genieri tedeschi nell'agosto 1944, così come il ripetuto passaggio dei carri armati in città.

Il lavoro è quasi stato terminato e si è in attesa di alcune unità attualmente in consegna all'INGV per la loro digitalizzazione. Come già detto prima, l'ultima parte del lavoro, al di là della digitalizzazione a opera dell'INGV, sarà l'apposizione di etichetta *parlante* basata sul criterio cronologico dell'unità stessa. Si è, ovviamente, proceduto anche all'indicazione della collocazione in quanto, avendo operato *sulla carta*, non si sono spostate le pesanti unità che risultano, quindi, nell'ordine in cui erano state riposte anni fa.

Inventariazione dei beni della Fondazione Osservatorio Ximeniano Fondo Cartografico e Biblioteca Moderna

Aubrey Westinghouse

Fondazione Osservatorio Ximeniano, Firenze

Nel 2012 venne richiesta dai padri Scolopi la possibilità di inventariare il prezioso archivio storico dello Ximeniano e, dopo alcuni contatti con l'Ufficio Nazionale dei Beni Culturali Ecclesiastici della CEI a Roma, fu stanziato un contributo mediante il quale fu iniziato il lavoro che è stato meglio descritto in un articolo comparso sull'Annuario 2015.

L'inventario dell'archivio storico, tuttora disponibile in Osservatorio, si è rivelato uno strumento utile per gli studiosi, sia interni sia esterni, e ha rappresentato un punto di partenza per un ambizioso programma, voluto dal Consiglio di Amministrazione della Fondazione Osservatorio Ximeniano (FOX), che tendesse a inventariare tutti i beni facenti parte del patrimonio storico-scientifico della FOX stessa.

Il primo passo successivo all'inventariazione dell'archivio è stato quello della redazione di un inventario, corredato di fotografie, degli strumenti situati nelle cosiddette sale Ximenes e Barsanti. Esso è stato redatto da Lawrence Westinghouse con il prezioso aiuto del Direttore della FOX Prof. Borchi, del Dott. Macii, responsabile della Sezione meteorologia e della Dott.ssa Mara Miniati, membro del Comitato scientifico della stessa FOX. Ne è risultato un lavoro leggero ma esaustivo che consente di conoscere, per ogni strumento, il nome, la funzione elementare, il nome del costruttore e la data e

luogo di costruzione nonché, come già detto, una foto dello strumento. Questo primo passo è naturalmente propedeutico a una successiva fase di ricerca, tendente alla determinazione del periodo storico nel quale i singoli strumenti sono entrati a far parte del patrimonio dello Ximeniano e a una valutazione di carattere economico di ogni strumento.

Il passo successivo è stata la redazione di un analogo strumento operativo redatto dallo stesso Westinghouse con l'aiuto del Dott. Graziano Ferrari, responsabile della Sezione sismologia, per quanto attiene al patrimonio strumentale sismologico contenuto nel Gabinetto Cecchi e nella cosiddetta Sala Alfani. L'inventario è stato redatto con i medesimi criteri.

Il terzo passo è stata la redazione di un inventario degli strumenti radiotecnici presenti nella medesima Sala Alfani e, in questo caso, l'aiuto a Westinghouse è stato dato dal Presidente, Prof. Calamia e dal Dott. Filetti, addetto alla cura e manutenzione dei preziosi strumenti.

Un ulteriore passo è stato poi compiuto con l'approntamento dei progetti di inventariazione del Fondo Cartografico e della Biblioteca Moderna, con la successiva presentazione di una richiesta di un contributo alla Fondazione Cassa di Risparmio di Firenze per poter dare seguito all'indispensabile opera di riordino delle numerose risorse presenti nella FOX.

Il Fondo Cartografico venne studiato e ne venne redatto un catalogo a cura di Danilo Barsanti nel 1990 ma si è fortemente sentita la necessità di operare un aggiornamento per verificare la reale disponibilità delle unità allora presenti e descritte. Il criterio con il quale si opererà è lo stesso descritto sopra, ossia descrivendo i singoli pezzi secondo quanto disposto nell'ambito dell'*International Standard Bibliographic Description for Cartographic Materials* (ISBD-CM) e delle *Linee guida per la digitalizzazione del materiale cartografico*, redatte a cura del Gruppo di lavoro sulla digitalizzazione del materiale cartografico, attivato 2006 presso l'Istituto Centrale per il Catalogo Unico delle Biblioteche Italiane e per le Informazioni Bibliografiche (al quale prese parte anche il responsabile della Sezione Cartografia della FOX, Prof. Andrea Cantile), associando a ogni singola risorsa la relativa immagine digitale.

Per quanto attiene alle due biblioteche, si è optato – in funzione del contributo ricevuto – di rimandare a data successiva il lavoro sulla Biblioteca Antica, peraltro già descritta in un bel catalogo redatto dal Guerini negli anni '90 del secolo scorso.

L'attenzione si è invece concentrata sulla cosiddetta Biblioteca moderna, che, ad oggi risulta ancora mancante di qualsiasi strumento di controllo delle consistenze e di consultazione. L'obiettivo del Consiglio di Amministrazione della FOX è quello di dotare tutto il patrimonio storico-scientifico di un inventario che consenta di conoscere

quanto posseduto. A tale scopo giova ricordare che due sono le operazioni possibili su una biblioteca: la redazione di un inventario (contenente per ogni opera il nome dell'autore, il titolo, l'editore, il luogo e la data di edizione e, infine, la collocazione dell'opera stessa), con finalità conoscitive del patrimonio; la redazione di un catalogo, contenente informazioni molto più dettagliate e rivolto essenzialmente all'esterno, alla comunità degli studiosi che desiderano conoscere e consultare il patrimonio disponibile in una determinata biblioteca.

La scelta è ricaduta sull'inventario – per le ragioni più volte esposte – e, nel redigerlo, si è tenuto conto di svolgere un'indagine su ogni opera per determinarne la presenza nel Servizio Bibliotecario Nazionale (SBN) e iscrivendo al tempo stesso nell'inventario il numero di BID (Book Identification Device) per una eventuale successiva opera di catalogazione.

Per quanto attiene il Fondo Cartografico, essa verrà inventariato secondo i sopra descritti criteri, ma producendo un lavoro analogo a quanto fatto in precedenza per gli strumenti antichi, ossia redigendo un inventario su Microsoft Excel, seguendo gli elementi comuni indicati al punto 2.3.1. delle sopracitate *Linee guida per la digitalizzazione del materiale cartografico*.

A ogni descrizione verrà associata un'immagine fotografica che potrà essere ingrandita a volontà e secondo le necessità della Fondazione.

Le attività sopra descritte saranno condotte nel corso del 2017.

Museo



Gli strumenti di Philippe Vayringe all'Osservatorio Ximeniano

Emilio Borchì e Lawrence Westinghouse

Fondazione Osservatorio Ximeniano, Firenze

Philippe Vayringe (1684–1746), nato a Nouillonpont nel ducato di Lorena, imparò sin da giovane a forgiare il ferro e si dedicò a piccoli lavori di orologeria. Nel 1720 fu invitato dal duca Leopoldo III di Lorena a presentare una collezione di strumenti scientifici da lui realizzata; la dimostrazione ebbe tanto successo che Philippe divenne l'orologiaio e il macchinista ufficiale del gabinetto di fisica del duca. Nel 1721 Leopoldo III lo inviò in Inghilterra per perfezionarne le conoscenze di algebra e geometria presso John Teophile Desaguliers (1683-1744). Tornato in Francia con numerosi strumenti costruiti nell'atelier di Desaguliers, il duca lo nominò professore di fisica sperimentale presso l'Accademia da lui fondata nel castello di Lunéville.

Fra le varie opere di quegli anni, Vayringe si dedicò alla costruzione di un telescopio di 18 piedi, attrezzò un laboratorio di orologi dalla raffinata manifattura e nel 1731 costruì un meccanismo che permetteva la riproduzione del moto della Terra nel sistema solare. Contemporaneamente svolse con successo l'attività di insegnante presso il castello di Lunéville e nel 1732 dette alla stampa il *Cours de Philosophie, Mécanique Experimentale*. Nel 1735 Voltaire scrisse: *Sono stato alla corte di Lorena... Vi è uno stabilimento*

ammirevole per la Scienza, poco conosciuto... E' una grande sala, tutta provvista delle nuove esperienze di fisica e in particolare di tutto quanto riguarda il sistema newtoniano... Un semplice fabbro, diventato filosofo e mandato in Inghilterra dal fu duca Leopoldo, ha fatto di sua mano la maggior parte di queste macchine e le usa per dimostrazioni con granda precisione. Non vi è in Francia nulla di simile a questo stabilimento.

Il 4 giugno 1737 si svolse a Nancy il matrimonio tra Jean Renard (1698-1783), fabbro ferraio e orologiaio, e Claire (1716-1737), figlia di Philippe Vayringe e della defunta Charlotte Jude, parrocchiana di Lunéville. Dal matrimonio di Jean e Claire nacquero dieci figli, di cui uno, Luigi, si ebbero più tardi notizie nella città di Siena.

Nello stesso anno la corte dei Lorena lasciò Lunéville alla volta di Firenze, trasferendo lì l'intero contenuto del castello, compresa la magnifica raccolta di strumenti che fu sistemata nelle sale di Palazzo Pitti. Anche Vayringe seguì il suo sovrano Francesco Stefano di Lorena a Firenze.

In realtà la popolazione di Firenze non mostrò grande interesse per il gabinetto di fisica e per le lezioni di Vayringe, infatti le sale di palazzo Pitti erano sempre vuote. Nonostante questo egli insegnò per alcuni anni nel collegio dei

Gesuiti ed entrò in contatto con Giovanni Poleni (1683-1761) di Padova, il quale acquistò alcuni suoi strumenti tutt'oggi esposti nel gabinetto di fisica dell'Università. Nel 1746, dopo un soggiorno in Maremma, Vayringe contrasse una grave malattia e nello stesso anno morì.

Si può pensare che Renard, il quale nel 1739 si stabilì definitivamente a Firenze con la moglie Claire, avesse fatto tesoro, nei pochi anni di vicinanza, della grande cultura di Vayringe, perfezionando così le conoscenze relative all'arte dell'orologeria e della fusione dei metalli (più tardi diventerà orologiaio della corte dei Lorena) e aiutandolo durante il periodo delle attività didattiche nel Collegio dei Gesuiti.

Nel 1748, due anni dopo la morte di Vayringe, Leonardo Ximenes giunse al Collegio dei Gesuiti di Firenze come lettore di matematiche. E' probabile che alcuni strumenti di Vayringe fossero già presenti all'epoca nella stanza del lettore del Collegio, abbandonata ormai da molti anni e abitata stabilmente dallo stesso Ximenes. Al gesuita furono affidati tutti questi strumenti, fra cui alcuni ideati a scopo didattico: due apparecchi per esperienze con macchine semplici, due apparecchi per lo studio della pressione di un fluido e un tellurio con movimento a orologeria in un sistema copernicano. Questi sono di un altro genere rispetto agli strumenti matematici utilizzati per misurare angoli, lati e deviazioni ottiche del percorso dei raggi e si differenziano da tutti gli strumenti progettati da Ximenes e in seguito fatti costruire da Giovanni Renard (nome ormai italianizzato). Sono alcuni gli strumenti di Vayringe provenienti dalla collezione del castello di Lunéville che tanto entusiasmarono Voltaire nel 1735. Questi non appartennero al Collegio

e non furono costruiti da Renard.

Infatti Renard si affermò come costruttore di orologi, di strumenti astronomici e topografici e di strumenti matematici necessari al loro utilizzo: compassi a due punte, livelli a perpendicolo ecc.

Egli si dedicò principalmente alla costruzione di orologi e fu capostipite a Firenze di una celebre dinastia di orologiai; all'interno dell'Osservatorio Ximeniano è conservato un orologio di Renard, che viene così descritto da Ximenes: *Oriolo astronomico coll'equazione del tempo e col cerchio dell'anno tropico solare de M. Renard. Il pendolo ha la sua verga composta di ferro e stagno purgato, e ciò per rendere costante il suo centro di oscillazione.*

Renard cominciò a lavorare per Ximenes intorno al 1750: uno dei primi lavori (1754), su progetto del gesuita, riguardò la costruzione di un quadrante d'ottone, graduato e dentato, attraverso il quale Ximenes rilevò le misure astronomiche sulla meridiana di S. Maria del Fiore; nel 1755 realizzò il piombino usato per calcolare il piede della perpendicolare abbassata dal centro del foro dello gnomone sul pavimento della cattedrale fiorentina; negli anni immediatamente successivi si occupò della costruzione del quadrante mobile di ferro e del quadrante murale di ferro; sempre tra il 1755 e il 1760 dovrebbe risalire la costruzione del magnifico livello a cannocchiale, quando Ximenes portò a termine le prime perizie territoriali su incarico del granduca di Toscana; la realizzazione del cerchio azimutale con cannocchiale mobile, donato a Ximenes dal granduca Francesco Stefano di Lorena, risale al 1756 e la bussola con rosa dei venti al 1757; il compasso a due punte da utilizzare per misure di altezza e il

livello a perpendicolo risalgono al periodo compreso tra il 1750 e il 1765.

Ximenes si servì per molti anni della strumentazione realizzata da Renard e, anche se indirettamente, elogiò sempre le abilità del suo costruttore.

Un discorso a parte si deve riservare a Vayringe, che proseguì in Francia l'opera di Jean Antoine Nollet (1700–1770) e di Joseph Aignan Sigaud de la Fond (1730–1810), celebri costruttori di “camere delle meraviglie”. Ben pochi strumenti della collezione del castello di Lunéville confluirono nel fondo Ximenes. Nel museo dell'Osservatorio ne abbiamo individuati solo alcuni di seguito brevemente descritti.

Due apparecchi per lo studio della pressione di un fluido

Si tratta di due strumenti realizzati per lo studio della pressione dei fluidi. Nella forma più recente gli strumenti, insieme alle varie parti che lo compongono, prendono il nome di *apparecchi di Haldat* da Nicolas Alexander de Haldat Du Lys (1770-1852), professore di fisica all'Università di Nancy; in realtà si trovano descritti in forma diversa anche nei trattati di fisica sperimentale più antichi (per esempio di S'Gravesande) ben noti ai fisici del Settecento. Gli apparecchi sono costituiti da due treppiedi uguali di ottone, su ognuno dei quali è possibile avvitare uno o più recipienti di vetro. L'apertura nella base di ottone, sotto i recipienti di vetro, può essere variata spostando una slitta a coda di rondine. Il volume dell'acqua contenuta nel recipiente, che scorre attraverso l'apertura in un intervallo di tempo, dipende dall'altezza del liquido presente e dalla superficie delle aperture, ma è indipendente dalla forma dei recipienti e quindi dalla quantità di liquido in

esso contenuto. Questo risultato è una conseguenza della ben nota legge di Pascal sulla pressione all'interno di una massa liquida.



Fig. 1 Due apparecchi per lo studio della pressione di un fluido di Philippe Vayringe, 1730 ca.

Apparecchio per le esperienze con macchine semplici

Si tratta di un apparecchio didattico di meccanica che probabilmente veniva utilizzato da Vayringe per esperimenti sulla composizione delle forze e sui problemi di attrito. Lo strumento è costituito da una colonna cilindrica leggermente rastremata verso l'alto, che sorregge due braccia, all'estremità inferiore di una delle quali si trovava in origine un sistema con quattro pulegge fisse portanti una serie di carrucole mobili, di taglie e di pesi di varie entità che consentivano di eseguire i diversi esperimenti e per verificare le note leggi dell'equilibrio delle forze nelle macchine semplici. Si tratta di un tipico strumento del Settecento conosciuto in letteratura con il nome di *astuccio di Nairne*, riproposto, in forma più compatta, intorno al 1770 da Edward Nairne (1726-1806), celebre costruttore inglese della seconda metà del Settecento. In questa nuova forma lo strumento ebbe una larga diffusione.



Fig. 2 Altro apparecchio per le esperienze con macchine semplici di Philippe Vayringe, 1730 ca.

Apparecchio per le esperienze con macchine semplici 2

L'apparecchio è tutto in ottone ed è formato da due parti separate. In origine era forse dotato di una base circolare di legno che sosteneva il piatto metallico e la colonna cilindrica leggermente rastremata verso l'alto. La colonna sorregge due braccia, all'estremità di una delle quali è fissato un piccolo piano inclinato a sezione triangolare che reca in alto una puleggia. L'angolo formato tra il piano inclinato e il piano orizzontale è misurabile con un piccolo arco graduato. Una vite di fissaggio serve a bloccare il piano inclinato secondo il grado d'inclinazione voluto. Il secondo braccio sostiene all'estremità un telaio quadrato, girevole a piacere. Il telaio contiene una vite senza fine e un disco verticale e perpendicolare al telaio stesso. Il disco porta una serie di fori lungo un diametro e lungo il perimetro esterno. Una piccola fune, passante per un estremo in uno dei fori, e per l'altro estremo collegata a un peso, esercitava un momento di forza variabile per intensità.



Fig. 3. Altro apparecchio per le esperienze con macchine semplici di Philippe Vayringe, 1730 ca.

Tellurio

Modello per la dimostrazione e la spiegazione dei fenomeni astronomici, terrestri e lunari e dei loro rapporti in riferimento al sole. Dal centro di una larga base circolare di legno si innalza una colonna sagomata di legno tornito. La base e la colonna sono verniciate di nero con decorazioni d'oro tipicamente settecentesche. La colonna sostiene un ampio disco di legno al centro del quale, superiormente, si trova un globo di legno dorato raffigurante il sole. Lungo il bordo perimetrale del disco sono incollate due corone circolari concentriche di carta. In quelle più esterne sono stampati in francese i mesi dell'anno; in quella interna sono riportati i nomi delle costellazioni zodiacali. Sotto il globo solare si trova spostato verso il bordo del disco un meccanismo composto di tre ruote dentate, che pongono in rotazione sia un piccolo globo, che raffigura la terra, sia un indice orizzontale che scorre sui mesi e sulle costellazioni. L'asse di rotazione della terra

è leggermente obliquo rispetto a quello del sole. Un braccio ricurvo è collegato in alto con un perno a un supporto fisso che abbraccia la sfera terrestre. Alla sua estremità inferiore si trova una piccola sfera che rappresenta la luna, verniciata per metà bianca e per metà nera per evidenziarne l'emisfero illuminato e quello buio.



Fig. 4. Tellurio di Philippe Vayringe, 1730 ca.

Il pendolo “Galileo” dell’Osservatorio Ximeniano

Pier Luigi Filetti

Fondazione Osservatorio Ximeniano, Firenze

La misura del tempo ha sempre rappresentato una necessità molto importante per gli osservatori sismologici in quanto di fondamentale importanza per la localizzazione dei terremoti. Padre Alfani, durante la sua lunga e proficua attività presso l’Osservatorio Ximeniano, cercò di dotare l’Istituto di mezzi sempre più precisi e affidabili per poter conoscere l’ora esatta in ogni momento del giorno. Perno di quest’attività è stato, per molti anni, il pendolo “Galileo”.

Introduzione

Fino a non moltissimi decenni fa la misurazione precisa del tempo veniva fatta con l’ausilio di orologi meccanici o elettromeccanici costruiti sul principio del pendolo. Vari sforzi vennero fatti dagli ingegneri del tempo al fine di rendere questi orologi il più precisi ed affidabili possibile. Oggetto della presente ricerca è un pendolo speciale presente nella collezione museale della Fondazione Osservatorio Ximeniano chiamato pendolo “Galileo”. Da notare che questa dizione non era riferita al fatto che il principio del pendolo fosse stato scoperto da Galileo Galilei ma piuttosto dal fatto che questo particolare strumento era stato costruito dalle Officine Galileo di Firenze. L’Osservatorio possedeva diversi pendoli ma solo questo era chiamato, nel gergo dell’istituto, pendolo “Galileo”.

Ora esatta, perché

Uno degli obiettivi più importanti per ogni Osservatorio sismologico è sempre stato quello di riuscire a localizzare nel modo più preciso possibile l’epicentro di un sisma. La localizzazione avviene in modo indiretto considerando le osservazioni fatte da più di un osservatorio e sulla base della conoscenza dei tempi relativi allo stesso sisma misurati nei diversi osservatori. Conoscendo la velocità di propagazione delle onde sismiche e gli istanti di tempo della loro percezione in più di una località è possibile, attraverso ragionamenti di triangolazione, risalire alla posizione geografica e di profondità dell’epicentro. E’ chiaro che, per poter ottenere una sufficiente precisione nella localizzazione, è necessario che ogni osservatorio utilizzi la stessa scala temporale con elevata esattezza e corrispondenza.

Misura del tempo

La misurazione del tempo è sempre stata fatta con l’ausilio di mezzi meccanici che sviluppano dei movimenti di tipo armonico tali da poter riprodurre un intervallo di tempo (periodo) costante che possa essere associato all’unità di misura del tempo. Il pendolo è un esempio ben noto di moto armonico nel quale il periodo è costante e dipende soltanto

dalla sua lunghezza e dall'accelerazione di gravità, (approssimazione valida per oscillazioni sufficientemente piccole).

Da queste considerazioni deriva l'uso da secoli del pendolo come ideale elemento meccanico per riprodurre l'unità di misura del tempo.

Sono quindi stati costruiti orologi a pendolo sempre più precisi e riproducibili cercando di eliminare quanto più possibile tutte le perturbazioni esterne capaci di influenzare le oscillazioni.

Pendolo "Galileo"

Questo pendolo, così chiamato nel gergo dell'Osservatorio a causa della sua provenienza manifatturiera, venne acquistato di seconda mano da Padre Alfani nel 1907 da persona amica. Il pendolo era stato costruito anni prima, forse alla fine dell'ottocento, dalle Officine Galileo di Firenze, probabilmente quando queste si trovavano ancora vicino a Piazza delle Cure, in Via del Pallone. Il pendolo era stato costruito secondo i disegni ed i calcoli dell'allora famoso Ing. Golfarelli. Caratteristiche particolari di questo pendolo erano:

Compensazione a mercurio

Scappamento indipendente

Funzionamento in ambiente pressurizzato

Compensazione a mercurio

La massa oscillante è costituita da un recipiente contenente mercurio. Con l'aumento della temperatura l'asta si dilata allungandosi e questo farebbe aumentare la lunghezza del pendolo e quindi il suo periodo di oscillazione. Il mercurio contenuto nel recipiente oscillante si dilata anch'esso e, grazie alla sua natura liquida, l'aumento di volume si traduce in un innalzamento del suo baricen-

tro che compensa l'abbassamento dovuto all'allungamento dell'asta. E' chiaro che il quantitativo di mercurio deve essere tale da riuscire a compensare precisamente la dilatazione dell'asta. Nel nostro caso la massa oscillante è quasi totalmente fatta di mercurio e questo riesce a compensare nei tempi corretti la dilatazione dell'asta. E' importante che la capacità termica delle due parti sia simile in modo da evitare possibili ritardi di compensazione dovuti a diverse velocità di dilatazione.

Scappamento indipendente

Deve essersi trattato di un sistema elettromeccanico in grado di alimentare le oscillazioni del pendolo senza perturbarne l'ampiezza. Purtroppo il sistema di scappamento è stato smontato e non è stato possibile recuperarlo.

Funzionamento in ambiente pressurizzato

Il pendolo è contenuto in un recipiente cilindrico di rame a chiusura ermetica nel quale, grazie ad una pompa a vuoto, si crea un'atmosfera a pressione costante (inferiore alla pressione atmosferica) evitando così ogni perturbazione dovuta sia alle variazioni di pressione atmosferica che a movimenti d'aria in prossimità del pendolo. Da notare che la variazione di pressione di 1 mm di Hg produrrebbe sul pendolo una variazione di circa 0,2 sec in 24 h.

Il recipiente contenente la massa oscillante di mercurio poteva essere spostato su e giù per l'asta tramite una vite micrometrica di precisione.

Più in alto e in posizione regolabile c'è un piattellino di alluminio che serviva per una ulteriore taratura del pendolo tramite il posizionamento di piccolissime masse. In parti-



Fig. 1. Asta del pendolo (a sinistra), da notare la massa oscillante (vista nel particolare a destra) costituita da un recipiente contenente mercurio e con posizione su asta regolabile tramite vite micrometrica. In posizione intermedia il piattellino per il posizionamento di piccole masse aggiuntive di taratura.

colare la posizione del piattellino era stata calcolata al fine di avere un effetto di correzione di 1 secondo ogni 24 ore per una massa di 1 grammo.

Con tutti questi accorgimenti questo pendolo risultò essere di gran lunga il più preciso fra quelli in possesso dell’istituto. Padre Alfani lo definì essere un ottimo “conservatore dell’ora”.

Padre Alfani volle quindi utilizzare questo strumento per sincronizzare tutti gli altri orologi presenti nell’Istituto. Per far questo era necessario inserire dei contatti elettrici per poter estrarre dei segnali di sincronizzazione da inviare verso gli altri pendoli attraverso un apposito quadro elettrico (figura 3). Aque-



Fig. 2. Pendolo “Galileo” completo. Da notare il grosso contenitore di rame con rubinetto, sulla destra, per l’estrazione dell’aria. La campana di vetro poggia sul contenitore di rame attraverso una guarnizione in gomma per garantire l’ermeticità dell’insieme. I fili elettrici che fuoriescono alla sinistra del contenitore di rame servivano per l’alimentazione del sistema di scappamento elettromeccanico e per la sincronizzazione degli altri orologi dell’Istituto.

sto scopo, Padre Alfani contattò un esperto orologiaio che introdusse dei contatti elettrici nel pendolo in grado di fornire dei segnali ogni secondo, ogni minuto ed ogni ora. Peccato che ad oggi di questi contatti sia rimasto ben poco. Comunque, come si vede dalla figura 2, dal contenitore di rame fuoriescono n. 8 fili che servivano sia per l’alimentazione del sistema di scappamento che per la sincronizzazione degli altri orologi, nonché per una regolazione fine di tipo elettrodinamico (sistema di Borrel) delle oscillazioni del pendolo stesso anche se ad oggi di questo sistema di regolazione non vi è traccia (è

possibile che Padre Alfani avesse predisposto il pendolo anche per questa super-regolazione senza poi implementarla).

Rimessa dell'ora

Lo strumento pendolo era un ottimo “conservatore dell'ora” ma serviva ancora qualcosa per poter impostare periodicamente l'ora esatta (idealmente almeno una volta al giorno).

Il metodo utilizzato nell'ottocento e all'inizio del novecento era costituito dall'osservazione delle stelle, dalla loro osservazione tramite un cannocchiale di precisione venivano presi a riferimento i momenti di collimazione di alcune stelle fisse ed in questo modo si poteva aspirare ad una precisione di circa 0,5 secondi, non male e più che sufficiente per un osservatorio sismologico, il problema era magari dovuto alla complessità dell'osservazione e soprattutto al fatto che il cielo non era sempre sgombro di nuvole e quindi questa operazione di “rimessa dell'ora” poteva non essere effettuata per diversi giorni di fila, inficiando sensibilmente la conoscenza dell'ora esatta.

Un enorme passo avanti venne fatto con l'avvento della radio che spinse alcuni paesi e principalmente la Francia ad istituire un servizio di trasmissione a livello europeo di un segnale di ora esatta. Curioso notare questo primato della Francia probabilmente dovuto al fatto che Parigi è dal tempo dell'illuminismo depositaria dei campioni metrici e di massa. All'inizio del novecento Parigi iniziò queste trasmissioni sulle onde lunghe utilizzando un'antenna molto grande appoggiata alla torre Eiffel.

Interessante una nota di Padre Alfani quando descrive l'emittente di Parigi: [...] *L'importanza di questa stazione è molto grande*

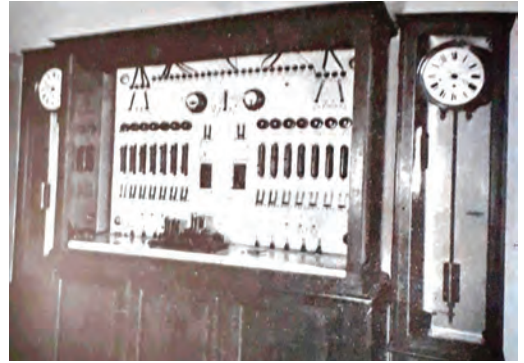


Fig. 3. Quadro elettrico di sincronizzazione di tutti gli orologi dell'Istituto a partire dal pendolo “Galileo”. Il quadro era alimentato da degli accumulatori a 6 e 12 V che venivano ricaricati ogni due giorni al massimo. Curiosità, all'inizio del 900 la corrente di rete era continua e non alternata e poteva essere utilizzata più o meno direttamente per fornire la tensione anodica dei ricevitori a valvole.

anche dal punto di vista tecnico, perché in virtù della altezza del suo radiatore, può raggiungere tali enormi distanze (ndr 6000 Km) coll'energia quasi insignificante di 75 cavalli, mentre tutte le altre stazioni potenti e ultra potenti ma che hanno un radiatore necessariamente più basso, ne abbisognano 500! Il radiatore è formato da soli 6 fili di bronzo tesi dal punto più alto della torre Eiffel fino alla stazione trasmittitrice [...]

A quei tempi evidentemente si usava misurare la potenza dei trasmettitori radio in cavalli vapore piuttosto che in watt; 75 cv corrispondono a circa 55 Kw, in effetti ancora per oggi una potenza non altissima per una stazione radio emittente circolare operante sulle onde lunghe.

Padre Alfani, avendo avuto notizia dell'esistenza di questa opportunità per poter effettuare agevolmente la “rimessa dell'ora” iniziò ad allestire all'interno dell'Osservatorio una stazione radio ricevente. Per antenna utilizzò inizialmente dei fili tesi fra la som-

mità dell’Osservatorio ed un edificio adiacente e come ricevitore usò dei sistemi a rivelazione diretta (tipo “Galena”) con rivelatore elettrochimico Ducretet et Roger. La prima ricezione avvenne il 19 marzo del 1912 e bella è la descrizione che ne fa in una sua pubblicazione: [...] *La notte del 17 ricevei la prima volta i segnali da Parigi con una chiarezza e precisione ammirevoli. So che non hanno nessuna importanza per il lato scientifico, certe ricordanze, ma pure non so trattenermi dal farlo, perché rievoca uno dei momenti di più grande ed intima soddisfazione che io abbia provato. Pioveva: l’impianto era sempre provvisorio, tanto che la macchina ricevitrice l’avevo posta su di un sostegno all’aria aperta! A mezzanotte e 45, ora stabilita per la trasmissione di Parigi, stavo dunque in ascoltazione, quando ad un tratto sento nel telefono che avevo all’orecchio un certo rumore come di un campanello elettrico che suonasse senza timbro. Mi tolgo immediatamente la cuffia telefonica, credendo che fosse il telefono che chiamasse. Ma nulla! Rimetto la cuffia, e sento di nuovo i segnali convenuti, regolamentari! Non vi è più dubbio: sentivo Parigi!*

Dopo questo iniziale successo padre Alfani volle perfezionare il sistema di ricezione e riuscì a procedere in parallelo con lo sviluppo della tecnologia radio dei primi decenni del ‘900. Ebbe l’opportunità di conoscere personalmente Guglielmo Marconi che visitò l’Osservatorio fornendo preziosi consigli.

Dal ricevitore a rivelazione diretta Alfani passò via via a ricevitori sempre più sensibili a valvole. Cosa che gli consentì peraltro di ridurre le dimensioni dell’antenna ricevente che, a causa di problemi di sicurezza dovuti allo scoppio della prima guerra mon-



Fig. 4. Guido Alfani e Guglielmo Marconi in occasione della visita dell’inventore bolognese il 13 settembre 1912, in una fotografia dell’Archivio della Fondazione Osservatorio Ximeniano.

diale, non gli era più consentito di tenere. Alla fine degli anni Trenta Alfani iniziò a utilizzare un rarissimo esemplare di ricevitore americano della National, il modello HRO LA620. Costruì in casa una interfaccia che collegava direttamente il ricevitore a un orologio. Questa interfaccia (unità di colore marrone nella foto di figura 5) aveva un commutatore che permetteva di passare rapidamente dalla funzione di ascolto a quella di transito verso l’orologio. In questo modo l’operatore aspettava l’arrivo del segnale orario sentendo la trasmissione in altoparlante commutando quindi l’uscita verso l’orologio pochi minuti o secondi



Fig. 5. Insieme completo di Ricevitore National HRO con alimentatore e interfaccia verso il pendolo “Galileo”. Da notare sul frontale dell’interfaccia a sinistra il commutatore che permetteva di passare rapidamente dall’ascolto in altoparlante al collegamento con l’orologio. L’operatore aspettava il momento della trasmissione del segnale orario e, pochi istanti prima dell’arrivo del segnale stesso, commutava l’uscita verso l’orologio a pendolo

prima dell’arrivo del segnale stesso facendo rimettere quindi l’orologio automaticamente. Prima di questo automatismo era compito manuale dell’operatore in ascolto del segnale orario di ribattere in rapidamente questo segnale verso l’orologio.

A questo proposito Alfani scrive che il sistema funzionava bene a patto che l’operatore addetto alla ricezione radio non si distogliesse ascoltando il segnale proveniente dall’orologio locale.

Bibliografia

Alfani G. (1912). *La stazione radiotelegrafica, L’Osservatorio Ximeniano e il suo Materiale Scientifico*, Volume V, Stabilimento Tipografico S. Giuseppe, Firenze.

Alfani G. (1928). *Il servizio dell’ora, L’Osservatorio Ximeniano e il suo Materiale Scientifico*, Volume IX, Tipografia Barbera, Firenze.

Il recupero degli apparati radio dell'Osservatorio Ximeniano più che un restauro

Mario Calamia¹ e Giovanni Manneschi²

¹Fondazione Osservatorio Ximeniano, Firenze

²CEIA SpA - Costruzioni elettroniche industriali automatismi, Arezzo

Presentazione

Il recupero e restauro del Laboratorio radiotecnico creato da P. Guido Alfani all'Osservatorio Ximeniano, oggi Fondazione Osservatorio Ximeniano (FOX), hanno richiesto un impegno particolare, per ragioni tecniche ed economiche.

Si tratta di strumentazione elettrotecnica e radiotecnica operativa nella prima metà del millenovecento; la disponibilità di tecnici esperti di tali tecnologie è assolutamente scarsa. Inoltre l'impegno economico poteva essere (e lo è stato) notevole. Giovanni Manneschi, Presidente e fondatore della CEIA SpA di Arezzo, aveva le due caratteristiche citate.

Con la sua disponibilità e quella mia e di altre persone interessate anzitutto a conservare la memoria del lavoro scientifico di chi ci ha preceduto, si è realizzato un recupero e un restauro di fondamentale valore storico e scientifico.

Riportiamo il bell'articolo pubblicato nel numero 83 di luglio – settembre 2011 di “**Kernes: la rivista del restauro**” della Nardini Editori. Altra strumentazione ha successivamente arricchito la collezione, oggi esposta nella ‘Sala Alfani’ della FOX, ma il nucleo principale è costituito da quanto riportato nell'articolo.

Mario Calamia

Presidente della Fondazione Osservatorio Ximeniano (2014-2016), Firenze

Dal 1912 l'Osservatorio Ximeniano fu dotato di una stazione radio ricevente.

Ciò può sorprendere pensando alle attività astronomiche e sismologiche svolte fino ad allora dall'Osservatorio, ma l'impiego della radio per avere l'ora esatta avrebbe consentito di ottenere una maggiore precisione nello studio dei fenomeni sismici, rispetto alla rilevazione astronomica dell'ora.

Sulla base di alcune immagini fotografiche (figura 1) e di molto materiale recuperato nei depositi dello Ximeniano, si è proceduto al restauro di alcuni apparati, che aiutano a riscrivere la storia della Radio nei primi anni



Fig. 1 Stazione radiotelegrafica di Padre Alfani, in una foto d'epoca dell'Archivio Storico dell'Osservatorio Ximeniano.

del secolo scorso.

La prima stazione radio realizzata da Padre Guido Alfani nel 1912, e quella del 1923, evoluzione tecnologica della prima, sono state presentate, dopo il restauro, rispettivamente, il 14 novembre 2009 nella sala Luca Giordano della Provincia di Firenze e il 30 ottobre 2007 nei locali delle Scuole Pie fiorentine.

Il restauro è stato un intervento di particolare complessità, perché è stato necessario risalire ai circuiti originari, nonostante la scarsa documentazione e le difficoltà nel definire le caratteristiche dei componenti elettronici ritrovati.

Ciò ha richiesto un impegno non consueto.

Un esempio servirà a chiarire meglio la situazione: la caratterizzazione dei tubi elettronici è stato un passo fondamentale per la piena comprensione del loro funzionamento nelle particolari condizioni di impiego. La non disponibilità di cataloghi ha richiesto di acquisire sul mercato del “vecchio”, attraverso Internet, un tracciatore di caratteristiche dei triodi elettronici, di ripristinarne il funzionamento e quindi di procedere alla caratterizzazione dei tubi elettronici ritrovati.

Questo lavoro è stato possibile grazie alla disponibilità ed all’impegno di Giovanni Manneschi, Presidente della CEIA di Arezzo. Appassionato radiotecnico, ha impegnato l’azienda in questo lavoro che si è dimostrato, in certi momenti, anche particolarmente emozionante.

L'Osservatorio Ximeniano

A metà del Settecento il gesuita trapanese Leonardo Ximenes arrivò a Firenze, invitato dal Granduca Pietro Leopoldo I per occuparsi dei sismi che nei secoli precedenti avevano colpito la città e che avevano danneggiato

anche la Cupola del Brunelleschi e il Campanile di Giotto.

Matematico, astronomo e idraulico di altissimo livello, Ximenes si stabilì nel convento gesuita di San Giovannino, in piazza San Lorenzo, dove fondò un osservatorio astronomico, nel 1756.

Nel 1773 il convento, l’osservatorio e la relativa biblioteca furono ceduti agli Scolopi, un ordine religioso particolarmente vicino alle arti, alle scienze e alla sperimentazione tecnica.

L'osservatorio pensato e voluto da Ximenes diventò negli anni un luogo di altissima cultura e sperimentazione scientifica. Vi si succedettero grandi direttori come Giovanni Inghirami, che disegnò la prima carta geometrica della Toscana (1830), ancora oggi in uso, o come Filippo Cecchi, sismologo e stretto collaboratore di Padre Eugenio Barsanti, anch'egli Scolopio, inventore del motore a scoppio.

All'inizio del secolo scorso l'osservatorio fu tra i più importanti centri sismologici in Italia. Nel 1900 l'allora direttore Padre Giovannozzi vide in Padre Guido Alfani, un giovane docente fiorentino di matematica e fisica, una promessa della sismologia e lo volle con sé allo Ximeniano.

Alfani non era digiuno di sismologia; ancora studente presso il Collegio Gavi a Livorno, aveva lì impiantato, a proprie spese, una stazione di sismografi.

Alfani trova all'Osservatorio Ximeniano un humus ideale per i suoi esperimenti e per le sue intuizioni. Nell'osservatorio ha modo di progettare nuovi strumenti sismografici, oltre che entrare nel merito degli equipaggiamenti elettrodinamici.

Nel 1905 diviene direttore dell'osservatorio. È un fisico e un matematico, quindi non è un

P. GUIDO ALFANI E IL PERIODO IN CUI OPERÒ

Ci sono momenti nella storia dell'uomo in cui si accumulano eventi che caratterizzano un'epoca. Senza indulgere in valutazioni storiche generali, certamente la seconda metà del XIX e gli inizi del XX secolo sono stati un periodo di studi, di sperimentazioni e di sviluppo dei fenomeni elettrici ed elettromagnetici che hanno reso possibile, nel secolo scorso, quella rivoluzione tecnologica che non cessa di stupirci.

Anche se la scoperta dei fenomeni elettrici si fa risalire a Talete di Mileto (inizio del VI secolo a.C.), con ulteriori osservazioni sperimentali nel secolo VIII, è nel Seicento che iniziano studi sistematici sui fenomeni elettrostatici.

Tuttavia, è solo con Alessandro Volta che si entra nell'epoca della possibilità di generare energia elettrica. Nel 1799, infatti, egli realizzò un dispositivo, da lui chiamato "apparato elettromotore", poi diventato famoso come "pila di Volta" (costituito da una colonna di dischi di rame e di zinco alternati e separati da dischi di feltro imbevuti di una soluzione acida), che produceva elettricità, dando vita così al primo generatore elettrico statico.

Volta ha messo a disposizione dei ricercatori uno strumento, la sua "pila" per poter avviare studi, con sperimentazione associata, dei fenomeni elettrici.

L'Ottocento è stato il secolo in cui grandi sperimentatori (Faraday, Oersted, Ampère e tanti altri) si sono cimentati nello studio sistematico e anche puntiglioso dei fenomeni elettrici per risalire dalla sperimentazione alla legge, secondo la classica impostazione galileiana.

Ma è Maxwell nel 1871, con le sue equazioni, che dà una sistemazione matematica ai complessi fenomeni elettromagnetici, consentendo la interpretazione delle leggi messe a punto, correggendone alcune e impostando lo sviluppo di tante attività derivate.

Tanto è stato scritto e detto sul lavoro di Marconi, ma quello che si vorrebbe fare è cercare di presentare il "fervore" di quegli anni, riprendendo quanto si scriveva allora. Il modo più autentico ci sembra quello di riportare le parole del Presidente della Reale Accademia delle Scienze di Svezia, H. Hildebrand, nel suo discorso di presentazione del lavoro di Marconi per il conferimento del Premio Nobel, il 10 dicembre 1909.

Dopo aver illustrato ed esaltato il lavoro di Faraday, Maxwell ed Hertz, egli così si esprime: *Era necessario un uomo capace di afferrare le potenzialità del lavoro impostato e capace di superare tutte le varie difficoltà che si erano poste sulla strada della realizzazione pratica dell'idea. Questo grande compito è stato svolto da Guglielmo Marconi [...] Il primo esperimento di Marconi di trasmettere un segnale mediante onde Hertziane è stato realizzato nel 1895. Durante i quattordici anni trascorsi, la telegrafia senza fili ha progredito senza soste fino a raggiungere la grande importanza di oggi. Nel 1897 è stato possibile coprire una distanza di 14-20 km. Oggi, le onde elettriche viaggiano tra il vecchio e il nuovo mondo, tutte le più grandi navi hanno il proprio apparato di telegrafo senza fili a bordo, e ogni nave importante usa un sistema di telegrafia senza fili.*

Questo è quanto veniva osservato dagli altri, ma il primo a intuire le implicazioni pratiche della "telegrafia senza fili" fu lo stesso Marconi, allorché evidenziava la possibilità di poter individuare, coi nuovi apparati, la presenza di una nave nelle nebbie del Mare del Nord.

Si moltiplicano gli sforzi e tutto il mondo è pervaso dalla febbre di utilizzare le potenzialità offerte dalle nuove tecnologie.

E qui si colloca Guido Alfani, eminente figura di scienziato e di ricercatore impegnato in diversi campi delle scienze della Terra.

radiotecnico nel senso stretto del termine, ma intuisce che qualcosa sta avvenendo. E questo qualcosa è dato dall'inizio, nel 1910, di regolari trasmissioni di meteorologia e dell'ora esatta del meridiano di Parigi, dalla stazione radiotelegrafica di Parigi, situata presso la Tour Eiffel. Alfani intuisce l'importanza di poter disporre dell'ora esatta e si pone il problema di ricevere quei segnali. La localizzazione degli epicentri dei terremoti si faceva, allora come oggi, con i tempi di arrivo delle varie onde sismiche e l'ora esatta era quindi estremamente importante.

Ecco qui di seguito che cosa scrive nel 1928, in una pubblicazione dell'Osservatorio Ximeniano, dedicata al "Servizio dell'Ora".

In un primo punto: *Nelle stazioni sismologiche moderne la precisione dell'ora costituisce uno degli elementi più importanti, se non addirittura il più importante fra tutti, e non saranno perciò mai troppe le precauzioni per ottenerla e conservarla inalterata ed esatta. [...] Poiché questo Osservatorio come è noto, da molti anni si occupa in prevalenza di sismologia, ho avuto somma cura affinché la precisione dell'ora fosse inappuntabile ed ho per questo scopo disposto un impianto specialissimo che ne garantisce i risultati*".

E più avanti: *"Fino al 1912 (anno nel quale feci il primissimo impianto di una Stazione R.T. ricevente oraria) la determinazione dell'ora venne sempre e regolarmente eseguita quasi ogni sera, ma almeno ogni due giorni mediante le culminazioni di stelle al cannocchiale meridiano"*.

L'impianto "specialissimo" di cui parla Padre Alfani è un impianto estremamente complesso che incorpora la stazione radio, pendoli astronomici, cronometri, etc.

Mentre per quanto riguarda pendoli e cronometri la sua competenza di sismologo è garantita, quando si tratta della stazione radio, anche per la novità assoluta delle questioni, i problemi non mancano.

E qui emerge la figura dello scienziato: scrive, stabilisce contatti e riesce a realizzare la prima stazione radio italiana per utilizzo in una stazione meteo. Ha bisogno di consigli e pareri e chi può darglieli meglio di Guglielmo Marconi? Gli scrive, c'è una corrispondenza tra i due, e nel settembre 1912 Marconi, che gli fa visita all'Osservatorio, trova parole di grande apprezzamento e di incoraggiamento per il lavoro svolto dello studioso scoliopio.

Alfani riesce così a mettere un riferimento temporale certo: la sua stazione radio è certamente la prima applicata in sismologia e una della prime realizzate in Italia. È un'applicazione estremamente importante, che dimostra come la nuova tecnica può dare soluzioni nelle situazioni più diverse.

Il futuro è già segnato e non c'è più tempo per stupirsi.

Il restauro

Con questo intervento l'Osservatorio Ximeniano recupera un pezzo importante della sua gloriosa storia, tanto più importante perché questa strumentazione non rientra nelle discipline dell'Osservatorio e nelle sue

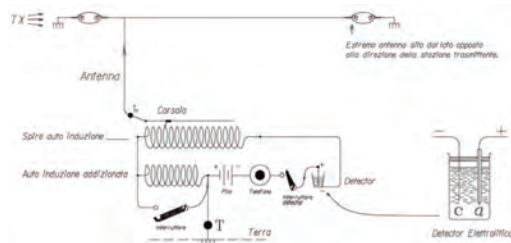


Fig. 2. Schema elettrico del primo ricevitore per l'ascolto dell'ora esatta da Parigi (prima ricezione 17/03/1912).

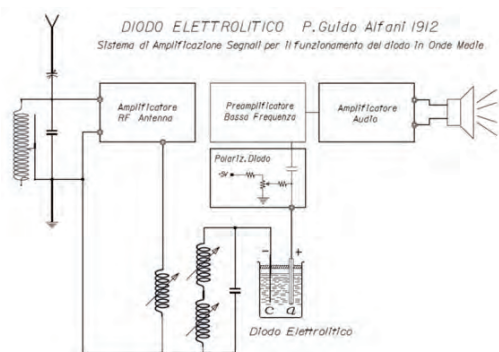


Fig. 3. Schema del ricevitore a diodo elettrolitico realizzato.

attività istituzionali.

Ma il recupero di questi strumenti dimostra che anche apparati realizzati per coprire esigenze particolari (direi quasi ausiliarie) possono rivelarsi estremamente importanti per contribuire alla ricostruzione dell'evoluzione scientifica e tecnologica di settori molto più vasti, specie se questo recupero è fatto con una valutazione critica molto accurata.

RADIORICEVITORE 1912

Lo schema di tale apparato è ripreso dal libretto che Alfani volle dedicare a Marconi in occasione della sua visita nel 1912, con il titolo "La Stazione Radiotelegrafica nell'Osservatorio Ximeniano". Nucleo centrale di questo apparato è il Detector Elettrolitico, usato da Alfani, riportato nel suo schema, ma di cui ormai ben poco si sapeva (figura 2).

Ma... in un astuccio di legno, mescolato a una serie di tubi elettronici della Marconi-Wireless di Genova, che ad uno ad uno venivano estratti da un involucro di cotone idrofilo, è apparso un tubetto di vetro molto simile ad un contagocce medicale, munito di un cilindretto metallico di colore bronzeo connesso all'anodo in platino.

Osservandolo più attentamente è apparsa su di esso la scritta "Ducretet & Rogers". E ricercando ancora nello stesso contenitore, si



Fig. 4. Ricevitore a diodo elettrolitico Alfani ricostruito.

è ritrovata anche la provetta per il contenimento della soluzione elettrolitica completa del catodo in platino.

A nostra conoscenza si tratta di un pezzo assolutamente originale, forse unico nello specifico impiego in Italia.

Tale diodo è stato accuratamente restaurato e, utilizzando il materiale ritrovato, si è ricostruito l'intero ricevitore secondo lo schema di Padre Alfani.

Tale ricevitore era fatto per ricevere in cuffia l'ora esatta trasmessa da Parigi. In tale schema sono visibili l'antenna, l'induttanza variabile, ottimizzata per ricevere la trasmissione sulla

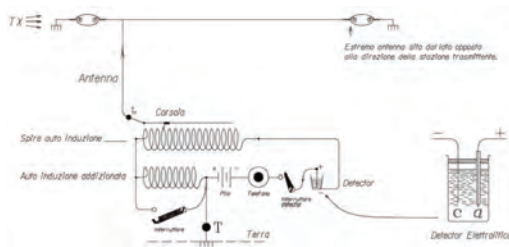


Fig. 5. Schema elettrico del ricevitore di Marconi del 1895.

lunghezza d'onda di 2600 metri pari alla frequenza di 115 KHz, il ricevitore telefonico ed il detector elettrolitico opportunamente

polarizzato dalla pila che è inserita tra il telefono ed il polo di terra.

Per provare il funzionamento di questo detector sono state apportate delle varianti che ora consentono di ricevere la stazione italiana in onde medie sulla frequenza di 657 KHz, grazie all'aggiunta di uno stadio amplificatore a RF e uno stadio di BF per potere ricevere il suono in altoparlante (figura 3).

Per recuperare i dati operativi di questo strumento, si sono effettuate una serie di misure, allo scopo di ottenere la migliore risposta acustica, esente da crepitii e rumori.

A titolo indicativo si è potuto stabilire che la percentuale dell'acido solforico in acqua distillata deve essere pari al 5% e l'anodo deve trovarsi immerso nella soluzione per soli 10 mm. Tale livello deve essere controllato frequentemente a causa della scissione elettrolitica e della evaporazione.

Il ricevitore restaurato nella forma attuale è di seguito riportato (figura 4).

RADIORICEVITORE 1923

In un primo momento lo schema del ricevitore (figura 5) realizzato da Padre Alfani segue quello di Marconi, basato sull'uso del



Fig. 6. Ricevitore di Marconi del 1895 restaurato.

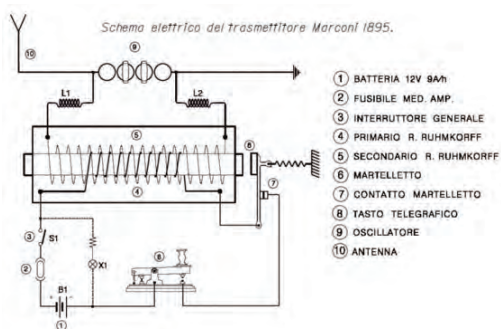


Fig. 7. Schema elettrico del ricevitore di Marconi del 1895.

coherer; comprende l'antenna, la terra, il *coherer*, il relè R1 di soccorso, il relè sounder R2, il martelletto, il telegrafo e le due batterie di alimentazione B1 e B2.

Se un campo elettromagnetico di adeguata intensità investe l'antenna, il *coherer* entra in conduzione, la corrente da B1 circola nel relè di soccorso R1 e questo, a sua volta, per mezzo della batteria B2 richiama il relè CA che con il proprio martelletto percuote lo stesso *coherer* ripristinandone l'isolamento.

Effettuando chiusure brevi o lunghe del tasto telegrafico del trasmettitore, si hanno corrispondenti treni di impulsi in trasmissione. Analogamente nel ricevitore una serie corrispondente di chiusure del *coherer*, sempre ripristinato dopo la chiusura dal martelletto di CA, ricostruiscono, attraverso una sequenza di impulsi, il punto e la linea del telegrafo.

Il *coherer* ha avuto un ruolo fondamentale nelle prime esperienze radio. È poco noto anche a molti addetti ai lavori, per il fatto che venne parzialmente abbandonato con l'invenzione del detector magnetico, dovuta allo stesso Marconi e quindi definitivamente dopo il perfezionamento del diodo, inventato da Fleming nel 1906.

Comunque molti scienziati, dopo i primi risultati ottenuti nelle radiocomunicazioni, ne rivendicarono l'invenzione, anche se ormai risulta ben documentato che l'invenzione del *coherer* è dovuta, nel 1884, a Temistocle Calzecchi Onesti per effettuare degli studi



Fig. 8. Trasmettitore di Marconi del 1895 con rochetto di Ruhmkorff ricostruito.

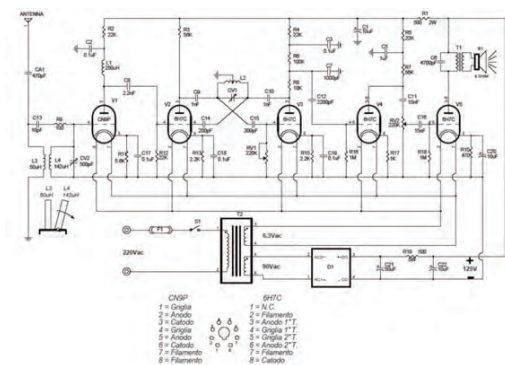


Fig. 9. Schema elettrico del ricevitore omodina a cinque triodi.

associati ai terremoti. Il ricevitore restaurato nella forma attuale è riportato nella figura 6.

ALTRI APPARATI

Abbiamo descritto gli apparati che oggi meglio caratterizzano l'opera di Padre Alfani, frutto di un grande lavoro preparatorio.

Per provare gli apparati descritti, Alfani aveva bisogno di tutta una strumentazione complementare, che in gran parte ha realizzato integralmente o ha modificato per l'uso specifico a cui era destinato.

1) *Trasmittitore con Rocchetto di Ruhmkorff*
 Tale trasmettitore seguiva l'esempio classico di quello di Marconi. Si riporta lo schema elettrico (figura 7) e lo strumento ricostruito (figura 8).

2) *Radio sperimentale con circuito omodina a cinque triodi*

Dalla letteratura di Padre Alfani sappiamo che il Ricevitore SITI R4, che segue lo schema a cinque triodi con circuito "omodina", funziona benissimo. Così recuperando del materiale ritrovato e sostituendo le valvole originali introvabili, si è ricostruito il ricevitore radio impiegando triodi octal ad accensione indiretta.

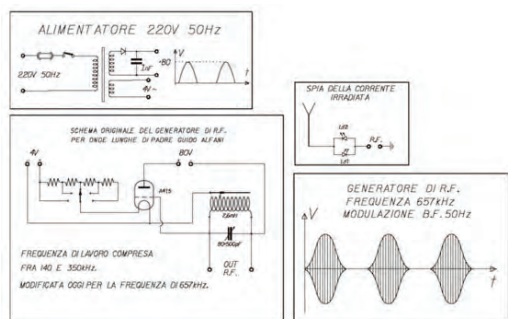
Si riporta il circuito elettrico (fig. 9) e lo strumento ricostruito (fig. 10).

3) *Generatore di radio frequenza a onda lunga*

Questo strumento fu costruito da Padre Alfani negli anni venti del secolo scorso e veniva utilizzato per allineare i circuiti sintonici degli apparati di radio ricezione da



Fig. 10. Ricevitore omodina a cinque triodi restaurato.



lui progettati e costruiti. Il generatore è costituito da un oscillatore comprendente un circuito sintonico “LC” attivato da un triodo ad accensione diretta (figura 11). Nello schema è visibile un reostato con un commutatore a cinque posizioni per regolare il riscaldamento del catodo (!).

L'alimentazione anodica, come quella

Fig. 11. A sinistra, schema elettrico del generatore di radio frequenza a onda lunga di padre Guido Alfani.

Fig. 12. Sotto, l'esemplare ricostruito.



Fig. 13. Il ricevitore a cristalli Wireless Marconi, mod. P16 N° 5248, restaurato.



Fig. 14. Il radio ricevitore SITI mod. R3, restaurato.

catodica, anziché da pile, soggette ad esaurimento, è stata ricavata dalla rete a 220 V, 50 Hz. In figura 12 lo strumento ricostruito.

4) Ricevitore a cristalli wireless Marconi Mod. P16 N 5248

Questo ricevitore, destinato alla ricezione

radio della telegrafia senza fili, fu costruito presso le “Officine Marconi di Genova” all’inizio degli anni venti del secolo scorso. Lo strumento (figura 13) è contenuto in una scatola di legno con il piano superiore in ebanite, che sostiene i morsetti di Antenna e di Terra. Tale strumento è stato reso



Fig. 15. Il radio ricevitore tipo SITI di Alfani, restaurato.

perfettamente funzionante e, con un opportuno posizionamento dell'antenna, è possibile ricevere di giorno alcune stazioni radio europee e, di notte, anche trasmissioni da altri continenti.

5) *Radio ricevitore SITI Mod. R3*

È un apparato facente parte di una famiglia di apparati detti “quei meravigliosi apparecchi che rappresentavano la radio italiana dei primi anni venti”.

La radio SITI recuperata (figura 14) ha subito alcune varianti circuitali rispetto allo schema originale; in particolare è stato rimosso il circuito di reazione. Osservando il mobile, si nota la chiusura di alcuni fori disposti sulla parte superiore con un tassello di ebanite, il che fa pensare ad una modifica strutturale del mobile e quindi la eliminazione del circuito di reazione, perché forse procurava interferenze di varia natura nel ricevitore.

6) *Radio ricevitore SITI di Alfani*

Questo apparato (figura 15) fu costruito da Padre Guido Alfani con componenti chiesti alla Società SITI. Il contenitore, in noce naturale, è certamente opera di falegnameria fiorentina.

Lo scopo di tale realizzazione è da collegarsi certamente alla necessità di sperimentare differenti circuiti elettronici, più adatti alle sue particolari esigenze.

7) *Antenne a telaio e a cilindro.*

Per ragioni di sicurezza militare, alla vigilia della Prima Guerra Mondiale, ad Alfani fu ordinato l'abbattimento dell'antenna esterna.

Egli allora progettò e costruì alcune antenne da utilizzare all'interno, che sono state perfettamente riprodotte e che sono perfettamente funzionanti (figura 16).

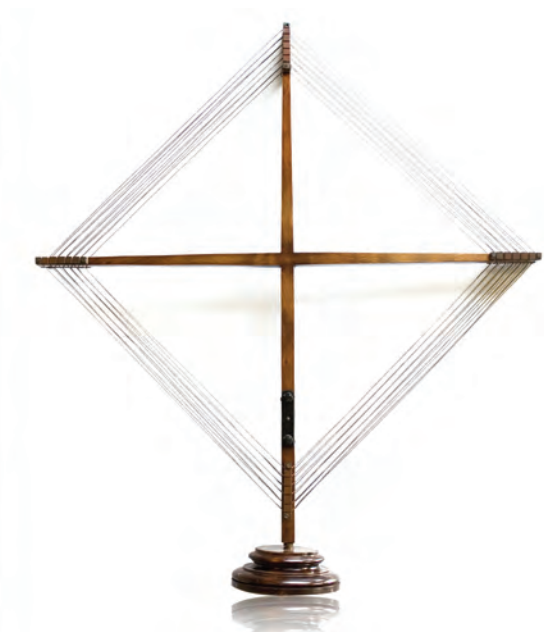


Fig. 16. Antenna a cilindro ($L=140$ micro Henry), ricostruita, e antenna a telaio ($L=135,5$ micro Henry) restaurata.

Conclusioni

Abbiamo qui presentato un importante lavoro di recupero di apparecchiature elettroniche, risalenti agli albori della radio, cioè all'inizio del secolo XX.

Per restauro, secondo una concezione comune, s'intende operare per garantire nel modo migliore possibile la leggibilità attuale e la trasmissione al futuro dell'opera e dei suoi valori. Ma il caso delle apparecchiature scientifiche, riteniamo sia un caso singolare, in quanto i loro valori risiedono in parte anche nel loro funzionamento. Infatti, è certamente possibile aggiustare le parti guaste o rifarne le parti mancanti, superando tutte le difficoltà connesse, come si è cercato di evidenziare, almeno in parte, nelle pagine precedenti.

Ma queste apparecchiature devono anche poter funzionare, in alcuni casi con supporti esterni (nel caso, trasmissioni di un certo tipo ecc.), talvolta non più disponibili.

Diventano allora apparati da esibire su uno scaffale, dei quali si possono raccontare mirabilia, senza un riscontro reale che dimostri al visitatore, specie se inesperto, quali sono stati gli inizi di quell'avventura che ha portato ai risultati attuali.

Per passare dalla condizione di apparato da museo, del quale raccontare solo la storia, a quello di struttura ancora operativa, e pertanto viva, si può procedere in due modi:

a) se sono ancora disponibili trasmissioni utilizzabili (ancorché su frequenze diverse), modificare gli stadi di ingresso dell'apparato in modo da poter ricevere le nuove trasmissioni, validandone comunque il funzionamento. In alcuni casi si sono modificati anche lo stadio di uscita per poter alimentare moderni altoparlanti;

b) se, invece, tali trasmissioni non sono più disponibili, procedere alla ricostruzione dei

relativi trasmettitori, in modo da chiudere il circuito trasmettitore-ricevitore ed evidenziare comunque il funzionamento degli apparati.

Vediamo un caso emblematico già illustrato e cioè quello del ricevitore 1912.

Si è già detto come è stato ritrovato il detector elettrolitico, che era il nucleo del ricevitore assemblato ed utilizzato da Padre Alfani per poter ricevere l'ora esatta da Parigi. Si poteva esporre tale detector in uno scaffale, come oggetto da ammirare; si poteva ricostruire il ricevitore di Alfani, fatto per ricevere alla frequenza di 115 KHz, ma senza la possibilità di vederlo funzionare, perché non ci sono trasmissioni sistematiche a tale frequenza.

Si è scelto di ricostruire il ricevitore, secondo lo schema proposto da Alfani, dotandolo di uno stadio a RF per poter ricevere la frequenza di 657 KHz, tuttora trasmessa con regolarità, ed aggiungendo uno stadio a BF necessario per passare dalla ricezione in cuffia (che in ogni caso è rimasta) alla ricezione con altoparlante. Ma il nucleo del ricevitore è rimasto lo stesso a testimoniare il gran lavoro svolto dal grande scienziato per fare compiere un notevole passo avanti alla sismologia.

Nelle pagine precedenti si dà notizia anche del caso della ricostruzione di idonei trasmettitori per rendere operativi altri apparati recuperati.

Il restauro di apparecchiature scientifiche è un capitolo particolarmente interessante nella storia del restauro. Preliminare a qualunque intervento è la definizione dell'obiettivo che si vuole raggiungere, scegliendo fra un restauro solo conservativo per farne un semplice pezzo da museo da ammirare, ma non funzionante oppure un apparato funzionante, a fini dimostrativi, utile a evidenziare come tutto ciò che oggi sembra banale è gloriosa storia passata e tappa importante dello sviluppo tecnologico.

Altre attività



Convenzione

Alternanza scuola-lavoro con l'Educandato della SS. Annunziata

Aubrey Westinghouse¹ e Graziano Ferrari^{1,2}

¹Fondazione Osservatorio Ximeniano, ²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Nel quadro del programma di alternanza scuola-lavoro, la Fondazione Osservatorio Ximeniano ha stipulato un accordo con l'Educandato della SS. Annunziata al Poggio Imperiale di Firenze.

L'accordo ha avuto per oggetto lezioni teoriche di Meteorologia, di Sismologia, di Cartografia e di Archivistica tenute dai Responsabili delle Sezioni scientifiche e dall'archivista.

Hanno partecipato al corso tre ragazzi della terza classe liceale, i quali si sono molto appassionati alle diverse materie, le cui lezioni sono state tenute negli affascinanti locali dell'Osservatorio. Le lezioni sono state esaurienti – a detta dei ragazzi stessi, i quali hanno partecipato a trenta ore complessive – sia per la competenza degli oratori che per l'intrinseco valore delle materie trattate.

Alle ore di lezioni teoriche ha fatto seguito un corso pratico di altre trenta ore avente per oggetto il riordinamento di alcuni sismogrammi della Fondazione. Questa parte del lavoro ha entusiasmato i giovani, i quali si sono trovati di fronte alla sperimentazione di nozioni apprese nel corso teorico. Il loro lavoro si è oltretutto rivelato di grande beneficio per l'Osservatorio stesso.

La Fondazione ha inviato all'Educandato una lettera di plauso per la fattiva partecipazio-

zione dei giovani ed è stato deciso di ripetere l'esperienza anche per l'anno 2017 (cosa già avvenuta nel momento in cui l'Annuario viene pubblicato).

Cartografia

Per quanto attiene agli aspetti relativi alla Cartografia, il Prof. Andrea Cantile ha tenuto un breve corso teorico della durata complessiva di sei ore, incentrato sull'illustrazione degli aspetti teorici e sui metodi operativi, applicati in Europa nella modellizzazione dello spazio geografico, dal XVIII secolo, con particolare riguardo per la Toscana.

L'illustrazione del paradigma scientifico di riferimento e dei principali elementi teorici della cartografia geometrica è stata effettuata ricorrendo unicamente alle nozioni di matematica e di geometria note agli allievi frequentatori.

Particolare attenzione è stata poi rivolta al contributo offerto alla cartografia toscana, grazie all'opera dell'Osservatorio Ximeniano e, più in particolare, all'illustrazione del processo di costruzione della *Carta Geometrica della Toscana rilevata dal vero nella proporzione di 1:200000*, ideata e diretta dal Padre Giovanni Inghirami, nel 1830 (figura 1).

Il corso è poi terminato proponendo in aula



Fig. 1. *Carta Geometrica della Toscana rilevata dal vero nella proporzione di 1:200000*, ideata e diretta dal Padre Giovanni Inghirami, nel 1830.

alcuni significativi confronti e valutazioni di carattere geometrico e semantico, tra la citata carta della Toscana e altre carte coeve, con la partecipazione diretta e interessata degli stessi allievi.

Meteorologia

Lo scopo del corso di meteorologia è stato quello di presentare questa materia sia dal punto di vista teorico che da quello pratico, seguendo il più possibile il processo logico delle scienze.

In una fase preliminare il Dott. Renzo Macii ha presentato i principali parametri meteorologici (temperatura, pressione, umidità ecc...) dal punto di vista fisico. Successivamente un cenno alla storia della meteorologia che è nata proprio nella nostra città; nell'Osservatorio Ximeniano è conservata una delle serie di dati meteorologici più lunghe e più omogenee di Italia se non del mondo.

Successivamente è stato illustrato il funzionamento degli strumenti per la misura dei principali parametri meteorologici, anche dal punto di vista storico attraverso quelli presenti nel museo della FOX (figure 2 e 3).

Quindi è stata presentata la natura dell'atmosfera e i fenomeni che in essa si possono produrre (formazione nuvole, precipitazioni, venti ecc...). Successivamente sono state affrontate le condizioni di equilibrio e di moto della stessa atmosfera, spiegandone i movimenti generali, le variazioni periodiche della temperatura, il clima e le sue variazioni.

Largo spazio è stato dato infine al ruolo dell'attività del Sole (macchie solari, emissione di plasma ecc.) sul clima del nostro pianeta e sulle sue variazioni anche nel passato.

Grande rilievo è stato dato alla raccolta dei dati meteorologici nonché alla loro elaborazione numerica (medie giornaliere, valori

Giorno	Temperatura	Pressione	Umidità	Vento	Stato del Cielo
1	18.0	5.7	24	17.0	C.C.
2	18.5	4.3	26	17.4	C.C.
3	18.5	6.6	26.2	17.4	C
4	17.9	2.1	29.5	17.3	C
5	18.0	6.7	60.0	17.0	C
6	17.1	10.1	59.7	17.3	vari
7	17.0	4.8	57.6	17.0	A.C.
8	17.0	4.8	56.1	17.3	C.C.
9	17.0	2.0	51.8	17.4	C.C.
10	17.0	5.5	51.6	17.3	C.C.
11	17.0	5.4	49.8	17.0	C.C.
12	17.0	5.7	50.2	17.0	C.C.
13	17.0	5.5	50.1	17.0	C.C.
14	17.0	6.1	50	17.0	C.C.
15	17.0	5.0	50.4	17.0	C.C.
16	17.0	6.7	57	17.4	C.C.
17	17.0	3.8	58.4	17.6	C
18	17.0	6.1	60.1	17.9	C
19	17.0	4.8	59.0	17.3	C
20	17.0	5.5	55.5	17.9	C.C.
21	17.0	6.0	56.5	17.8	A.C.
22	17.0	6.1	55.4	17.9	C
23	17.0	5.5	58	17.9	vari
24	17.0	5.8	56.5	17.9	C
25	17.0	5.1	54.5	17.7	C.C.
26	17.0	3.0	58	17.8	C.C.
27	17.0	4.9	58.9	17.8	C.C.
28	17.0	5.7	57.0	17.8	C.C.
29	17.0	5.4	53.3	17.8	C.C.

Fig. 2. Prima pagina del Registro delle Osservazioni meteorologiche dell'Osservatorio (1813).

massimi e minimi giornalieri, umidità, pioggia cumulata, vento medio, raffiche ecc.) per mezzo di fogli elettronici. Gli studenti hanno elaborato individualmente questi dati con successo; hanno dimostrato un notevole interesse per la materia soprattutto perché veniva adoperato il computer sia per la raccolta dei dati che per la loro elaborazione.

Il corso è stato ripetuto con altre finalità anche per il 2017 e, al momento della pubblicazione di questo annuario si è già concluso. Questo corso è stato rivolto principalmente al monitoraggio dei parametri meteorologici nell'agricoltura e si è concluso con la messa in opera dagli stessi studenti di una stazione meteorologica presso la coltivazione a ulivi dell'Educando; gli studenti hanno illustrato ai loro colleghi il lavoro da loro svolto.



Fig. 3. sinistra: barometro di A. Pasquetti, la prima stazione meteorologica dell'Osservatorio (primi dell'800). Lo strumento comprende un barometro, un termometro e un igrometro.

destra: barometro di Duroni, strumento campione della "Rete Meteorica" del p. Cecchi.

Archivistica e biblioteconomia

In tema di archivistica e di biblioteconomia, sono state tenute complessivamente quattro ore di lezioni teoriche.

Il Dott. Aubrey Westinghouse ha spiegato i fondamenti comuni delle due materie sottolineando le differenze di base tra un archivio (collazione spontanea di documenti indissolubilmente legati dal cosiddetto *vinculum*) e le biblioteche (collazione volontaria di libri, i quali sono entità fini a se stesse e raccolte per volontà del proprietario).

I ragazzi sono stati istruiti in modo più approfondito in materia archivistica, spiegando loro come tale materia si sia evoluta nei secoli, quali sono i principali lineamenti di pensiero sulla conservazione e, soprattutto, sul riordino degli archivi. Essi hanno così potuto imparare che vi sono scuole di pensiero (come la tedesca) che suggeriscono di riordinare un archivio *come esso sarebbe dovuto essere fin dall'origine* e altre (come quella italiana) che ritengono che un archivio debba essere ordinato *seguendo esattamente le linee delineate nel corso del tempo dai precedenti archivisti*. Tali spiegazioni, oltre a colmare delle ovvie lacune di conoscenza dei ragazzi, erano propedeutiche alla successiva fase di lavoro pratico che consisteva, giustappunto, nel rimettere ordine in una importante parte dell'archivio composta dai sismogrammi.

Tale parte pratica si è rivelata molto gradita ai ragazzi, i quali hanno così potuto mettere fisicamente le mani sui documenti (figura 4) e comprendere come avviene il riordinamento di un archivio nella sua esecuzione quotidiana.

Sono stati creati due gruppi, entrambi guidati e controllati dall'archivista: uno, composto da due ragazzi, toglieva il pacco di

sismogrammi dal palchetto di residenza, lo apriva, sfogliava e contava le singole carte, annotando il tipo di strumento, il genere di registrazione (componente est-west, nord-sud oppure zeta), gli estremi cronologici e le eventuali segnalazioni di grandi scosse presenti sui singoli sismogrammi. Il terzo cooperava con l'archivista nell'inserimento dei dati nel software, facendo attenzione al singolo numero delle carte da inserire e a tutte le rilevazioni viste dal primo gruppo e confermate dall'archivista. Interessante notare come, già dopo le prime sessioni di lavoro, questo si sia reso molto fluido per l'intelligenza e l'applicazione dei ragazzi, i quali si sono molto appassionati a questa materia, così nuova e particolare per loro. I sismogrammi, dopo la fase operativa di con-

trollo, venivano riposti con la fustella segnalante la loro nuova posizione archivistica nello stesso palchetto dal quale erano stati prelevati. Il metodo di lavoro scelto è infatti quello del riordinamento *sulla carta* che presuppone il riposizionamento delle unità dove stavano in precedenza, senza nulla cambiare alla disposizione fisica; tale metodo si contrappone al riordinamento *sulle carte* il quale avviene con una contestuale operazione di rimessa in ordine secondo il nuovo schema. Il primo sistema è molto più semplice ed economico: sarà l'etichetta e la guida presente nell'inventario a condurre lo studioso là dove necessita.

Il risultato finale è stato molto soddisfacente nel senso che, oltre ad avere impegnato i ragazzi in un'attività per loro nuova, si è por-

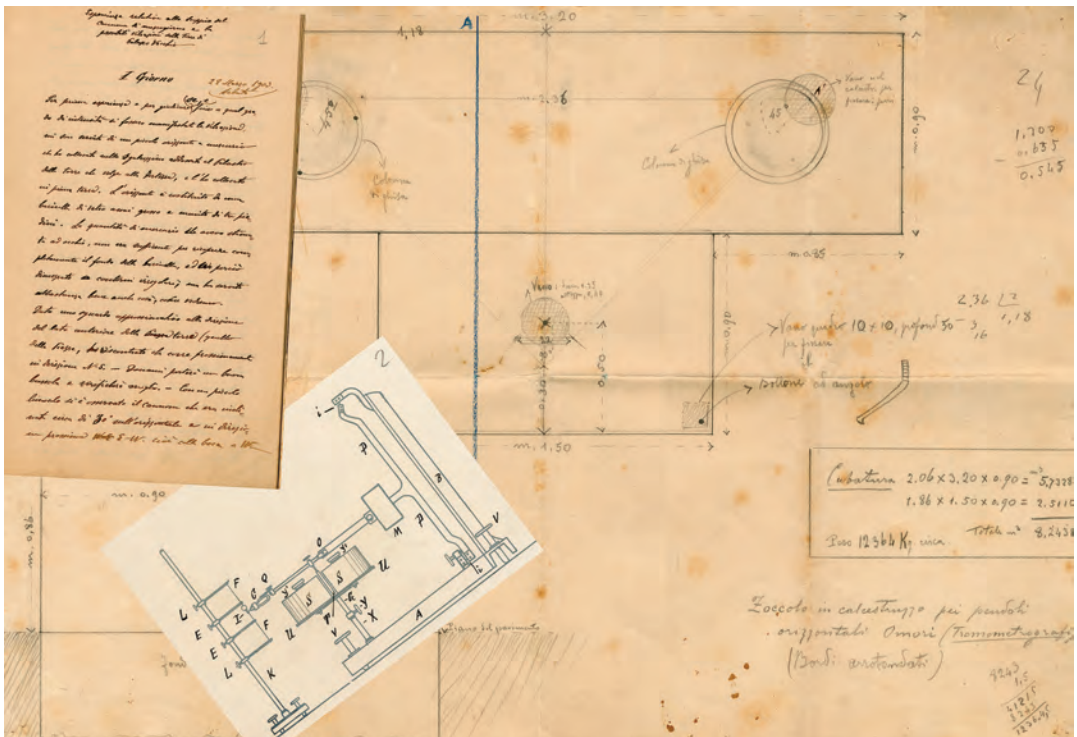


Fig. 4. Alcuni documenti dell'Archivio della FOX.

tata avanti una consistente parte di lavoro con soddisfazione della Fondazione stessa.

Sismologia

L'Italia vanta una delle più antiche tradizioni scientifiche in campo meteorologico e sismologico e l'Osservatorio Ximeniano (OX) ne è una delle sedi attive più prestigiose. Lo straordinario patrimonio bibliotecario e archivistico non è solo un'importantissima memoria storica di puro valore culturale. Discipline come la meteorologia e la sismologia necessitano, su scale temporali differenti, di lunghe serie storiche. Per la sismologia, in particolare, il recupero, la conservazione e l'utilizzo del dato storico strumentale e non strumentale rappresentano una sorta di assicurazione sulla vita. E', infatti, con le informazioni sugli effetti di terremoti storici, contenute di un'infinità di fonti documentarie e scientifiche, di tipo anche molto diverso che è stato possibile realizzare, la *Mappa di pericolosità sismica del territorio italiano* (figura 5), punto di riferimento normativo per costruire e restaurare in zona sismica. L'attività di ambito sismologico con i giovani dell'ASL, condotta dal Dott. Graziano Ferrari, è stata mirata a introdurre i concetti di pericolosità, vulnerabilità, esposizione e rischio sismico, mostrando loro le varie tipologie di dati, i loro limiti e le metodologie di elaborazione per ottenere i parametri utili alla prevenzione sismica.

Sono stati affrontati i contributi sia del dato non strumentale, le descrizioni di effetti distruttivi e non distruttivi contenute in documentazione amministrativa, memorialistica, erudita e scientifica. Testimonianze prodotte per le motivazioni più diverse, ma che la Sismologia storica, una branca della sismolo-

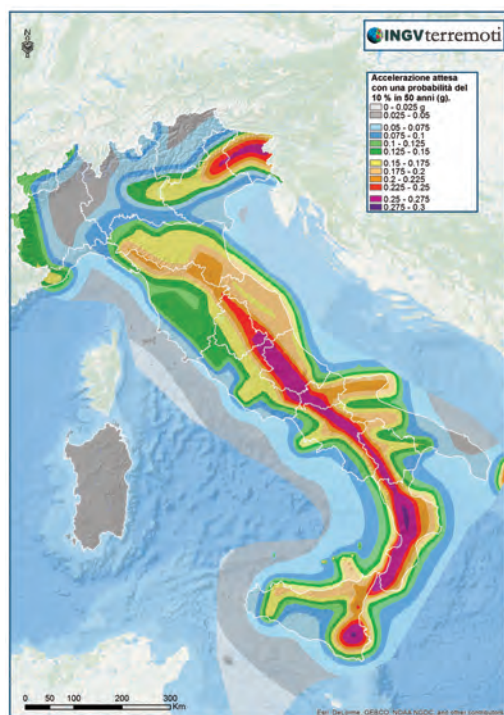


Fig. 5. *Carta delle Pericolosità sismica del territorio nazionale.* La mappa esprime la pericolosità in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni ed è riferita ai suoli rigidi.

gia nata e sviluppatasi soprattutto in Italia negli ultimi decenni, consente di recuperare, interpretare ed elaborare in chiave scientifica. In considerazione della significativa sismicità dell'Italia e di un immenso patrimonio documentario pubblico, privato ed ecclesiastico, l'Italia può vantare uno dei più estesi (25 secoli) e meglio documentati cataloghi dei terremoti al mondo (Guidoboni *et al.* 2007).

E' stata inoltre sviluppata una sintesi storica della tradizione sismologica sperimentale italiana, a partire dalla prima metà del Settecento, che ha consentito di contestualizzarne il ruolo e il grande contributo dell'OX e dei

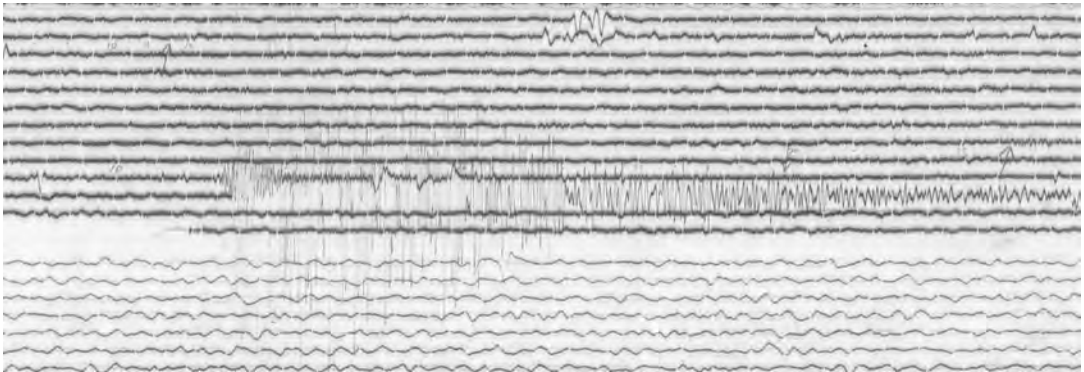


Fig. 6. Sismogramma del terremoto di Senigallia del 30 ottobre 1930 (Mw 5.8) registrato da un fotosismografo Alfani installato nel Gabinetto sotterraneo dell'OX.

suoi prestigiosi sismologi: il p. Filippo Cecchi con i suoi primi sismografi di moderna concezione e il p. Guido Alfani con la sua straordinaria attività di grande progettista di strumenti, sperimentatore e divulgatore.

A completamento della panoramica sull'utilizzo dei dati storici per una nuova cultura della sicurezza, con un occhio al passato per progettare un futuro più sicuro, sono state presentate ai ragazzi le tecniche di utilizzo dei sismogrammi storici, di cui l'OX conserva una ricchissima collezione (figura 6), per lo studio dei maggiori terremoti del Novecento (si veda anche l'altro contributo di Westinghouse e Ferrari in questo volume).

Nel complesso, il lavoro in ambito sismologico ha inteso essere di complemento a quanto appreso dai ragazzi nel percorso scolastico, favorendo anche la formazione di una loro maggiore consapevolezza del ri-

schio sismico e della capacità del mondo scientifico e tecnico italiano di ridurlo.

Al termine del percorso formativo della sismologia, sono stati inoltre fornite schede informative riassuntive dei concetti sviluppati, che gli studenti hanno utilizzato per un'autonoma presentazione alla classe.

L'attività di questa sezione è stata anche oggetto di una specifica presentazione da parte dei ragazzi partecipanti a questa esperienza di ASL, che ha riscosso un ottimo successo nella loro classe.

Bibliografia

Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G. e Valensise G. (2007), Catalogue of Strong Earthquakes in Italy (461 B.C. to 1997) and Mediterranean Area (760 B.C. to 1500). storing.ingv.it/cfti4med/

Publicazioni e Notiziario



Publicazioni

AUTORI VARI

Annuario 2014-15,

Fondazione Osservatorio Ximeniano *onlus*,
Firenze, 2016.



Per una istituzione scientifica quale l'Osservatorio Ximeniano l'Annuario rappresenta lo strumento per fare conoscere, annualmente, le attività svolte. Da alcuni anni non era stato pubblicato per cui si è pensato di riunire gli ultimi due anni, 2014 e 2015, con alcune notizie aggiuntive allo scopo di collegare questa edizione alle precedenti.

Nel 2004 l'Osservatorio Ximeniano diventò Fondazione Osservatorio Ximeniano *onlus*, (FOX) il cui presidente era per statuto il Padre Provinciale della Provincia Toscana degli

Scolopi. Nel 2014 la Fondazione ha modificato il proprio statuto eliminando questo vincolo e la Congregazione degli Scolopi mi ha affidato la Presidenza di questa prestigiosa istituzione.

Questo Annuario descrive le attività dei primi due anni, 2014 e 2015, di questa nuova organizzazione.

Oltre alle Sezioni storiche (Cartografia, Meteorologia e Sismologia), dopo l'importante lavoro di recupero del laboratorio di Padre Alfani nel settore della Radiotecnica è stata creata una sezione *ad hoc* e si è aggiunta quella specifica dell'Archivio e delle Biblioteche, tenuto conto dell'importante patrimonio posseduto; è attivo un servizio di segreteria tutte le mattine dei giorni feriali.

La struttura dell'Annuario resta simile al passato e ha lo scopo di tenere aggiornati coloro che si interessano alla vita e i vari avvenimenti ed eventi dell'Osservatorio.

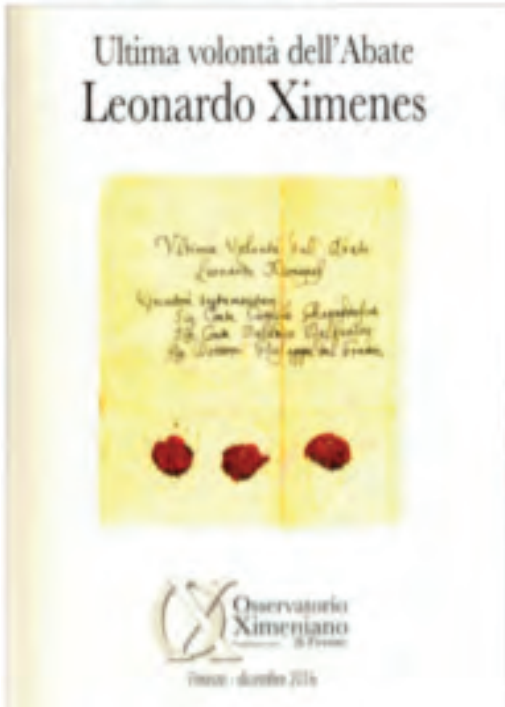
In tempi più recenti, abbiamo attivato anche altri strumenti per farci meglio conoscere, adeguando gli strumenti informativi. È operativo un sito web <http://www.ximeniano-fi-renze.it>. costantemente aggiornato e aperto una pagina Facebook in modo da raggiungere il più alto numero di persone interessate.

È stata anche costituita l'Associazione Amici dello Ximeniano che ha lo scopo di rendere partecipi in modo fattivo, mediante il pagamento di una piccola quota di iscrizione, gli ex-allievi degli Scolopi e più in generale le persone che hanno a cuore il patrimonio storico-culturale di Firenze e delle sue Istituzioni più significative.

Mario Calamia

LEONARDO XIMENES,

Ultima volontà dell'Abate Leonardo Ximenes, Fondazione Osservatorio Ximeniano onlus, Firenze, 2016.



Dall'Archivio della Fondazione Osservatorio Ximeniano è stato recuperato il testamento olografo di P. Ximenes nel 1782, quattro anni prima della morte. Ximenes, uomo di fede e scienza, in questo testamento dà indicazioni su come gestire i suoi beni terreni.

Come uomo di scienza vuole dare continuità ai risultati ottenuti, affidando la biblioteca e la strumentazione scientifica agli Scolopi. Una parte dei suoi beni devono servire alla istituzione di due cattedre di Geometria e Astronomia e di un premio per studi di idraulica.

Come uomo di fede, con il pensiero rivolto anche al "dopo", alla vita eterna, destina una parte dei suoi beni a istituzioni religiose. Scrive, infatti: *Finalmente essendo memore di*

tante e tanto gravi mancanze, che nel tempo del mio vivere ho commesse nel divino servizio, e giustamente temendo, che in pena delle medesime il mio spirito possa restar privo per lungo tempo del divino aspetto, e dell'eterna beatitudine, intendo che [...]

Ma il messaggio più profondo che emerge nel Testamento si fa ancor più efficace e attuale quando Ximenes rivolge la sua attenzione e preoccupazione di educatore, verso i giovani e quindi verso le generazioni future. Per orientarle con lo studio alla contemplazione della grandiosità del creato, di quel cosmo, mirabile opera di Dio, che ospita però anche l'uomo al quale viene affidata la responsabilità di investigarlo e, quindi, attraverso la conoscenza scientifica della Terra e dell'Universo, trovare in essi le impronte del Creatore per giungere infine alla "Verità tutta intera".

Mirabile testimonianza di scienziato e di maestro di fede che si ispirava a quei sommi valori ai quali ogni società e cultura, ieri come oggi, dovrebbero fare riferimento se intendono mantenersi degne della loro storia e civiltà e predisposte allo sviluppo e al progresso.

Più che mai moderno e attuale il messaggio e l'insegnamento di Ximenes e pienamente in sintonia con i progetti educativi e formativi sia delle Scuole (come quelle degli Scolopi), sia, in particolare, con le finalità della Fondazione Osservatorio Ximeniano.

Ma come non vedere queste ricchezze di cultura e di valori proiettate in un contesto più ampio come quello della nostra società in generale e dell'Europa di oggi?

Per questo, la Fondazione Osservatorio Ximeniano ha voluto fare conoscere il documento curandone la riproduzione anastatica e la relativa trascrizione e offrendola a quanti, dall'esempio di queste grandi figure, traggono forza e ispirazione per il presente e il futuro

dell'umanità.

Un grazie al dr. Aubrey Westinghouse per il recupero del documento e all'ing. Giovanni Manneschi, che ancora una volta ha concretamente dimostrato il suo interesse per la nostra Istituzione.

Mario Calamia e P. Dante Sarti

GRAZIANO FERRARI

Padre Guido Alfani fra le rovine del terremoto della Marsica del 13 gennaio 1915

Articolo in M. Rai (a cura di) *Il terremoto del 13 gennaio 1915 nell'Alta e Media Valle del Liri*, 2voll., Vol.I, pp. 39-75.



Il centenario del terremoto del 13 gennaio 1915 nella Marsica, noto anche come terremoto di Avezzano a causa del 95% di vittime che fece solo in questo paese, ha stimolato numerose iniziative editoriali nelle valli devastate da questo terremoto. In una di queste, avviata nel 2014 dall'Associazione Culturale *Il Liri*, è stato previsto un articolo sulla mis-

sione scientifica del P. Guido Alfani nelle aree devastate dal terremoto. La figura di Alfani è rimasta molto impressa nella storiografia locale relativa a quel tempo, più per la sua attività di divulgazione che non di quella di scienziato. Come la ricerca nell'Archivio dell'Osservatorio Ximeniano (OX) ha potuto evidenziare, Alfani tenne 28 conferenze su questo terremoto in 27 località diverse in poco più di tre mesi: dall'8 febbraio al 18 maggio 1915.

Proprio sul finire del 2014 si è reso disponibile l'inventario dell'Archivio dell'OX, curato dal Dott. Aubrey Westinghouse, che consentiva di navigare fra la straordinaria documentazione scientifica inedita di oltre 250 anni di attività dell'Osservatorio. E' stato quindi possibile rintracciare e studiare attentamente le minute di alcune delle citate conferenze di Alfani. Inoltre, nel corso delle attività di ricerca della sezione sismologica della FOX, è stata rintracciata la maggior parte delle fotografie della missione scientifica di Alfani, da lui utilizzate per documentare le sue conferenze. La correlazione fra i manoscritti di Alfani e le sue fotografie hanno consentito così di scrivere un testo che lo studioso non ha mai pubblicato. Dopo una breve introduzione, l'articolo si sviluppa in 6 capitoli e un'appendice.:

- 1) La sismologia italiana prima del terremoto della Marsica del 1915. Questa parte introduce il lettore alle origini della tradizione sismologica italiana, che datano ai primi decenni del Settecento.
- 2) L'Osservatorio Ximeniano di Firenze da Filippo Cecchi a Guido Alfani, invece colloca lo straordinario contributo di questi due scienziati scolopi nella tradizione sismologica italiana e internazionale.
- 3) Alfani e il terremoto del 1915. Racconta i primi attimi successivi al terremoto, le dram-

matiche registrazioni dei sismografi dell'Osservatorio, le prime notizie, gli inviti a fare conferenze, la decisione di partire per visitare i luoghi devastati.

4) Alfani nelle macerie del terremoto fra scienza e coscienza. Il drammatico viaggio raccontato attraverso la ricomposizione di pensieri, osservazioni scientifiche e testimonianze di drammi personali dalla documentazione manoscritta e fotografica delle conferenze dello scienziato scoloquio.

5) La sismologia italiana al tempo del terremoto del 1915. Questa parte mette in risalto

la figura di Alfani nel quadro della opaca rappresentanza della sismologia istituzionale del tempo, malandata erede della più prestigiosa tradizione sismologica dei decenni precedenti.

6) Dalle macerie ai teatri: le conferenze di Alfani sul terremoto della Marsica. Ricostruisce le date e i luoghi della frenetica attività divulgativa della sua esperienza scientifica e umana nelle macerie del terremoto.

Appendice: sintesi degli effetti nelle località più colpite della Valle Roveto.

Graziano Ferrari

Notiziario

La nuova stagione dello Ximeniano

Intervista al prof. Mario Calamia di Antonio Lovascio, *Toscana Oggi*, 13 marzo 2016.

Intervista a Aubrey Westinghouse

Radio Toscana, 19 marzo 2016.

L'eredità di conoscenza di padre Bravieri.

Così rinasce l'Osservatorio Ximeniano

Articolo comparso su *La Nazione*, Cronaca di Firenze, 20 marzo 2016.

I 260 anni dell'Osservatorio Ximeniano

notizia *Ansa*, 7 aprile 2016.

Un Osservatorio speciale

Intervista al prof. Mario Calamia e al dott. Renzo Macii, rispettivamente presidente e membro del consiglio direttivo della Fondazione Osservatorio Ximeniano onlus, *RTV38*, 28 aprile 2016 (reperibile su YouTube).

L'impegno del Soroptimist per aiutare lo Ximeniano, Firenze, 23 maggio 2016.

L'evento, guidato dalla Presidente del Soroptimist Club Firenze 2, prof.ssa Eleonora Pagni, presso l'Osservatorio Ximeniano, in occasione dei festeggiamenti per il venticinquennale del Club, ha celebrato la concessione all'Osservatorio di un finanziamento per il recupero storico del "Pendolo di Galileo". La notizia è stata riportata anche sulla stampa locale:

La Nazione 13 maggio 2016

La Nazione 15 maggio 2016

Corriere Fiorentino 15 maggio 2016

Convegno "Leonardo Ximenes nel terzo centenario della nascita 1716-2016"

Il convegno è stato organizzato dalla Fondazione Osservatorio Ximeniano onlus e dal *Progetto Firenze 2016*, nel cinquantenario dell'alluvione del 1966, per ricordare la grande figura dell'astronomo e idraulico, nonché religioso, ingegnere e poeta. Firenze, Palazzo Medici Riccardi, Sala Luca Giordano, 5 dicembre 2016.

Nell'ambito del convegno, su proposta della FOX, è stato emesso un **francobollo commemorativo** da parte del Ministero per lo Sviluppo Economico, in occasione del tricentenario della nascita del grande gesuita padre Leonardo Ximenes.

Premio Donatello 2016

Il premio, che consiste in una "pisanelliana" di bronzo (medaglione a due facce del diametro di 10,5 cm), modellata al naturale dallo scultore Marco Orsucci, è stato assegnato al dott. Renzo Macii "per il suo importante lavoro di divulgazione scientifica durante il suo lavoro all'Osservatorio Ximeniano". La pisanelliana è stata fusa in più copie, una della quali è conservata presso il Museo del Bargello. Firenze, Cripta della Basilica Laurenziana, 13 dicembre 2016.

Costituzione della Associazione O.M.S.I.

Nel corso dell'anno 2016 la Fondazione Osservatorio Ximeniano ha ripreso contatti – che vi erano già stati nel corso degli anni passati – con altri osservatori meteorologici storici italiani al fine di costituire un'associazione che potesse portare avanti i comuni interessi

scientifici, culturali e di ricerca.

A settembre 2016 è stata costituita a Firenze, presso la sede della Fondazione Osservatorio Ximeniano, l'Associazione Osservatori Meteorologici Storici Italiani (O.M.S.I.) con il fine di operare in comune per la preservazione e la valorizzazione dell'ingente patrimonio scientifico, sia strumentale che documentale. Con atto del 27 settembre 2016, l'Associazione è stata costituita tra le seguenti istituzioni:

Comune di Pesaro, Servizio Risorse e Sviluppo, Osservatorio Valerio

Fondazione Osservatorio Meteorologico Duomo di Milano,

Fondazione Osservatorio Ximeniano di Firenze,

Osservatorio Meteorologico e Geofisico Luigi Ferrajolo di Taranto,

Osservatorio Meteorologico S. Marcellino-DISTAR-Università Federico II di Napoli.

Come da norma statutaria, è stato nominato un Comitato Direttivo composto dai legali rappresentanti pro-tempore dei cinque soci fondatori. All'interno del Consiglio Direttivo è stato eletto presidente dell'Associazione il prof. Mario Calamia.

Osservatori meteorologici storici italiani (OMSI): dal passato per il futuro

Presentazione del Presidente dell'OMSI al *XXXVI Congress of the Italian Society for the History of Physics and Astronomy (SISFA 2016)*, Napoli dal 4 al 7 Ottobre 2016. Per gli atti siveda all'indirizzo: <http://www.sisfa.org/pubblicazioni/>

Visita all'Osservatorio Ximeniano da parte di una delegazione di studiosi statunitensi

Cinque studenti universitari statunitensi, interessati alla cultura umanistica e scientifica italiana, hanno soggiornato a Firenze tutto il mese di giugno 2016.

Per il 15 giugno hanno programmato una visita all'Osservatorio Ximeniano, accompagnati dalla prof.ssa Amanda Clarke della School of Earth and Space Exploration, Arizona State University e da altri insegnanti.

La visita, introdotta da una breve presentazione della tradizione sismologica dell'OX, è stata condotta dal dott. Graziano Ferrari (INGV) consigliere della FOX per la sismologia. L'iniziativa ha riscosso un grande successo ed è stata auspicata dagli insegnanti di accompagnamento la possibilità di ripeterla in un prossimo futuro.



Foto di gruppo di una parte della delegazione in visita

L'Osservatorio Ximeniano è attivo da ben 260 anni, con una tradizione di studi fra le più lunghe e continue al mondo.

Questo volume continua la testimonianza di questa continuità dell'opera dell'Osservatorio, luogo al servizio della scienza e della società, quotidianamente coinvolto nella realtà tecnico-scientifica e culturale a cui ha sempre messo a disposizione conoscenza e competenza.

