

SOCIETÀ NAZIONALE DI SCIENZE LETTERE E ARTI IN NAPOLI

RENDICONTO
DELL'ACCADEMIA DELLE SCIENZE
FISICHE E MATEMATICHE

SERIE IV – VOL. LXXXVII – ANNO CLIX

(2020)



GIANNINI EDITORE

SOCIETÀ NAZIONALE DI SCIENZE LETTERE E ARTI IN NAPOLI

RENDICONTO
DELL'ACCADEMIA DELLE SCIENZE
FISICHE E MATEMATICHE

SERIE IV - VOL. LXXXVII - ANNO CLIX

(2020)



GIANNINI EDITORE

La pubblicazione è stata resa possibile grazie ai contributi

- della Regione Campania
- della Fondazione Banco di Napoli
- del Ministero per i Beni Culturali
- dell'Associazione "Amici della Società Nazionale di Scienze Lettere e Arti in Napoli"
- del Dipartimento di Matematica e Applicazioni "Renato Caccioppoli"

N. 87 - Dicembre 2020

ISSN 0370-3568

Nessuna parte di questa pubblicazione può essere tradotta, riprodotta, copiata o trasmessa senza l'autorizzazione scritta dell'Editore.

Fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascuna pubblicazione. Le riproduzioni ad uso differente da quello personale potranno avvenire, per un numero di pagine non superiore al 15% per pubblicazione, solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da AIDRO, via delle Erbe, n. 2, 20121 Milano, telefax 02 809506, e-mail segreteria@aidro.org

Direttore responsabile: Carlo Sbordone

Volume a cura di Carmine Colella

© 2021 by Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche

Tutti i diritti sono riservati

Prima edizione italiana

Finito di stampare in Italia nel mese di giugno 2021

da Officine Grafiche Francesco Giannini & figli S.p.A. - Napoli

Autorizzazione del Tribunale di Napoli n. 780 del 14/08/1954

ISBN 978-88-6906-189-9

Indice

Parte A – Scienze Naturali

L. Mazzearella, F. Sica – <i>A beat phenomenon observed in the X-ray diffraction pattern of a protein crystal</i>	7
A. Mottana – <i>Miniere, minerali e metalli nell'Italia del Rinascimento: da Vannoccio Biringuccio a Ferrante Imperato</i>	15
M. Avallone, M. Iaccarino – <i>Water: abundant, but often scarce and precious</i>	65
G. Geraci – <i>Co-operativity in human hemoglobin. A sequential mechanism</i>	79
S. Solimeno – <i>In ricordo di Bruno Preziosi</i>	89

Parte B – Scienze Matematiche

L. D'Onofrio, G. Manzo, C. Sbordone, R. Schiattarella – <i>A note on preduals and double preduals of some Banach spaces</i>	115
C. Sbordone – <i>Ricordo di Donato Greco</i>	119

Appendice

N. Scafetta, R. Di Cristo, R. Viola, A. Mazzearella – <i>L'Osservatorio Meteorologico di San Marcellino Napoli Centro: i dati dell'anno 2020</i>	131
Istruzioni e modello	179

Parte A
Scienze Naturali

A beat phenomenon observed in the X-ray diffraction pattern of a protein crystal

Nota del socio Lelio Mazzearella^{1,2} e di Filomena Sica¹
(Adunanza del 20 novembre 2020)

Keywords: X-ray crystallography, Fourier transform, translational symmetry, molecular structure.

Abstract - Molecular Fourier transform is an important tool in the structure elucidation of molecular crystals, particularly in the presence of non-crystallographic translational symmetry. We present an intriguing case in which this *pseudo*-symmetry produces a very clear and persistent beat phenomenon in the reciprocal space. This phenomenon can be conveniently used to illustrate the interference effects that characterize the X-ray diffraction pattern.

Riassunto - La trasformata di Fourier di una molecola riveste un ruolo importante nella determinazione strutturale di cristalli molecolari, particolarmente in presenza di una simmetria traslazionale non cristallografica. In questa nota viene presentato un interessante fenomeno di battimento rilevabile dal diagramma di diffrazione di un cristallo molecolare in cui l'unità indipendente è costituita da due molecole legate da una simmetria traslazionale non cristallografica. Questa caratteristica può essere utilizzata per illustrare in maniera semplificata gli effetti di interferenza che sono alla base della formazione del diagramma di diffrazione.

1 – INTRODUCTION

For a century X-ray crystallography has been a fundamental tool to investigate at atomic level the organization of chemical systems. In particular, it has

¹ Dipartimento di Scienze Chimiche, Università Federico II di Napoli, Complesso Universitario di Monte S. Angelo, via Cinthia, 80126 Napoli

² Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche della Società Nazionale di Scienze, Lettere e Arti in Napoli, via Mezzocannone 8, 80134 Napoli

furnished invaluable information on the three-dimensional structure and architecture of molecules, from small organic and inorganic molecules to the very large molecules involved in biological processes. For the importance of these achievements, the 2014 year was elected International Year of Crystallography by the United Nations to celebrate the centenary of the discovery of X-ray crystallography and to emphasise the global importance of bio-crystallography in human life.

In molecular crystals, a visual demonstration of the interference effects produced by molecules in the crystal is of particular help in grasping the basic principles of chemical crystallography.

A generic reflection (in terms of Bragg's law) of the X-ray diffraction pattern generated by a crystal, with Miller indices (hkl), is usually described in amplitude and phase by the equation (Atkins and De Paula, 2006)

$$(1) \quad \mathbf{F}_{hkl} = \sum \mathbf{f}_j \exp -[2 \pi i (h x_j + k y_j + l z_j)]$$

where $\mathbf{F}_{hkl}$ is referred to as the structure factor of the reflection, x_j , y_j , z_j are the fractional coordinates along the crystal axes of the atom j , $\mathbf{f}_j$ is the atomic scattering factor that includes the thermal displacement effects. The sum is extended to all the atoms in the unit cell. For molecular crystals it may be convenient to introduce the concept of the molecular Fourier transform $\mathbf{T}(\mathbf{S})$, which, for a given orientation and position of the molecule in the space, is a continuous function of the scattering vector $\mathbf{S}$

$$(2) \quad \mathbf{T}(\mathbf{S}) = \sum \mathbf{f}_m \exp -[2 \pi i (\mathbf{r}_m \times \mathbf{S})]$$

$\mathbf{T}(\mathbf{S})$ is a characteristic of the molecular structure as defined by the set of the positional vectors $\mathbf{r}_m$ of the atoms that form the molecule (Lipson and Taylor, 1958). For a molecular crystal, $\mathbf{F}_{hkl}$ can then be written as the sum of the Fourier transforms $\mathbf{T}_{hkl}$, sampled at the reciprocal lattice point (hkl), of all the molecules in the unit cell in their proper orientation and position with respect to the crystal axis.

2 – A BEAT PHENOMENON

For a crystal, which belongs to the space group P1 and contains one molecule in the asymmetric unit, $\mathbf{F}_{hkl} = \mathbf{T}_{hkl}$. If the asymmetric unit contains two identical iso-oriented molecules, translated with respect to each other by a vector $\mathbf{u}$ with fractional components x,y,z along the crystal axes, we can write for the structure factor $\mathbf{F}_{hkl}$ the equation

$$(3) \quad \mathbf{F}_{hkl} = \mathbf{T}_{hkl} + \mathbf{T}_{hkl} [\exp -2 \pi i (hx+ky+lz)]$$

According to this equation, the *pseudo* translational symmetry generates a fringe system in the reciprocal space that traverses the reciprocal lattice in a direction parallel to the translation vector $\mathbf{u}$. The corresponding intensity, observed in the diffraction pattern, is given by the expression

$$I_{hkl} = \mathbf{F}_{hkl} \mathbf{F}_{hkl}^* = 2|\mathbf{T}_{hkl}|^2 [1 + \cos 2\pi(hx + ky + lz)]$$

In the equation the asterisk represents the complex conjugate operator and $|\mathbf{T}_{hkl}|$ is the modulus of $\mathbf{T}_{hkl}$. The term $1 + \cos 2\pi(hx + ky + lz)$ is the fringe function modifying the intensity of the reflection (hkl).

Depending on the fractional components of the vector $\mathbf{u}$, the contribution of the two molecules are in phase for all reflections (hkl) lying on the planes which obey to the equation $hx + ky + lz = m$ (m being an integer number), and the diffracted intensity will be equal to $4|\mathbf{T}_{hkl}|^2$. The contribution is π out of phase for the reciprocal lattice planes $hx + ky + lz = (m + 0.5)$ and the intensity of the reflections lying on these planes is zero. For intermediate values of $hx + ky + lz$, the intensity is intermediate between $4|\mathbf{T}_{hkl}|^2$ and zero. As a consequence of the reciprocal property of the diffraction space, the distance in the reciprocal space between individual fringes, along the direction parallel to $\mathbf{u}$, decreases as the translational distance is increased.

For a generic vector $\mathbf{u}$, only few reflections happen to lie on the planes defined above, and the presence of the fringe function is obfuscated by the intensity fluctuations usually occurring in the diffraction pattern. When, however, the $\mathbf{u}$ vector is parallel to a principle zone axis of the crystal lattice, or nearly so, an entire class of reflections will lie systematically on those planes and the alternation of the diffracted intensities, caused by the non-crystallographic translational symmetry, becomes more evident. In particular, if the components y and z of $\mathbf{u}$ are null, the diffracted intensities alternate as function of the index h . In a real case the two molecules would not have exactly the same orientation and/or the same structure and, therefore, the equations given above progressively lose their significance as the resolution increases. In addition, the fringe system may show up less clearly as a result of the symmetry operators for space groups other than P1. However, in several cases even a simple visual inspection of the reciprocal lattice may reveal the presence of the *pseudo* symmetry.

In more general cases, various powerful translation functions have been proposed (Drenth, 2006) and several software packages have been developed (Bailey S, 1994) that are able to detect the presence of the pseudo symmetry and fully characterize the translation vector. These programs work particularly well for crystals formed by large biological macromolecules where the presence of a non-crystallographic translation is often encountered.

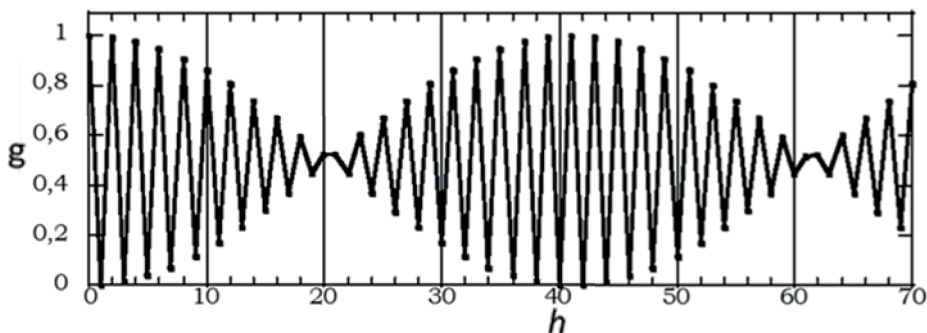


Fig. 1 – The fringe function $g=1+\cos(2\pi hx)$ versus the Miller index h . The value of 0.512 used for x to build this graphic was chosen to match the shift between the two molecules in the crystal structure of the iso-aspartyl derivative of bovine pancreatic ribonuclease (see below). For this x value the waves are out of phase, in phase and out of phase again, for integer h equal to 21, 42 and 62, respectively.

In this communication we present a particular beautiful case in which the pseudo translation symmetry produces a beat phenomenon (Rossi, 1965) in the reciprocal space similar to that observed in optics when two monochromatic waves with equal amplitudes and slight different frequencies are made to interfere (Fig. 1). In the present case, the phase difference between the waves diffracted by the two molecules is caused by the displacement vector u , and increases with resolution.

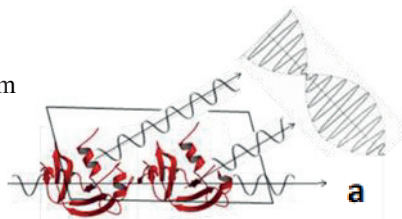
3 – THE ISOASPARTYL DERIVATIVE OF BOVINE PANCREATIC RIBONUCLEASE

Bovine pancreatic ribonuclease, an enzyme that degrades the ribonucleic acid (RNA), undergoes a spontaneous deamidation process in which the aspartic residue in position 67 of the sequence is transformed into an iso-aspartyl residue (Di Donato *et al.*, 1993). Crystals of the deamidated form are particularly well ordered and diffract X-rays at a resolution more than 0.87 Å, a value unusually high for a protein crystal (Esposito L. *et al.*, 2000). Crystals are monoclinic, space group $P2_1$, with $a = 61.31$ Å, $b = 37.47$ Å, $c = 44.92$ Å, $\beta = 94.6^\circ$ and contain two protein molecules in the asymmetric unit. The two molecules have practically the same orientation and are related by a fractional translational component x along the crystallographic a axis of 0.512 (0.488), with a practically zero value for the other two components y and z (Fig. 2).

The crystallographic model was refined using anisotropic displacement parameters for all atoms to a conventional crystallographic residual $R = 0.101$ for the 160.385 reflections observed in the resolution range 61.0 - 0.87 Å (Esposito

et al., 2000). Atomic coordinates and X-ray data are deposited in the Protein Data Bank with codes 1DY5 and R1DY5SF, respectively (Berman *et al.*, 2000).

Fig. 2 – Schematic drawing of the diffraction from the two molecules in the crystal of iso-aspartyl derivative of bovine pancreatic ribonuclease related by a translation of about half the crystallographic **a** axis.



After superposition of the two molecules, the root mean square deviation between the coordinates of the corresponding backbone atoms of the two molecules is 0.30 Å, indicating the strict similarity of their structure. The crystal model was one of the highest resolution protein structures at the time, and it was the only example of a protein crystal refined at a resolution better than 1.0 Å with more than one molecule in the asymmetric unit.

The structure is very close to have an exact crystallographic symmetry with $x = 0.5$, a value that would set to zero the interference fringe function for all reflections with h odd and, therefore, halve the length of the crystallographic **a** axis. A small displacement $x = 0.5 + \delta$ of the second molecule fractional translation from the value of 0.5 produces the interference fringe function $1 + \cos [2\pi h (0.5 + \delta)]$ that equally affects all (hkl) reflections with the same h .

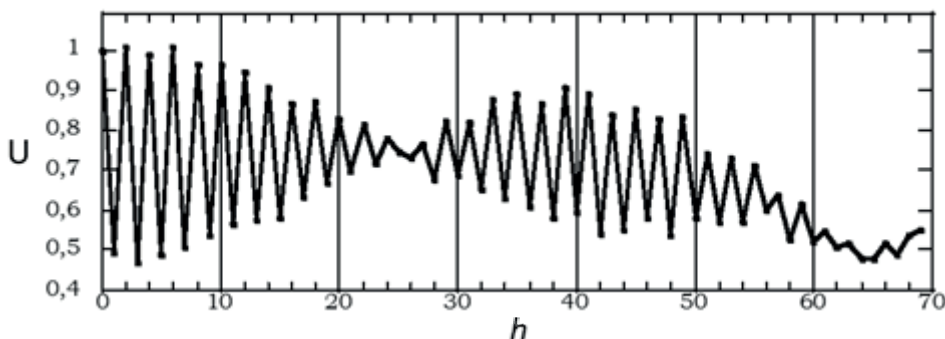


Fig. 3 – Squared normalized structure factors $U = \langle E_{\text{obs}}^2 \rangle_{kl}$, calculated from the observed intensities, averaged over all the reflections with a given h index, plotted as function of h . From this plot the approximate values of h_1 and h_2 (see text) are ≈ 25 and ≈ 41 , respectively.

Fig. 3 shows a plot of $\langle E_{\text{obs}}^2 \rangle_{kl}$, the squared normalized E factors (Drenth, 2006), derived from the observed intensities, averaged over all the reflections with a given h , as a function of h . The plot obtained with the calculated E values from the refined structure (not shown) is undistinguishable from that in Fig. 3. The plot reveals the characteristic features of a beat phenomenon that are visible

up to the resolution of about $1.0 \text{ \AA}$ of the diffraction data. Indeed, due to the contribution of δ , the phase difference in going from h to $h+1$ is not simply π , but it has an additional term $2\pi h\delta$, which becomes progressively more important as h increases, so that the alternation of high and low intensity for the reflections with even and odd h , respectively, progressively decreases. Eventually, a value h_1 of h is reached such that $2\pi h_1\delta \approx \pi/2$ for which the difference in the intensity between even and odd class of reflections disappears. For higher values of the index h , the waves scattered by the two molecules become progressively more in phase for the h odd reflections with respect to the even ones. The scattered intensities reach a maximum for a value h_2 of h for which $2\pi h_2\delta \approx \pi$, to decrease again to reach a second minimum. The inspection of Fig.3 shows that $h_1 \approx 25$ and $h_2 \approx 40$, from which an average value of $\delta \approx 0.011$ or $x \approx 0.511$ is derived. Thus, the shift of the second molecule with respect to the first one obtained from the plot is $\approx 0.7 \text{ \AA}$ greater than $a/2$. This is exactly the value calculated from the refined structure.

At higher resolution the beat phenomenon becomes progressively deteriorated and the regularity of the plot is eventually lost as result of the fact that i) the second molecule is rotated about 3° with respect to the first one, ii) the two molecules do not have exactly the same structure (the root mean square deviation after the superposition of the two molecules, calculated for all protein atoms is $0.5 \text{ \AA}$), and iii) not all the water molecules, positioned at the interface between the two protein molecules, obey to the *pseudo* translational symmetry. Moreover, for low order reflections the contribution of the liquid solvent in the crystal should also be taken in account.

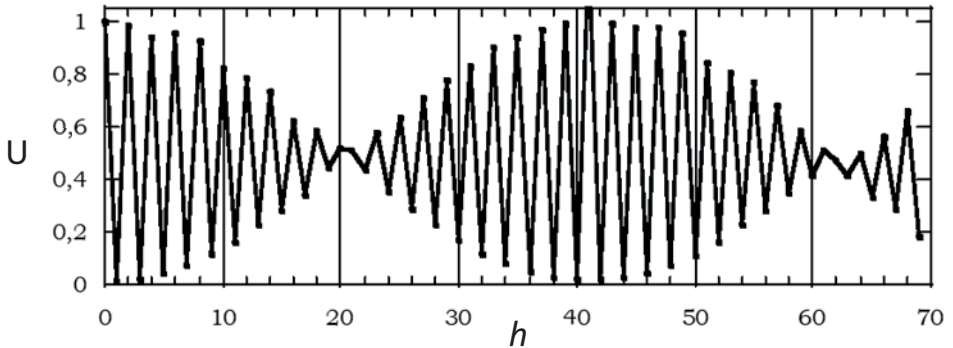


Fig. 4 – Average of the squared normalized structure factors $U = \langle E_{\text{test}}^2 \rangle_{kl}$, obtained from the intensities calculated for a test crystal in which only the two protein molecules are present. Moreover, the second molecule is obtained by the first molecule by translation of 0.512 along a axis. Thus, in this simulation the two molecules are identical and iso-oriented. h_1 and h_2 (see text) have the value 21 and 41 , respectively.

A more regular beat phenomenon is seen in the plot of Fig. 4: here the E values are those calculated for a model structure in which the second molecule is replaced by the first one shifted along **a** axis by the same amount found in the experimental structure. The unit cell parameters and the reflection set used in the calculation were those of the experimental crystal. In this case the expected alternation of low and high intensities is regularly displayed up to the limit of the data resolution. The differences between this plot and that for the real structure is due to the fact that the two molecules have exactly the same orientation and the water molecules were not included in the test crystal. On the other hand, it is worth noting that, despite the deviations from an exact translational symmetry, the beat phenomenon based on the experimental data of a real crystal, is clearly visible in Fig. 3 up to atomic resolution.

4 – CONCLUSION

Usually, the basic presentation of the X-ray diffraction pattern is based on equation (1). The approach of molecular transform defined in equation (2) is less frequently followed, despite the fact that it is a very useful concept in chemical crystallography and its use is particularly helpful in phase derivation and in the molecular replacement methods for the resolution of protein structure (Drenth, 2006). We believe that the pictorial representation displayed in Fig. 3 adds considerably to the understanding of the way in which the diffraction pattern is built up by the interference of the waves diffracted by the single molecules present in the unit cell. It also underlines the intriguing role of the fringe system in determining the statistical distribution of the diffracted intensities.

5 – REFERENCES

- Atkins, P. W. and De Paula J. (2006), Physical Chemistry. W. H. Frieman and Co.: New York.
- Berman H. M., Bhat T. N., Bourne P. E., Feng Z., Gilliland G., Weissig H. and Westbrook J. (2000) The Protein Data Bank and the challenge of structural genomics. *Nat. Struct. Biol.*, **7**, 957-959.
- Bailey S. (1994) The CCP4 suite: programs for protein crystallography. *Acta Crystallogr.*, **Sect. D** **50**, 760-763.
- Di Donato A., Ciardiello M. A., de Nigris M., Piccoli R., Mazzarella L. and D'Alessio G. (1993) Selective deamidation of Ribonuclease A. *The Journal of Biological Chemistry*, **268**, 4745-4761.
- Drenth, J. (1994) Principle of Protein X-ray Crystallography, Springer-Verlag: New York.
- Esposito L., Vitagliano L., Sica F., Sorrentino G., Zagari A. and Mazzarella L. (2000) The Ultrahigh Resolution Crystal Structure of Ribonuclease A Containing an Isoaspartyl Residue: Hydration and Stereochemical Analysis. *J. Mol. Biol.*, **297**, 713-732.
- Lipson H. and Taylor C. A. (1958) Fourier Transforms and X-Ray Diffraction. G. Bell & Sons, Ltd: London.
- Rossi B. (1965) Optics. Addison Wesley: Reading, USA.

Miniere, minerali e metalli nell'Italia del Rinascimento: da Vannoccio Biringuccio a Ferrante Imperato

Nota del socio Annibale Mottana¹
(Adunanza del 20 novembre 2020)

Key words: History of Mineralogy, History of Metallurgy, Mining History, Techno-scientific upgrade, Technoscience.

Abstract – *Mines, minerals and metals in Renaissance Italy: from Vannoccio Biringuccio to Ferrante Imperato.* During the 16th century, the cultural upheaval known as Renaissance saw not only its acme but also its decay. This occurred not only for the major arts, but also for theories and practices related to mining and metallurgy, as well as to other forms of application of energy to raw materials. Exploitation of underground solid bodies saw the spreading of mining and metallurgical techniques to several countries outside the German-speaking areas, where they had found their best way of application as early as ca. 1450. New methods were introduced in digging pits and excavating galleries (obviously by hammer and pick, mostly, although the occasional use of gunpowder cannot be discounted), which derived from those applied during besieging warfare. There were new refining treatments of metals too, which borrowed from alchemical treatments and mainly based on the use of fire. These methods are best dealt with in Vannoccio Biringuccio's *De la Pirotechnia* (1540), whereas the former ones are described extensively in Georgius Agricola's *De re metallica* (1556). This book is the acme of mining and metallurgical techno-scientific writing during Renaissance and was translated into Italian by Michelangelo Florio (1563: *De l'arte de metalli*). Nevertheless, during the second half of 16th century, Mineralogy took a sharp turn backwards. It moved from scouting for useful ores and metals to underground searching for rare and odd specimens that were able to amaze wealthy collectors and fill their Wunderkammer. Ferrante Imperato's *De l'istoria naturale* (1599) follows this line: it lists the names and describes the

¹ Dipartimento di Scienze, Università Roma Tre, Largo Murialdo 1, 00146 Roma e Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche della Società Nazionale di Scienze, Lettere e Arti in Napoli, via Mezzocannone 8, 80134 Napoli; annibalemottana86@gmail.com.

appearance of specimens of numerous stones and disregards almost completely mining and metallurgical theories and practices.

Riassunto – Durante il Cinquecento, il Rinascimento non solo raggiunse il suo maggiore sviluppo, ma anche la sua decadenza. Questo avvenne sia per le arti, ma anche per tutte le teorie e le pratiche relative all'arte mineraria e alla metallurgia, nonché al miglior uso dei minerali. La ricerca mineraria europea raggiunse aree ben al di fuori della Germania, dove era nata e si era sviluppata la metallurgia raggiungendo il massimo all'incirca alla metà del Quattrocento, con la scoperta della liquazione. Furono introdotti nuovi metodi di scavo delle gallerie e dei pozzi (usualmente con mazza e piccone, anche se non si può escludere l'uso del fuoco e della polvere pirica) che si basavano sull'esperienza acquisita nelle opere d'assedio e, comunque, militari. Si trovarono anche nuovi metodi di purificazione dei metalli, che facevano uso anche delle esperienze degli alchimisti e che erano legati essenzialmente all'uso del fuoco. Questi metodi sono trattati estesamente nel *De la Pirotechnia*, di Vannoccio Biringuccio, pubblicato a Venezia nel 1540. Altri metodi, più metallurgici, sono descritti nel *De re metallica* di Giorgio Agricola, pubblicato a Basilea in latino nel 1556 e nella traduzione in italiano di Michelangelo Florio (*De l'arte de metalli*, 1563). Tuttavia, dopo la metà del Cinquecento la Mineralogia cambiò strada e cessò di sviluppare la ricerca di minerali utili e lo sviluppo delle miniere per darsi alla raccolta di minerali rari e strani, che stupivano gli amatori e riempivano le loro Wunderkammer. Su questa linea di pensiero è il terzo (e ultimo) trattato scritto in italiano nel Cinquecento: il *De l'istoria naturale* di Ferrante Imperato (Napoli, 1599): è un elenco di nomi e di descrizioni di rocce e minerali, ma trascura completamente la loro possibile applicazione teorica e pratica come prodotti minerari dal cui uso metallurgico si può ricavare un profitto.

1 – INTRODUZIONE

Il Cinquecento è il secolo in cui nell'industria della stampa si insinua per la prima volta un nuovo soggetto su cui conviene operare per ricavarne un ritorno economico: l'Arte mineraria, con le strettamente derivate Minerurgia e Metallurgia. Ne sono promotori i paesi di lingua tedesca, dove fin dal basso Medioevo erano attive varie compagnie di minatori/metallurgi esperti soprattutto nell'estrarre e trattare il rame. Queste antiche corporazioni (o gilde) erano organizzate in squadre di lavoratori specializzati e, dalla metà del Quattrocento in poi, avevano ricevuto un nuovo, formidabile impulso per aver scoperto nuovi ingenti giacimenti non solo di rame, ma anche di piombo e argento: metallo base, quest'ultimo, della coniazione imperiale fin dai tempi della riorganizzazione monetaria imposta tra il 781 e il 795 AD da Carlo Magno². Raggiungere con il loro prodotto queste compagnie di operatori minerari spesso itineranti per seguire i

² Si tratta del sistema detto LSD (*Libra – Solidus – Denarius* = lira-soldo-denaro) rimasto in vigore in Italia (anche se svalutato e modificato a più riprese) fino al 2002 (Cipolla 2002).

metalli (o, almeno, porsi all'attenzione dei loro capi, probabilmente in grado di leggere e sicuramente vogliosi di essere a conoscenza delle novità), era il nuovo fine che gli stampatori-editori si proponevano³.

In realtà, le prime avvisaglie di un interesse degli artigiani imprenditori della stampa per i materiali inorganici estratti dal sottosuolo⁴ si erano avute già nella seconda metà del Quattrocento, con la pubblicazione nel 1476 del *De mineralibus* (= Sui minerali) di Alberto Magno, un testo medievale composto duecento anni prima, ma anche il primo testo a stampa in assoluto dedicato esclusivamente ai minerali. Non solo essi vi sono descritti, ma ve ne sono esposti i trattamenti e gli usi, spesso in base a un'ideologia basata su antichi miti un po' fantasiosi rivisitati - per quanto possibile - in chiave cristiana. Questo libro (di una parte almeno del quale è dubbia l'autenticità) era stato scritto da uno studioso tedesco⁵ che scriveva in latino e fu stampato da un francese, Pierre Maufer (latinizzato *Petrus de Maliferis*), ma il suo luogo di stampa fu in Italia, Padova, così come italiano ne fu il

³ Il loro sforzo editoriale era ben motivato dalla grande diffusione che avevano i manoscritti latini, spesso veri brogliacci per operazioni pratiche, che trattavano l'argomento del miglior uso dei prodotti solidi reperiti in natura (spesso solo in superficie e senza curarsi dello scavo di pozzi o miniere) e che traevano origine da antiche ricette probabilmente greco-alessandrine trasferite all'arabo ed elaborate con miglioramenti da scienziati arabi fino al XII-XIII secolo. Durante la 'Reconquista' cristiana della Spagna incominciò la loro trasposizione dall'arabo in latino ad opera di una miriade di traduttori insediati nei territori liberati. Solo più tardi, partendo da queste trasposizioni latine (che erano già servite, comunque, alle compilazioni, rielaborazioni ed elucubrazioni di scienziati medievali di calibro notevole come, ad esempio, Michele Scoto, Alberto Magno e Alberto di Sassonia) cominciarono i 'volgarizzamenti' nelle diverse lingue europee. Per un recente tentativo di ricostruire il complicatissimo sviluppo della letteratura lapidaria, tentativo per altro orientato solamente all'uso di metalli, minerali e prodotti artificiali per la colorazione del vetro e della ceramica, si veda, tra i molti, il testo di Sandro Baroni e Paola Travaglio (2020).

⁴ È questo ciò che si intende ora per minerali, anche se esteso perfino ai regoliti interplanetari. Allora essi erano genericamente definiti, alla maniera tardo-romana, *lapides* oppure *fossilia* nel senso più lato; fu ristretto a *mineralia* a partire dal tardo Medioevo e solo per quelli che si prestavano all'estrazione di metalli, per assumere definitivamente il significato attuale alla fine del Settecento, sempre restando oggetti terrestri.

⁵ Sant'Alberto Magno, *doctor universalis* della chiesa cristiana, era nato come Albrecht von Bollstätt a Lauingen presso Ulma in un anno imprecisato tra 1193 e 1206 e morì a Colonia nel 1280. Frate domenicano, si addottorò a Padova, insegnò a Parigi e in varie località della Germania e divenne vescovo di Ratisbona, prima di tornare in convento e dedicarsi interamente agli studi. Fra i suoi allievi ci fu San Tommaso d'Aquino. Beatificato nel 1484, santificato nel 1931, dal 16 dicembre 1941 è stato proclamato santo patrono dei naturalisti. Il *De mineralibus* (o, più correttamente, il *Liber mineralium*, come il titolo figura nei manoscritti albertiani più antichi) è l'ultimo degli otto testi che l'autore dedica al commento puntuale dei corrispondenti testi aristotelici che compongono nel loro insieme la *Physica*.

curatore, il bergamasco Antonio Albrizzi. Il libro era, in sostanza, il frutto di una collaborazione europea senza confini, così come era stata di fatto senza confini tutta la migliore cultura medievale, alla cui diffusione avevano contribuito particolarmente gli ordini mendicanti come Francescani e Domenicani, per i quali il latino era l'unica lingua comune a tutti e la sola che meritasse di essere scritta e divulgata.

A dimostrazione dell'interesse suscitato nella società europea dell'epoca, ancora impregnata dall'intraprendenza dei mercanti che dai liberi comuni italiani si spandevano dappertutto con le loro attività commerciali e bancarie, il *De mineralibus* fu ristampato almeno cinque volte prima dell'anno 1500 a Venezia, che era frattanto diventata l'effettivo punto di riferimento di tutta l'industria della stampa, anche se le annuali fiere europee dei libri si continuavano a tenere a Francoforte sul Meno. Fu a Venezia che fu stampato il primo libro di storia naturale in cui si parla estesamente di miniere. Si tratta della traduzione integrale di Plinio in «fiorentino» effettuata da Cristoforo Landino (1476). E fu di nuovo a Venezia che, mezzo secolo dopo, fu stampato il primo libro di Arte mineraria scritto da un italiano: il manuale tecnico di Vannoccio Biringuccio (1540).

2 – I TRATTATI PRECURSORI DI ESPERTI MINERARI TEDESCHI

Nonostante l'esistenza dei due incunaboli sopracitati, la prima pubblicazione a stampa di un manuale tecnico d'indirizzo incontestabilmente minerario⁶ è da situare con certezza fuori d'Italia e dopo l'inizio del Cinquecento. Essa si deve all'iniziativa di un medico tedesco, Ulrich Rülein (1465-1523), svevo per nascita, ma operante nella regione di etnia mista soraba (venda) e sassone di cui è capoluogo la città di Meissen. Si trattava di un principato, rientrando nei domini dei duchi di Sassonia, situato ai margini dell'area tra collinosa e montana (*Erzgebirge*) in cui erano stati messi in luce ricchi giacimenti di piombo e argento.

A Rülein è attribuita la pubblicazione a Lipsia⁷ di un libretto anonimo in-8° con 24 pagine non numerate e con 12 figure in xilografia, il cui titolo, stampato

⁶ Questo è il giudizio di Wilhelm Pieper (1955, p. 115) e Hans Baumgärtel (1965, p. 23). Il trattatello, che è citato con rispetto anche da Herbert C. Hoover e Lou H. Hoover (1912, pp. 610-611), è stato opportunamente tradotto e valorizzato da Annaliese G. Sisco e Cyril S. Smith (1949), ma è ora ignorato nella più recente storiografia inglese della scienza dei metalli (e.g., M. Lynch 2002).

⁷ In realtà la più antica edizione del trattatello è adespota, anonima e senza luogo di stampa. Di questa prima edizione esiste una sola copia alla Bibliothèque Nationale de France e su tale copia si basa la prima ri-edizione moderna a cura di Ernst Darmstädter, che ritenne di aver individuato non solo l'autore e il luogo di stampa, ma perfino lo stampatore: Martin Landsberg, che operò appunto a Lipsia tra 1505 e 1510.

in vistosi caratteri gotici, è *Ein nützlich bergbuchlēy*⁸ (= Un utile manualetto minierario) che, assieme alla piuttosto rozza ma espressiva xilografia della copertina (Fig. 1a), descrive senza mezzi termini il contenuto: come si cerca, si trova e si coltiva una miniera di minerali metallici⁹. Non si trattava di uno scritto generico destinato a informare persone colte: era un manuale tecnico diretto agli impresari minerari.



Fig. 1 – (a sinistra) Frontespizio della prima edizione nota dell’anonimo *Ein nützlich Bergbüchlein*, stampato probabilmente a Lipsia tra il 1505 e il 1510. Il nome del suo autore, Ulrich Rülein von Calw (o Kalbe), si deduce da un riferimento di Giorgio Agricola nel *De re metallica* (1556). (a destra) Frontespizio dell’anonimo *Probirbuchlein* stampato a Magdeburgo nel 1524. Il nome dello stampatore e di un suo collaboratore si trovano nel colofone, dove però non è indicato nessun nome d’autore.

⁸ Citato d’ora in poi in tedesco moderno: *Ein nützlicher Bergbüchlein*.

⁹ Questo libretto non è mai stato tradotto in italiano, neppure nella versione definitiva (edizione C, pubblicata postuma a Erfurt nel 1527). Tuttavia, ha avuto molte ristampe e una notevole diffusione tra i minatori tedeschi, che si spostavano a gruppi attraverso le Alpi e i Carpazi, influenzando così direttamente sui linguaggi tecnici dei loro collaboratori locali d’altra lingua. Minatori tedeschi raggiunsero anche la Toscana, sollecitati a ciò dal granduca Cosimo I de’ Medici, dove aprirono nuovi assaggi e nuove miniere nelle Alpi Apuane e nelle Colline Metallifere rincorrendo le dicerie locali sulla presenza di antiche concentrazioni minerarie (Pinto 1984; Farinelli e Santinucci, 2004).

L'attribuzione della paternità del libretto a Ulrich Rülein von Calw («*Calbus Fribergius, non ignobilis medicus*»), è incontestabile, benché egli sia stato menzionato col solo cognome latinizzato derivato dal nome del paese d'origine (Calw, appunto, nel Württemberg)¹⁰, completato con la professione cui si dedicava con successo e la città in cui l'esercitava (Freiberg, nota località mineraria della Sassonia). La sicurezza si basa su quanto è contenuto nella pagina iniziale della dedica ai duchi di Sassonia¹¹ del *De re metallica* (= Sui metalli).

Questo trattato fu scritto a metà Cinquecento¹² da un altro medico tedesco, il sassone Georg Bauer, latinizzato in *Georgius Agricola* (1494-1555), che ne aveva conosciuto l'autore e lo menziona di nuovo nel libro III della sua opera (1556, p. 54) attribuendogli l'appellativo di «*metallicus*» (= esperto nell'arte dei metalli). Il libro di Rülein è, per Agricola, una fonte autorevolissima da cui trarre vari brani traducendoli in latino, anche se egli precisa che non fu questa la prima trattazione dell'argomento. Primo in ordine di tempo a descrivere le vene minerali sarebbe stato, secondo lui, un «*Pandulfus Anglus*» (= Pandolfo l'inglese) di cui, però, Agricola nulla sa né ha mai consultato il testo, che in effetti non è mai stato rintracciato (e certamente non è mai passato da manoscritto a stampato).

Per lo sfruttamento completo di un materiale grezzo appena estratto dalla miniera si richiede una conoscenza adeguata della sua composizione e ciò comporta la necessità di eseguire un 'saggio'. Anche in questo campo il primo testo a stampa pervenuto a noi è di origine tedesca: è il *Probir buchleyen czu Gotes lob*

¹⁰ In passato, durante l'esistenza della DDR, ci fu chi lo ritenne di Kalbe (e ne scrisse quindi il nome come Ulrich Rülein von Kalbe), ma è stato definitivamente appurato che egli non era oriundo di questa cittadina della Sassonia-Anhalt.

¹¹ Nella dedica originale in latino, i due dedicatari (i fratelli Maurizio e Augusto, della linea albertina della casa dei Wettin, feudatari dominanti in Sassonia dal XII secolo e religiosamente diventati inclini al luteranesimo, ma politicamente sostenitori dei cattolici imperatori Asburgo che erano anche re di Boemia, fuorché in alcune guerre locali che comportavano l'impossessarsi di terre spettanti ai vescovadi) sono indicati con tutti i loro titoli: duchi di Sassonia, langravi di Turingia, marchesi di Misena, conti palatini di Sassonia, burgravi di Aldenburgo e Magdeburgo, conti di Brena, signori della terra di Pleis e, inoltre, con le cariche che presso la corte imperiale spettavano al primo, che era il primogenito della schiatta: quella di arcimanscalco e di principe elettore del Sacro Romano Impero. Più interessante per un lettore italiano è la dedica che il traduttore Michelangelo Florio fa del suo lavoro a «*Lisabetta* (= Elisabetta I Tudor), per la Dio gratia regina di Inghilterra, di Francia, e d'Hibernia». Egli la data da «*Soy de la Rhetia*», ossia da Soglio in Val Bregaglia, nell'attuale Canton Grigioni in Svizzera, «*il di 12 di Marzo, ne l'anno M.D.LXIII.*» (= 1563).

¹² Certi riferimenti interni fanno risalire l'inizio dell'elaborazione al 1533 e la stesura della parte più consistente dell'opera agli anni tra il 1547 e il 1550 (la dedica ai duchi è licenziata da Chemnitz il 1° dicembre 1550), ma con ritocchi e aggiornamenti che si protrassero fin quasi alla metà del 1553, anno in cui il 7 luglio morì il duca Maurizio senza eredi maschi, e il fratello Augusto gli successe in tutte le cariche.

unnd der werith nutz geordent (= Libretto di saggi a gloria di Dio e ordinato [secondo] il valore del profitto)¹³, un libretto anonimo di 71 carte con il testo stampato in gotico, fittamente scritto sulla fronte (*r*) e sul retro (*v*), che fu edito a Maydeburg (ora Magdeburg = Magdeburgo) nel 1524 da Hans Knappe il giovane, con aggiunte di Hans Dorns (Fig. 1b). Lo stampatore è, probabilmente, un figlio o comunque un discendente di quello Hans Knapp (conosciuto anche come Johannes Canappe) che aveva stabilito la sede della sua stamperia a Erfurt, di cui si conosce un lavoro del 1511, e che successivamente emigrò in Francia. Del suo collaboratore Hans Dorn, che girovagò in varie sedi tutte nella Germania settentrionale, si conoscono almeno cinque testi stampati a Brunswick tra il 1493 e il 1525.

Gli argomenti trattati nel *Probierebüchlein* sono numerosi: come si effettua un saggio usando bilancia e pesi, la pietra di paragone, il crogiolo e il forno; come si esegua la coppellazione; come si separi oro da argento in minerali contenenti rame, zolfo e antimonio; come si esegua la cementazione e l'attacco con acido nitrico; come si recuperino tracce di oro dalle scorie; come si raffini l'argento; come dorare un oggetto e, infine, come valutare il contenuto d'oro di una moneta. Si tratta, dunque, di una miscellanea che riassume e rispecchia lo stato delle conoscenze tardo-medievali, in prevalenza basata sulla stima dei colori sia dei metalli sia dei fumi che si sviluppano durante la fusione, così come ci è noto anche da molti manoscritti latini e dai volgarizzamenti¹⁴. Non sorprende che le ristampe del libro (undici durante il solo Cinquecento) presentino titoli lunghi e spesso arzigogolati: cercano di attirare possibili clienti elencando gli argomenti principali contenuti in essi, anche quando manca una figura in xilografia sulla copertina che attragga l'attenzione.

3 – LA *PIROTECHNIA* DI VANNOCCIO BIRINGUCCIO

In Italia, il primo trattato onnicomprensivo sull'Arte mineraria e metallurgica è, senza alcun dubbio, il *De la pirotechnia* (Fig. 2) di Vannoccio Biringuccio (Siena, 20 ottobre 1480–Roma, luglio 1537), anch'egli citato da Agricola, nella dedica del suo gran libro ai duchi di Sassonia, come suo precursore ben informato ed esperto in varie materie («*homo disertus, & multarū rerum peritus*»).

¹³ Di qui in avanti citato in tedesco moderno semplicemente come *Probierebüchlein* (= libretto di saggi). Anneliese G. Sisco e Cyril S. Smith (1949), che hanno tradotto entrambi i libretti unificandoli in un solo libro (1949), preferiscono attribuirgli un titolo collettivo che li ricorda entrambi: *Bergwerk- und Probierebüchlein* (= libretto di lavori e di saggi minerari).

¹⁴ Un manoscritto di questo tipo, scritto parte in latino e parte in volgare, è il Ms. 2861 della Biblioteca universitaria di Bologna, del XV secolo, riscoperto da Olindo Guerrini e Corrado Ricci (1887) e valorizzato recentemente da Francesca Muzio (2012).

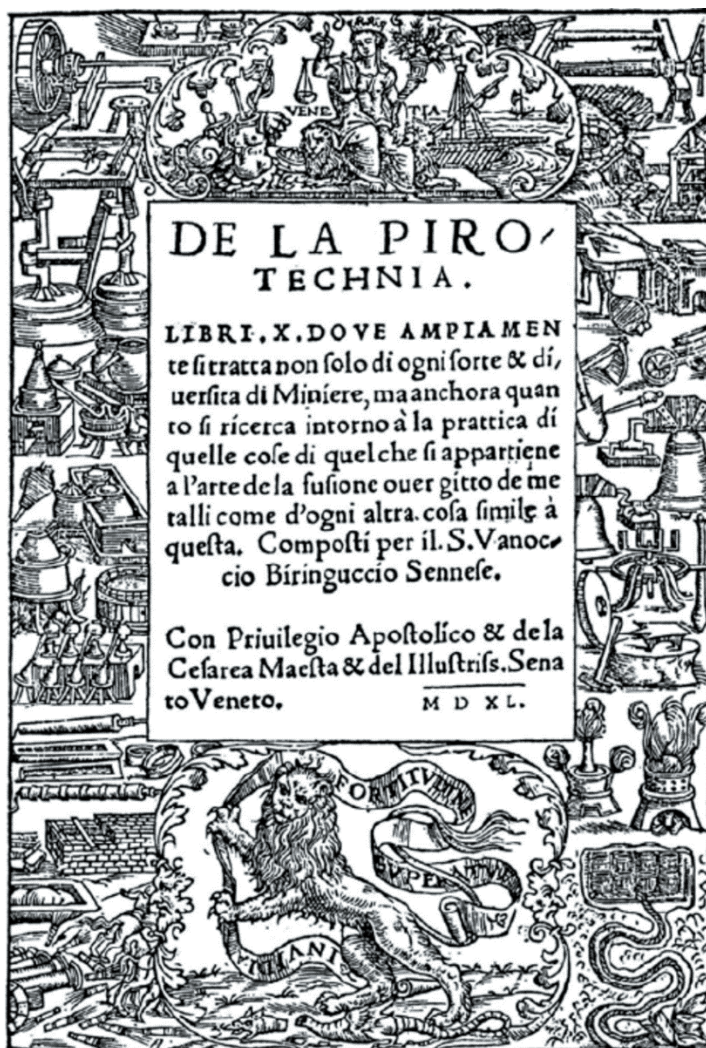


Fig. 2 – Frontespizio della prima edizione di *De la Pirotechnia* di Vannoccio Biringuccio, stampata a Venezia nel 1540 da Curtio Navò et fratello, al segno del Lion, rappresentato dal disegno alla base dell'immagine decorativa che circonda il titolo, con figure illustranti il contenuto del libro riportato nel titolo.

Di Vannoccio Biringuccio si sa molto di più¹⁵ di quanto Agricola non dica. I Pandolfi, signori *pro tempore* della repubblica di Siena, videro in lui, a vent'anni,

¹⁵ Fondamentale è la voce a lui dedicata nel Dizionario Biografico degli Italiani, scritta da Ugo Tucci (1968), frutto di una scrupolosa rassegna di documento coevi.

l'uomo che già aveva la capacità di riattivare¹⁶ le miniere delle Colline Metallifere toscane che nel Medioevo avevano fatto la fortuna di Montieri e di Massa Marittima, ma che erano rimaste quasi inattive dal 1348 in poi, quando la peste aveva falciato la popolazione della Maremma¹⁷.

Nelle loro speranze, da quelle miniere poteva derivare ancora un cospicuo reddito che avrebbe permesso a Siena (e a loro stessi) di difendersi contro Firenze (e i Medici), che stava imponendo la propria supremazia su tutta la Toscana. È in questo contesto, di signorie provinciali niente affatto piccine d'animo o deboli di cultura, ma sterili nei risultati perché sempre in lotta fra loro, che cresce Biringuccio e gradualmente formula il proprio credo sociale e industriale:

«La natura, liberalissima a chi le cerca, tal cose promette...; tutti quell'huomini c'han desiderio d'aver ricchezze si dovrebbero più presto voltar con ogni loro intento al cavar de le miniere che a la militia piena di

¹⁶ Inizialmente (ca. 1500), il «giovenetto» Biringuccio fu mandato a far pratica nella miniera di solfuri di Cu-Fe con Ag di Boccheggiano, presso Montieri, poi in quella di solfuri misti di Cu-Pb-Zn di Monte Avanza in Carnia (1507-1508). Da qui egli si spostò in Germania, effettuando due viaggi d'istruzione in miniere austriache e tedesche (1508-1510), poi fu a Milano (1510-1512) dove poté studiare il sistema di fornaci progettato da Leonardo per il getto del cavallo di bronzo della mai eseguita statua colossale in onore di Francesco Sforza e infine tornò a Siena, da dove fu di nuovo inviato a Boccheggiano (1513), ma questa volta come direttore della «ferriera» (da intendersi come l'impianto metallurgico che utilizzava il grezzo minerario locale e, probabilmente, altro grezzo proveniente dall'isola d'Elba), essendo stato nominato in tale posizione da Pandolfo Petrucci, il nuovo signore di Siena dopo la cacciata dei Pandolfi. In tutto: ebbe meno di 15 anni d'apprendistato. Va detto, però, che il padre, Paolo di Vannoccio, possedeva una «ferriera» sul Monte Amiata ed era stato coinvolto dai Pandolfi in varie iniziative dirette a svilupparne la trafilatura tecnologica, avendo anche raggiunto un ruolo d'assistente a fianco di Leonardo da Vinci, con il quale nel 1503 era stato al servizio di Cesare Borgia per l'impresa di Romagna. Per tradizione familiare, per i discorsi che sentiva in casa e per esperienza personale, quindi, Biringuccio aveva acquisito una conoscenza della Metallurgia (e in particolare di quella del bronzo e del ferro) ben al di sopra di quella degli studiosi italiani del suo tempo. Va notato, inoltre, che egli non accenna mai a una sua conoscenza della lingua tedesca, ma solo riferisce della sua visita di miniere in aree tedesche e gestite da compagnie di minatori tedeschi.

¹⁷ La crisi delle miniere d'argento toscane e del crollo del loro reddito che seguì l'imponente afflusso di argento dalle miniere peruviane dove era stato scoperto il giacimento di Potosì (mentre seguiva a breve distanza di tempo l'afflusso di oro riciclato dalle spoliazioni dei templi effettuata dai 'Conquistadores') è messa bene in luce da R. Morelli (1984) in un testo miscelaneo che prende in considerazione anche la produzione mineraria e la siderurgia di altri metalli nell'intera Italia del Cinquecento.

molestie, o a la mercantia con andar limando il mondo, o a altre fastidiose cure...»¹⁸.

Secondo Biringuccio, che proveniva da una famiglia di funzionari civici già ben disposta verso la tecnologia¹⁹, non sono dunque né il commercio né la milizia mercenaria i mestieri che possono arricchire un uomo pieno d'iniziativa, ma lo è piuttosto l'Arte mineraria. Questo suo modo di pensare, tipico di un uomo del Rinascimento voglioso di operare e innovare, è molto diverso da quello che si svilupperà poi in Toscana e in tutta l'Italia settentrionale verso la fine del secolo XVI. Sarà allora considerato meglio allocare la propria pecunia (il più delle volte accumulata proprio tramite il traffico internazionale della mercanzia prodotta da un fiorente artigianato) in un latifondo, spesso con monocultura, e vivere in santa pace con i proventi dell'impresa agraria: un reddito relativamente più modesto, ma sicuro e una vita senza scosse e senza problemi.

Biringuccio chiarisce subito, nel proemio del suo trattato, quali siano i suoi convincimenti e il piano operativo che seguirà mediante un paragone, facilmente comprensibile a chiunque, su come sia la configurazione di un giacimento minerario:

«E queste [scil. le miniere] si dimostrano quasi con quel modo che stan le vene del sangue ne li corpi de gli animali, ovvero li rami de gli arbori diversamente sparsi» (proemio, *Ir).

Prendendo spunto, quindi, dalle diramazioni e mineralizzazioni minori che si vedono qua e là sulle cime dei monti (*«filonetti ... fumosità ... margassite ... e altre apparentie di segnali»*) oppure dagli indizi indiretti (*«acque crude...arene...tenture metalliche...»*) che gli sono stati segnalati su uno dei versanti dagli abitanti del luogo, l'intrepido imprenditore minerario deve progettare subito di far scavare in direzione del

¹⁸ L'affermazione si trova all'inizio della ottava facciata (sul retro della settima non numerata) del proemio (Biringuccio 1540, *IVr). La riferisco nella forma esplicitata da Mieli (1914a, p. 28) piuttosto che in quella contratta e abbreviata dell'originale, che non è di facile lettura. Continuerò a fare così per tutte le citazioni future, fuorché per i riferimenti alle pagine. Tutte le facciate del testo dell'*editio princeps* sono numerate sul recto (r) e non sul verso (v) e così sono qui indicate, premettendo al numero la sigla "c." che indica l'intera carta. Fa eccezione il proemio che non è numerato, ma la cui facciata frontale è indicata con un asterisco (*) in alto a destra, al quale faccio seguire un numero romano che indica la carta e l'indicazione se è sulla fronte o sul retro.

¹⁹ Tucci (1968) ricostruisce al meglio la relativamente scarsa informazione che è rimasta negli archivi sulle complicate vicende in cui fu coinvolto Biringuccio a Siena e sulle sue stesse origini famigliari.

«arboro grande tutto ramoso piantato dentro nel mezzo de la basa d'un monte, e che dal gambo suo principale derivino diversi rami ...» (proemio, *Ir)²⁰

ossia deve subito indirizzarsi verso la massa principale del giacimento, localizzata in basso, nel profondo delle pendici del monte, che è proprio quella da cui si dipartono le modeste manifestazioni metalliche osservate in superficie.

A differenza degli antichi, che scavavano partendo dai filoncelli sulla cresta e scendevano poi verso il basso scavando pozzi sempre più profondi, speranzosi così di arrivare alla massa maggiore, l'imprenditore 'moderno'²¹ dà inizio allo sterro in un luogo oculatamente scelto alla base della montagna e, dopo aver predisposto anzitutto l'infrastruttura necessaria: abitazioni per gli operai, laboratorio

²⁰ L'ardita analogia che un corpo minerario profondo che irradia i suoi filoni verso la superficie è simile a un albero che dal tronco manda i suoi rami verso l'alto non è di Biringuccio: prima di lui l'aveva già proposta Francesco di Giorgio Martini (1439-1501), l'architetto e ingegnere militare senese che, indirettamente, attraverso il suo allievo Jacopo Cozzarelli (1453-1515), amico di Vannoccio Biringuccio, influenzò il pensiero epistemologico tecno-scientifico della *Pirotechnia*. La metafora fu poi ripresa nel 1550 da Gerolamo Cardano nel *De subtilitate* (= Sulla sottigliezza, citata nell'edizione critica a cura di E. Nenci, 2004, p. 455), ma come appropriata alla dimostrazione di una teoria vitalistica molto differente («*metallica, ac metalla, tum lapides vivere*» = vissero allora perfino le pietre metalliche e le miniere): come gli alberi nascono da un seme e si sviluppano in tutta la loro grande chioma grazie a una forza vitale, così i giacimenti nascerebbero da un nucleo che gradualmente cresce fino a diramarsi in filoni che, anche quando sono stati mozzati dallo scavo di una miniera, sono ancora in grado di continuare a svilupparsi, riempiendo così i vuoti venuti a crearsi nel sottosuolo. La rappresentazione della Terra come organismo vivente non è inconsueta negli scrittori scientifici del Rinascimento. Si trova, per esempio, in una descrizione ancor più estesa nei particolari, nel Codice Leicester (f. 34r) di Leonardo da Vinci, scritto all'inizio del Cinquecento. Tuttavia, mentre in Leonardo e in Biringuccio si tratta di una similitudine retorica, efficace ma ipotetica, nel Cardano diventa un concetto filosofico concepito come reale, che gli permette di introdurre il principio della perenne rigenerazione della sostanza materiale.

²¹ Per 'antico' e 'moderno' Biringuccio si riferisce – ovviamente – alla sua epoca: gli «*antichi*» sono i minatori che, tra lo XI e il XIII secolo, avevano arricchito Massa Marittima e la Germania centrale (e.g., Goslar, Mansfeld, ecc.), ma che avevano anche sviluppato contrasti così forti con i proprietari terrieri da obbligare le rispettive autorità a promulgare un restrittivo codice minerario; i «*moderni*», invece, sono coloro che, dopo un periodo di stasi, avevano riprese le ricerche alla grande nel XIV-XV secolo rispettando le norme ormai codificate e i diritti degli agricoltori, ma ottenendo anche un successo straordinario soprattutto nella Germania sud-orientale come in Tirolo e nei Sudeti (e.g., Hall, Schwaz, ecc.). Per un senese come Biringuccio, la cesura è probabilmente da collocare attorno al 1325, data della conferma definitiva da parte di Siena, diventata la città dominante su tutta la Maremma, del '*codex minerarius massetanus*' (Farinelli e Santinucci 2014).

di preparazione degli attrezzi di ferro, ceste per trasportare fuori il materiale, ecc. (Fig. 3: proemio, *IIIr) e averla fatta benedire²², comincia la sua impresa con il far aprire una galleria rettilinea e in lieve pendenza verso l'alto così che ne possa defluire l'inevitabile acqua da stillicidio, utilizzando la bussola per mantenerne costante la direzione, armando lo scavo per sicurezza con archi e travi, senza evitare di attaccare i sassi più duri ma scansando quelli «*fiaccati e teneri, perché son pericolosi di ruina*»²³ (proemio, *IIIv), fino ad arrivare alla massa principale. I turni di lavoro che Biringuccio propone (sei o otto ore) non erano massacranti, ma si succedevano senza interruzioni su ventiquattro ore; inoltre, l'oscuro ambiente sotterraneo era insalubre per l'assenza di aria e per l'altissima umidità, tanto è vero che Biringuccio stesso, rivelando un'inaspettata sensibilità umana²⁴, raccomanda che il foro abbia «*qualche spiracolo d'aere, o per mezzo d'un bu-dello di legname o d'altra apertura*» (proemio, *Vv).

Fu operando con questi metodi, precauzioni e accorgimenti – egli osserva – che in Austria²⁵ fu trovata una massa di rame con un tenore d'argento talmente elevato che dal solo argento ricavato furono pareggiate tutte le spese sostenute: il profitto venne, lauto, dalla vendita del rame, che era il metallo di gran lunga prevalente nel giacimento²⁶.

Biringuccio continua senza nessuna interruzione affermando a chiare lettere che il buon imprenditore minerario non si ferma all'estrazione del grezzo. Provvede da subito, anzi, a «*far carbone per le fusioni, per arrostore, affinare et altri abbruciamenti*» e poi cerca un corso d'acqua che muova «*ruote...mantaci...magli...macine...*» (proemio, *IVr): in altre parole, fin dal primo attacco con successo

²² Biringuccio si mostra poco interessato se la benedizione vada chiesta a Dio o alla Madonna o a un santo qualunque. Era forse un cripto-eretico, come lo furono molti senesi suoi contemporanei (e.g., Bernardino Ochino e Lelio Sozzini)?

²³ Il franamento del fronte o quello della volta, in una miniera, sono tra i pericoli più comuni e più temibili.

²⁴ Questi accenni alle condizioni di lavoro dei minatori possono essere interpretati, anche, secondo un altro punto di vista: quello di un capitalista. Un lavoratore in buone condizioni fisiche produce di più di uno indebolito o in difficoltà e, di riflesso, rende di più all'industriale suo datore di lavoro. Questa è la cinica interpretazione che di questi passi dà C.S. Smith (cfr. Introduction p. XIV in Biringuccio 1990).

²⁵ Cita qui espressamente le miniere tra «*Inspruc*» (= Innsbruck) e «*Alla*» (= Hall), senza menzionare Schwaz, che nel secondo Quattrocento fu il centro minerario più importante del Tirolo, prima di essere soppiantato nella resa economica dal distretto piombo-argentifero boemo-sassone dei Sudeti. Biringuccio visitò Schwaz («*Sbozzo*»), Bleiberg («*Pleiper*») e altre miniere delle Alpi austriache più tardi, quando la guerra lo costrinse a sospendere l'attività mineraria a Monte Avanza (c. 10v), ma non menziona di avervi riscontrato ritrovamenti eccezionali.

²⁶ Il minerale qui estratto era il cosiddetto *Fahlerz*, una mistura di tetraedrite con altri minerali metallici contenente quasi il 50% in peso di Cu, ma con poco più del 0,5% di Ag.

al giacimento l'imprenditore avveduto imposta anche quello che noi chiameremmo un completo stabilimento minerurgico e metallurgico. Infatti, «meglio sarebbe che 'l carbone, l'edificio, e la miniera fusser insieme tutti in un corpo» (proemio, *IVv) perché sarebbero più facili da gestire.



Fig. 3 – Il complesso delle operazioni minerarie rappresentato in modo integrato. Da destra a sinistra: il grezzo, spinto con un carrello fuori dalla cava alla base del monte, passa alla fornace il cui fuoco è alimentato da una ruota, e di qui al trattamento metallurgico, rappresentato in primo piano da fabbro e garzone che (protetti da una tettoia) battono con i magli il lingotto sull'incudine. In lontananza, le cassette per i minatori e per il laboratorio di conservazione e ripristino degli attrezzi (Biringuccio 1540, libro I fig. n.n. c. V*).

Da questa impostazione industriale onnicomprensiva nasce appunto la *Pirotechnia*, che non è soltanto un testo di Arte mineraria, ma è piuttosto un trattato completo che include anche la Minerurgia e la Metallurgia: dei suoi dieci libri, solo i primi due sono di spiccato carattere minerario/mineralogico, mentre gli ultimi cinque trattano unicamente del trattamento dei metalli per fusione (fabbricazione di campane, di artiglierie e d'altri oggetti minori), cioè trattano di Metallurgia, anche se contengono sparsi riferimenti al comportamento al fuoco dei grezzi di miniera con precise indicazioni su come ricavarne l'uno o l'altro metallo. A collegare le due sezioni provvede la descrizione degli assaggi preliminari, in prevalenza alchemici ma anche minerurgici e sempre ben verificati e collaudati, che sono illustrati nei libri III e IV.

Studi recenti hanno nuovamente cercato di dimostrare che, con questa sua impostazione, Biringuccio fu l'iniziatore del tortuoso cammino che dall'Alchimia medievale ha portato alla Chimica moderna attraverso, appunto, la Metallurgia applicata ai grezzi di miniera (Lynch 2002, pp. 20-25; cfr. Bernardoni 2008,

2011), così come, all'inizio del secolo, aveva suggerito Icilio Guareschi (1904) senza però riscuotere molto consenso. Di fatto, Biringuccio entra in argomenti quali la costituzione della materia e la trasmutazione delle sostanze; contesta la veridicità di certi postulati alchemici tradizionali e, tra gli alchimisti, sa distinguere un mistificatore da colui che egli chiama «*filosofo operante*» (c. 5r), ossia da chi ha messo a punto un processo tecnico o creato sostanze artificiali che hanno retto all'unico criterio di verifica considerato valido: la «*isperienza*» (c. 8v). Il mezzo per appurare la verità che Biringuccio adopera è, perciò, l'Arte mineraria, che è a monte della Mineralogia e della Metallurgia.

Nel proemio, dunque, è contenuto tutto il pensiero epistemologico di Biringuccio, inclusa la sua condanna di una certa Alchimia che si appella all'autorità e alla tradizione, e vi è espressa tutta la sua fiducia per il confronto diretto col materiale e per la prova pratica. In sostanza, il suo criterio di verifica lo porta a essere un anticipatore di Francis Bacon (in latino *Franciscus Baco* o *Baconus*: 1561-1626) e un precoce promotore del metodo sperimentale. Il suo insistere su questo metodo, però, gli fruttò, allora, la controversa valutazione che di lui diede Benedetto Varchi (1503-1565), che pure lo conobbe e gli fu amico: di essere uomo «*il quale avea molta pratica e non molta scienza*»²⁷.

In realtà, il perentorio giudizio del Varchi è diminutivo della complessa personalità e cultura di Biringuccio. In tutta la *Pirotechnia* spuntano, qua e là, varie conoscenze di derivazione tardo-medievale e altre nozioni tradizionali ereditate da autori antichi, tra cui primeggia Aristotele, che Biringuccio valuta un «*divinissimo preservator di tutte le scienze e d'ogni altro occulto naturale*» (c. 5v). Da lui egli adotta senza esitare la teoria «*che ogni corpo delle cose inferiori bisogna ch'el sia composto per forza di quattro elementi*»²⁸ (c. 39v), senza menzionare e, apparentemente, neppure curarsi della teoria alternativa, di origine islamica, ma avallata dalla Scolastica perché fatta propria da S. Alberto Magno, che tutta la materia sia un misto di mercurio e zolfo (con l'eventuale aggiunta di sale).

²⁷ La frase è contenuta in un suo manoscritto che fu pubblicato postumo a cura di D. Moreni (1827). Il secco giudizio è poi temperato dal fatto che il testo continua affermando che Biringuccio fu «*oltre la grandissima pratica, uomo molto leale e veritiero, e liberalissimo dei suoi tesori*» (pp. 63-64): questa è una testimonianza di affidabilità e di disponibilità verso gli altri per una persona che, più avanti nella stessa operetta, è di nuovo attaccata col motivo di essere «*molto confuso, e irresolutissimo*» nei suoi giudizi. Viceversa, un secolo dopo, Marco Antonio Della Fratta et Montalbano, che pure copiò vari paragrafi dal manuale di Biringuccio, che egli considera un «*Virtuoso*» da seguire nell'impostazione, riteneva che «*poco egli hebbe pratica, e nel maneggio delle Minere poco vide, e molte bugie gli furono date ad intendere*» (1678 pp. 121-122).

²⁸ Terra, acqua, aria e fuoco, sempre misti tra loro, ma idealmente distribuiti in quattro sfere concentriche attorno al punto fisso dell'universo sublunare, localizzato nel centro della Terra, immobile.

La teoria zolfo-mercurio-sale di derivazione islamica (e adottata dalla maggioranza degli alchimisti tardo-medievali) era stata quella preferita da Francesco di Giorgio Martini ed era quella messa in pratica da Paracelso (1493-1541) nel suo tentativo di rinnovare la Medicina tramite la Iatrochimica. La stessa teoria genetica, inoltre, era quella che Rùlein von Calw aveva sostenuto con insistenza nel suo libretto sui metalli, ma non c'è nessun indizio che Biringuccio conoscesse questo testo, anche se era andato a visitare le miniere tedesche quando esso era in via di composizione o, addirittura, già circolava stampato in una delle sue prime versioni.

Sempre seguendo l'insegnamento di Aristotele, inoltre, dei metalli Biringuccio privilegia la frazione composta dall'elemento acqueo e perciò accentua l'importanza della fusibilità, ossia della proprietà su cui l'azione del calore prodotto dal fuoco ha un effetto risolutivo. Così, egli attribuisce il basso punto di fusione dello stagno a «*la sua molta acquosità sottile e mal cotta*» (c. 15v), mentre sostiene che il ferro ha un alto punto di fusione per la sua «*sustanzia terrestre et molto grossa et forte...*», pur se nota anche che «*per la sua mala mistione et molta porosità produce facilmente ruggine*» (c. 17r).

Un aspetto particolare dell'epistemologia di Biringuccio, che lo rende in un certo qual modo un precursore di Galileo²⁹, è che egli connette molto strettamente Dio con la Natura («*madre e ministra di tutte le cose create, figliola di Dio, et anima del mondo*»: c. 6v). Mostra, anzi, di fare di essa l'interprete fedele del volere divino («*le cose tutte che quel sommo Iddio ha propriamente, o per suo ordine la Natura, in questo mondo create*»: c. 36r). Egli poi, come è da prevedersi per l'epoca, non pone nemmeno in discussione che tutto il creato sia posto al servizio dell'uomo, essere vivente e pensante che Dio ha situato al sommo della piramide naturale. Aderisce così a un'ideologia tramandatagli dalla tradizione, antica e perciò autorevole, da cui non riuscì mai a staccarsi, malgrado il suo costante tentativo di aderire per quanto gli era possibile all'esperienza, soprattutto per ciò che ha attinenza col mondo fisico (Tenenti 2000, p. 451).

²⁹ All'epoca di Biringuccio, la Controriforma non aveva ancora preso piede stabilmente. Egli, quindi, non corse i pericoli di un Bruno o di un Galileo. Tuttavia, anche lui può essere stato oggetto d'interesse per l'Inquisizione. Questo potrebbe spiegare, forse, il suo insistere in tirate anti-alchemiche: tra trasmutazione e transustanziazione (un dogma che nella chiesa cattolica, dopo il miracolo di Bolsena, era estremamente sentito anche se non era ancora stato ufficialmente dichiarato) il passo è breve. Quanto al fatto che Biringuccio sia un «*degno precursore di Galilei*» (Mieli 1914b, pp. 91-99) su basi scientifiche, si può obiettare che lo sviluppo della metrologia, alla sua epoca, non era ancora tale da permettere quella rilevazione matematico-geometrica dei risultati degli esperimenti che, interpretati tramite il calcolo, caratterizza l'operato di Galileo. Tuttavia, il tentativo di Biringuccio di arrivare a ciò per una qualsiasi via pratica, lo portava a superare di molto le espressioni qualitative (e spesso puramente immaginative) tipiche degli alchimisti suoi contemporanei.

Dato lo scopo che mi prefiggo, in questo scritto non affronterò certo la psicologia di Biringuccio né analizzerò la parte metallurgica p.d. del suo manuale, ma ne prenderò in esame solo quella mineralogica l.s. o, più propriamente, minerurgica, perché dare nomi alle singole specie minerali, che è funzione propria (quasi un privilegio rispetto alla Chimica) della Mineralogia moderna assieme al riconoscerne tutte le proprietà e a proporle l'applicazione, era, all'epoca di Biringuccio, una procedura quasi sconosciuta e, anzi, gli era sconsigliata come possibilmente eretica dalle sue fonti autorevoli³⁰: era meglio descrivere tutto come «*minera*», ossia come un grezzo indistinto e utile che poteva contenere più specie mineralogiche e che andava trattato con varie tecniche speciali (quelle minerurgiche, appunto) per trarne i diversi metalli e materiali utili³¹.

Biringuccio inizia col descrivere, nel primo libro, i sei metalli solidi allora noti (nell'ordine: oro, argento, rame, piombo, stagno, ferro) e due leghe (acciaio, ottone). Dei primi fa anzitutto una descrizione che – come egli aveva già asserito nel proemio – segue in tutto e per tutto i precetti di Aristotele: i metalli sono tutti misture dei quattro elementi, con l'oro potenzialmente il più perfetto. Subito dopo si sofferma soprattutto sui luoghi di provenienza, anche se deve ammettere che in certi casi dove «*non posso dire haver con gli ochi veduti, vi dirò sol quello che ...m'è stato da persone degne di fede narrato*» (c. 1r). In questo secondo caso, però, non rinuncia al suo diritto di critica. Così, non esita a confutare l'opinione che l'oro fluviale (ossia raccolto tra le sabbie dei fiumi) si formi direttamente dall'acqua nei fiumi stessi e preferisce riferirne le particelle raccolte nelle sabbie del fondovalle al dilavamento di giacimenti situati sui versanti della valle in cui il fiume scorre (c. 3v). Non si sottrae, però, dall'accettare come un fenomeno possibile la convinzione allora comune che si abbia una ricrescita di metallo nelle miniere già svuotate e che se ne possa avere la rigenerazione perfino a forma di «*filo di spago*» avvolto attorno a steli d'erba spuntanti dalla terra (c. 3r)³².

³⁰ La Bibbia, nel libro della Genesi dal terzo al sesto giorno, sembra riferire che solo Dio ha il privilegio di denominare gli oggetti viventi e non-viventi esistenti sulla Terra e nell'intero universo. Chiaramente, se presa alla lettera, questa sarebbe stata un'interpretazione capziosa del testo letterario, perché dopo la torre di Babele si erano diversificate migliaia di lingue, ma era tale da poter stuzzicare l'attenzione di un inquisitore voglioso di far carriera!

³¹ Facevano eccezione, ovviamente, le gemme, per le quali esisteva una tradizione che partiva da Plinio e che si era consolidata durante tutto il Medioevo arricchendosi di nuovi nomi tratti dalla letteratura lapidaria greco-romana più tarda; questi nomi erano, per lo più, mineralogicamente ingiustificati perché riferiti a varietà di diverso colore o forma di poche specie comuni (cfr. Mottana 2006).

³² Dimostrando un coraggio veramente notevole, egli qui mette in dubbio un'affermazione di Alberto Magno (allora non ancora santificato dalla chiesa) che nel suo *De mineralibus* (libro IV, cap. 7, p. 232) «*dice haver veduto in una testa di homo morto esser visi (= essersi) generato oro... & certo a me pare incredibile ...*» (c. 3v). Il fatto che questo passo (che inficia la credibilità di colui che era da tempo accettato dalla chiesa come

Ammette, addirittura, che esista una relazione, senza spiegare quale, tra l'oro, il massimo tra i metalli, e il lapislazzuli, che è gemma particolarmente bella («l'azzurro perfetto»: c. 8r). Non fa, però, nessun appello ad altri quando descrive minutamente come si recuperino le particelle d'oro con l'amalgama filtrata attraverso il cuoio di un sacchetto (c. 2r), oppure come si possa recuperare una pur minima pagliuzza di cenere di metallo prezioso da una ben controllata fusione in bagno di piombo (c. 8r), ossia tramite il processo che sarà poi chiamato 'liquazione'³³: l'ha visto fare, lo sa e così lo riferisce come un fatto sicuro e accertato, senza alcuna esitazione o ripensamento.

Il capitolo sull'oro contiene una rara datazione interna che mette in luce anche come il patriottismo di Biringuccio non si limiti alla sola Siena, la sua città che pure gli aveva procurato momenti difficili (esili, contese, condanne, ecc.), ma vada a tutta la penisola:

«la Italia...sia stata da varie nationi depredata e lacerata, come anchor hora ne li tempi nostri, da le ferine mani de le nation barbare che, da circa a 40 anni in qua, dentro ci sono entrate» (c. 4r).

Questa affermazione è stata interpretata come anno di stesura del brano il 1534, essendo la calata verso Napoli di Carlo VIII re di Francia iniziata nel 1494. Sarebbe una conferma che la *Pirotechnia* fu cominciata da Biringuccio a tarda età, ma a Siena³⁴ e che probabilmente era già conclusa a Roma, quando vi si recò nel 1536 al servizio di papa Paolo III Farnese (1468-1549), pontefice dal 1534. Il papa lo assunse solo qualche tempo prima della sua morte, che è stata stabilita essere avvenuta nell'estate 1537 (Tucci 1968).

Il libro fu, dunque, scritto sulla scorta di reminiscenze che risalivano a oltre vent'anni prima, quando egli era attivo come gestore di miniere (1500-1513), prima di diventare responsabile della zecca di Siena e poi passare ad altre funzioni amministrative, tanto in Siena quanto fuori, come esiliato dalla patria a causa

sicuro riferimento nelle materie naturali) abbia potuto essere andato in stampa senza censura conferma che a Venezia nel 1540 l'Inquisizione non era ancor saldamente stabilita e, di fatto, non lo sarà per un ventennio ancora. Nessuna delle quattro edizioni veneziane di Biringuccio, infatti, ha l'imprimatur, mentre lo ha l'ultima, 1678, stampata a Bologna.
³³ La prima attestazione del termine in italiano sembra datarsi al 1834, in un vocabolario tecnico stampato a Napoli, ma l'invenzione è tedesca e molto più antica, essendo il procedimento (chiamato 'Saigerprozess') testimoniato da documenti del 1453 nella fonderia municipale di Norimberga dove si creò una scuola di specialisti che si muovevano su richiesta attraverso tutta l'Europa (Lynch 2002, pp. 19-22).

³⁴ Lo si deduce dal fatto che, circa a metà, nel libro II capitolo 13 (ma 14), egli afferma di aver visitato «pochi giorni sonno (= or sono) maestro Baldassare da Siena architetto ottimo» (c. 43v) ossia Baldassare Peruzzi (che morì a Roma il 6 gennaio 1636), il quale gli mostrò una splendida gemma piena di figure che era una riproduzione dall'antico colata nel vetro.

delle frequenti contese cittadine e poi sempre ripreso come impiegato in Siena, Firenze e Roma per la sua fama di grande esperto minerario e metallurgico e di ingegnere militare (Tucci 1968).

Il capitolo sull'argento contiene un altro riferimento significativo: il nome «*Giorgio agricola germanico*» (c. 9r). Secondo Biringuccio, costui riferisce, ma non fu testimone del ritrovamento, in Sassonia nella seconda metà del Quattrocento, di «*un pezzo d'argento minerale*» grande quanto una tavola³⁵. Tuttavia, vide il tavolo a tre gambe («*tripode*») che il duca ne fece fare e lo descrisse nel suo *Bermannus*, il primo, vero trattato di Mineralogia concluso nel 1528 anche se pubblicato nel 1530. Biringuccio, inoltre, a conferma delle affermazioni del collega tedesco, cita una cava presso Schio «*in Vigentina*» (c. 9r), ossia presso Vicenza, dove egli aveva visto che l'argento era tanto da addirittura affiorare lucificando sotto la coltre erbacea. Egli cita anche altri ritrovamenti d'argento puro tra cui uno al Monte Avanza in Carnia³⁶, dove piccoli filoni e tasche di argento metallico sono associati al prevalente minerale di rame. Di questo egli stesso fu testimone oculare, perché qui aveva operato prima del 1508, quando aveva dovuto abbandonare la zona per la guerra che l'imperatore Massimiliano I d'Asburgo aveva scatenato contro la Repubblica di Venezia. Fu allora che iniziò il suo viaggio d'istruzione in Germania ad affinare quelle conoscenze tecniche che, dopo alcuni anni, lo riportarono in Toscana tanto ben valutato da poter essere inviato a dirigere la miniera e l'intera «*ferriera*» di Boccheggiano. Nell'Europa del Cinquecento, la diffusione dell'argento monetato era molto maggiore di

³⁵ Si verificò nel 1477 nella miniera San Giorgio a Schneeberg, un borgo minerario nei pressi di Zwickau. Il ritrovamento avvenne nel punto di incrocio tra 12 filoni e consisteva in un blocco di 4 m di lunghezza per 1-2 m di larghezza e spessore che pesava ca. 20 t. Il principe elettore di Sassonia, duca Alberto III, detto il Coraggioso (1433-1500), sceso sotto terra a visitare lo straordinario ritrovamento, ne usò la superficie liscia per banchettare (da cui il nome attribuito al pezzo di *Silbertafel* = tavola d'argento) e ne volle poi tenere per sé vari frammenti che, via via più ridotti, per secoli furono usati come decorazioni della tavola ducale. Due di essi sono tuttora conservati nel Museo di Mineralogia e Geologia di Dresda (Lieber e Leyerpapf 1986, p. 11).

³⁶ Il giacimento di Monte Avanza, in Val Bortaglia a monte di Fondi Avoltri, Carnia, negli studi moderni è risultato un deposito di tetraedrite zincifera, antimonifera e mercurifera contenuta in una ganga di barite e quarzo. Il minerale utile forma un discontinuo 'crostone' d'alterazione al limite trasgressivo degli argilloscisti carboniferi sui calcari devonici (Feruglio 1968; Venerandi Pirri 1977; Dondi *et al.* 1995; Bortolozzi *et al.* 2015). Il tenore d'argento determinato nel 'tout-venant' che dovrebbe essere sottoposto al trattamento metallurgico è 170 g/t, decisamente insufficiente per una coltivazione redditizia, ma in certe tetraedriti selezionate a mano può crescere fino allo 0,31% di metallo (Feruglio 1968, p. 110). Questo secondo tenore era più che sufficiente per una coltivazione antica, in cui il grezzo da trattare con un qualsiasi procedimento metallurgico era prima accuratamente selezionato a vista tramite una cernita manuale sul materiale sminuzzato, effettuata usualmente dalle donne.

quella dell'oro e il suo titolo era, quindi, altrettanto importante, se non di più, per cui Biringuccio ne tratterà a lungo più avanti, nel libro III (cc. 67-71). Là farà sfoggio delle sue conoscenze sul saggio, in larga misura derivate direttamente da fonti alchemiche³⁷.

I tre capitoli successivi riguardano rame, piombo e stagno e sono organizzati nella stessa maniera, pur essendo di lunghezze assai diverse perché diverse sono le informazioni che ne aveva l'autore. Biringuccio, anzitutto, afferma che c'è abbondanza di rame in Italia e subito coglie l'occasione per stigmatizzare la «*pusillanime avaritia italiana, quale ha potentia di farci pigri e tardi*» (c. 10v), che fa preferire l'esercizio «*de le usure e molte altre cose vituperose et inlecite*» (c. 11r), oppure il darsi alla mercanzia anche in aree pericolose, piuttosto che rischiare il proprio peculio nell'attività mineraria. Questo rimprovero per la voglia di arricchirsi senza rischi, che porta all'immobilismo anche classi e strutture imprenditoriali vivacemente attive da secoli come quelle fiorentine e senesi e, alla lunga, le costringe a una crisi economica e sociale, è ricorrente nelle opere di parecchi dei nostri letterati più illustri dell'epoca (e.g., Francesco Guicciardini) e li fa trascendere dalle loro stesse beghe, meschine e provinciali. Tuttavia, è notevole che, di tutti gli autori, solamente Biringuccio sia colui che mette in contrapposizione la mancanza di intraprendenza che caratterizzava il ceto mercantile toscano dopo le micidiali guerre che seguirono la calata in Italia di Carlo VIII con il grande profitto che gli verrebbe se decidesse di continuare a rischiare volgendosi all'esercizio dell'attività mineraria.

Segue poi, per ogni singolo metallo, una sua valutazione in termini aristotelici: grado di mistione di acquosità e terrestrità, proprietà calde e secche, umidità, ecc. A queste reminiscenze delle dottrine della Scolastica Biringuccio associa sempre una serie di proprietà sperimentali da lui stesso verificate: come il metallo si calcini³⁸, come si scioglia, quale sia la sua duttilità, quale il suo colore e così via. Un argomento che sembra gli stia molto a cuore è confutare le affermazioni che questi tre metalli siano «*infermi...ignobili...imperfetti...lebrosi...*» solo perché sono meno nobili dell'oro e dell'argento. Non esita, però, a riferire per ciascuno di essi alcune caratteristiche che possono essere interpretate come negative. Il rame è «*foglioso*» e ha sapore metallico. Il piombo, che pure si lega facilmente

³⁷ A.G. Sisco e C.S. Smith (1949, pp. 157-158) sembrano escludere qualsiasi influenza del *Proberbüchlein* sull'opera di Biringuccio, mentre riconoscono che essa fu ampiamente plagiata da Agricola. Questo spiega in gran parte la differenza di indirizzo tra i due trattati, ma fa comprendere anche il maggior interesse che il trattato di Agricola ebbe su coloro che erano interessati allo sviluppo chimico dello studio dei minerali, su cui si basa gran parte della Metallurgia che rende utili i metalli estratti da essi.

³⁸ Ossia come esso si trasformi in ossido sotto l'effetto del calore del fuoco: era questa una procedura chimica di verifica che rimase in uso fino a Ottocento inoltrato, quando già Antoine-Laurent de Lavoisier nel secolo precedente aveva dimostrato che ciò avveniva assorbendo ossigeno dall'aria.

con tutti i metalli, fuorché con lo stagno (c. 14v), si tramuta in scoria e fonde aumentando di peso³⁹. Ha, però, un merito indubitabile: senza di esso non sapremmo come «*cavar del rame l'argento e l'oro, né alle gemme levar quel velame terrestre e sassoso, che la lor beltà e chiarezza oscura e copre*»⁴⁰ (c. 13r), ossia senza di esso non sarebbero possibili la liquazione e la depurazione superficiale. Lo stagno, bianco argenteo, assomiglia molto al piombo⁴¹ e si mescola ancor meglio di esso con ogni altro metallo perché fonde con molta facilità, oltre a dimostrarsi malleabile fino a stendersi in fogli sottili come la carta (c. 15r). Biringuccio qui accenna anche al suo «*stridore come fa l'acqua dal freddo gelata*» (c. 15v): un distinto scricchiolio che si sente quando si piega una barretta di stagno di alta purezza. Egli afferma che lo stagno è raro, ma che ne basta una piccolissima aggiunta per alterare il comportamento di tutti gli altri metalli, di cui è «*un veleno possente...avelena e corrompe*», ossia reagisce formando una lega poco evidente all'occhio, ma che ne cambia in modo molto notevole le proprietà. Il migliore stagno si cava in Inghilterra da una «*certa pietra bianca...spongiosa*» (c. 15v): una descrizione molto stringata, ma adeguata, dei 'greisen' della Corno-vaglia.

Il capitolo sul ferro è sviluppato, sostanzialmente, nello stesso modo dei tre precedenti. Per prima cosa, Biringuccio fa notare quanto sia ricca l'Italia di grezzo ferroso ed esalta, tra tutti i luoghi, il primato dell'isola d'Elba: sia nella quantità (ma lo fa aggiungendo un'osservazione che sa di cautela, perché «*quel terreno, che già si cavò, di nuovo vi si regeneri, che veramente, se fusse vero*»⁴²,

³⁹ Più esattamente: «*la sua calcinazione fatta per reverbero...si trova con effetto che crescon di peso più che non era il corpo del metallo, prima che fosse calcinato, otto per cento, o forse diece*» (c. 14v). Questa informazione, sorprendente per la sua precisione (la reazione d'ossidazione $\text{Pb} \rightarrow \text{PbO}$ avviene con 7,77% d'aumento di peso) sta ad indicare che Biringuccio (o chi per lui) aveva effettuato esperimenti sulla fusione dei metalli controllandoli tramite l'uso della bilancia, così ottenendo valori quantitativi sulle varie fasi dell'operazione al fuoco. Implicitamente, ci informa anche che doveva esistere una forma di stima della temperatura raggiunta in ciascuna fase del riscaldamento, probabilmente basata sul colore del metallo scaldato oppure su quello dei vapori emessi durante la dissociazione a caldo.

⁴⁰ È un preciso riferimento al procedimento di liquazione, scoperto alla metà del secolo precedente in Germania (forse nel 1450/52 a Ratisbona, di sicuro prima del 1453), e al fatto che nel piombo fuso si sciolgono tutte le impurezze che contaminano i minerali associati. Una volta eliminate assieme al piombo, queste impurezze non offuscano più lo splendore dei minerali ad esse associati (cfr. Clerc 2010).

⁴¹ Infatti, era chiamato dagli alchimisti «*piombo bianco*» (c. 15r).

⁴² Qui sta la saggezza di Biringuccio, che basa tutto sull'esperienza. Ben diversa è la spericolata teoria vitalistica sostenuta da Gerolamo Cardano (cfr. nota n. 20)! Ciò basta a farci render conto di quanto diversa sia la nuova scienza impostata sull'esperienza da un tecnico competente (tecnoscienza) rispetto a una solo immaginata dall'inventiva di chi in una miniera probabilmente non era mai stato.

sarebbe gran cosa»: c. 16r) sia nella qualità, perché il suo grezzo permette di ottenere un «ferro dolcissimo e trattabile»⁴³ e «fare la cola», ossia fonderlo completamente così da versarlo in stampi opportuni, limitando la perdita di peso al 40-45% (c. 16v)⁴⁴. Ricorda poi l'esperienza fatta, «essendo anchor giovenetto» (c. 16v) alla «ferriera» di Boccheggiano⁴⁵ vicino a Montieri e i confronti che li fece tra quel grezzo e quello delle località circostanti, in particolare con quello dell'Elba.

Egli non perde occasione di segnalare dove scrive di cose che ha sperimentato di persona e dove riferisce notizie ricevute, come quelle sulle miniere «di Bresciana...[di cui] ve ne dirò quanto ne compresi» (c. 16v). Qui inserisce la figura di un forno, il cui mantice, molto grande⁴⁶, è azionato da una ruota ad acqua (c. 17r). Questa è la prima raffigurazione a stampa del metodo detto 'alla bresciana' (o 'alla bergamasca') di fondere il ferro (Fig. 4).

Biringuccio fa notare che il minerale grezzo utilizzato nelle valli bresciane è impuro, per cui occorre provvedersi di «un pratico et intelligente sceglitore» (c. 17r) che a occhio separi il grezzo migliore, bianco, da quello giallo e rossastro, che è terroso⁴⁷. Il prodotto metallurgico è comunque tale che comunemente «tal

⁴³ In effetti è ghisa, che per essere utilizzata necessita di ulteriori trattamenti.

⁴⁴ Questa perdita è troppo elevata per un grezzo ad alto tenore di magnetite oppure di ematite, come esse si trovano all'Elba. Una simile discrasia, però, si può risolvere ricordando che la fusione diretta era ottenuta allora sotto un forte flusso d'aria prodotta dai mantici e comportava, comprensibilmente, una perdita della frazione più fine (polvere residua nel grezzo oppure anche minute goccioline di ferro appena fuso, prima che esse potessero coalescere, appesantirsi e ricadere sulla massa in fusione).

⁴⁵ La miniera di Boccheggiano è un corpo geologico d'aspetto filoniano contenente pirite e solfuri misti in una ganga di quarzo. Si sviluppa in corrispondenza di una zona di faglia fortemente brecciata, dove sono evidenti fenomeni di sostituzione delle rocce calcaree della 'Formazione delle argille con calcari palombini' da parte del quarzo. I principali minerali sono pirite, ematite e calcopirite, mentre blenda e galena sono presenti in traccia. All'epoca in cui Biringuccio lavorava da apprendista e poi come direttore dell'impianto minerario erano coltivati i cappellacci costituiti da minerali ossidati soprattutto di ferro chiamati 'roste', mentre rame e argento, che erano coltivati nel Medioevo, erano praticamente esauriti. La miniera subì alterne vicende, fu riaperta per estrarne il rame a maggiori profondità e lavorata in galleria a vari ribassi, ma fu definitivamente chiusa nel 1994. Essa crea tuttora gravi problemi ambientali a causa di trabocchi d'acqua solfatica acida ferruginosa che confluiscono nel torrente Merse (Benvenuti *et al.* 1997).

⁴⁶ L'altoforno ad alimentazione continua poteva essere alto anche una ventina di metri ed era munito di un mantice «a guisa d'un gran paro d'ale, che per altezza comunemente son da sei a otto braccia» (c. 17r), pari a ca. 3,5-4,5 m.

⁴⁷ L'aspetto della siderite filoniana pura, che è il grezzo utilizzato *ab immemorabili* nell'industria siderurgica delle valli bresciane, è bianco-giallastro, sub-traslucente e massiccio. Esposta all'aria, soprattutto se umida, si copre rapidamente di una crosta giallo-rossastra che, in condizioni di avanzata trasformazione, assume la consistenza di una terra

miniera chiama d'acciaro e non di ferro» (c. 18r), ossia il trattamento di fusione produce direttamente un ferro acciaioso del tipo più pregiato⁴⁸. Qui Biringuccio preannuncia il successivo capitolo, su come trasformare il ferro in acciaio mettendone le barre a bagno nella ghisa fusa (cc. 18-19) e preannuncia anche le pagine finali del suo testo (cc. 134-139), in cui tratterà delle varie specialità fabbrili.

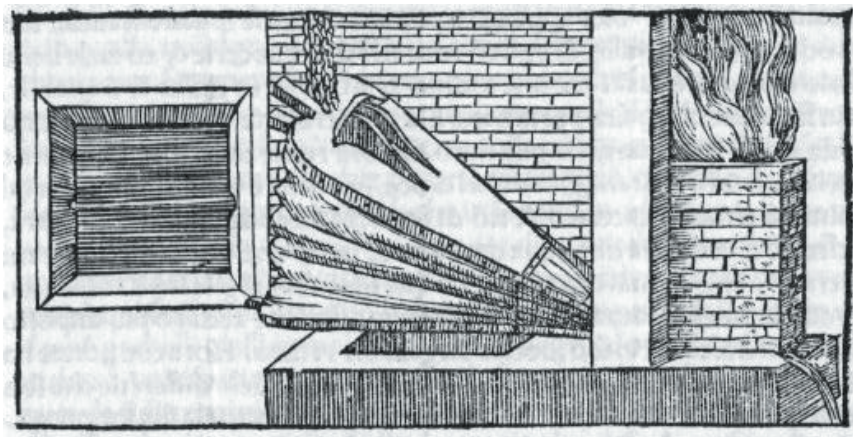


Fig. 4 – Il forno per la fusione del ferro secondo il metodo detto “bresciano”. Da destra a sinistra: la fiamma richiusa in una fornace di mattoni, il mantice che soffia aria alla base del cumulo di carbone e minerale grezzo per renderne possibile la fusione e, infine, la ruota che, fatta girare da un getto d’acqua, spinge in su e in giù il mantice e provoca il forte flusso d’aria necessario per arrivare alla fusione, con conseguente espulsione del fuoco (in alto) mentre il ferro cola (in basso) formando un rivoletto (Biringuccio 1540, libro I fig. n.n. c. 17r).

Dall’acciaio, poi, passa immediatamente all’ottone, riconoscendo che entrambi sono leghe: di ferro con un qualcosa di ignoto per l’acciaio, che acquista ulteriore durezza e aspetto argenteo tramite la tempera; di rame con un qualcosa che gli conferisce un colore giallo oro per l’ottone. Attribuisce l’invenzione di

rossa o bruna (la ‘limonite’) a seconda delle impurezze presenti. Gli strati di siderite sedimentaria della base del periodo Triassico (Scitico) delle Prealpi bergamasche e bresciane, in passato meno pregiati dai metallurgi, appaiono, appunto, rossastri, terrosi e granulari perché contengono sempre molta limonite (Rodeghiero e Zuffardi 1985).

⁴⁸ La siderite delle valli prealpine può contenere manganese sostitutivo del ferro (fino al 20%). Questo elemento rende il metallo forgiato una lega eccellente per flessibilità e resistenza agli urti. Era questo il ferro utilizzato a Milano per le corazze (borgognotte, scudi, corsaletti), che resero famosa questa forma di artigianato (o arte) in tutt’Europa. Non è invece adatto a fabbricare armi da taglio e da punta, per cui occorre un metallo più duro, e che quindi erano lavorate con l’acciaio, ottenuto da un ferro contenente impurezze di silicio o titanio e rilavorato a forgia e martellatura.

questo nuovo metallo dorato agli alchimisti, perché non si conoscono miniere di «aurichalco», come Plinio aveva chiamato un metallo simile «*ne le sue historie naturali*» (c. 19v). Senza dichiararlo, qui Biringuccio dimostra di aver letto il testo pliniano, in una delle frequenti ristampe della traduzione di Cristoforo Landino oppure di quella, più recente, di Antonio Brucioli. La descrizione di come si prepara l'ottone a Milano (mescolando anzitutto tra loro rame in frammenti e una terra giallastra e pesante chiamata «*giallamina*»⁴⁹, ponendo poi la mistura dentro crogioli di una ceramica molto resistente al fuoco, e riempiendo infine questi crogioli con vetro ben pestato, per non fare svaporare il colorante) permette a Biringuccio di introdurre l'argomento delle leghe in generale, che egli poi riprenderà nel libro V (cc. 73-77).

Gradualmente, egli avanza qui una epistemologia nuova, basata ancora nelle grandi linee sulle teorie di Aristotele, ma arricchita da influenze atomistiche di lontana origine democritea, forse trasmessegli da Benedetto Varchi che era stato educato all'università di Padova e conosceva l'interpretazione particellare delle teorie aristoteliche che vi era sostenuta⁵⁰, oppure ricavandola da notizie che egli stesso aveva orecchiate durante una lettura ad alta voce di una traduzione del poema di Lucrezio, di cui da pochi anni gli umanisti stavano riscoprendo il profondo contenuto scientifico.

Per Biringuccio, i metalli hanno una struttura costituita da tante particelle singole, ciascuna delle quali contiene i quattro elementi aristotelici in proporzioni che sono diverse tra i diversi metalli e che nel loro complesso ne determinano le proprietà. Queste non dipendono dalle forme delle particelle (come voleva l'interpretazione di Alberto Magno), ma dalle loro modalità di aggregazione, oltre che dalla proporzione tra esse e i pori presenti nell'insieme. Sublimazione, calcinazione e tempera sono tutte e tre operazioni che agiscono sulla struttura dei metalli in maniera meccanica, dilatandone o contraendone i pori in modo da contrastare o favorire l'aggregazione dei corpuscoli che li costituiscono. Le conoscenze

⁴⁹ Il nome moderno nel gergo minerario è 'calamina': propriamente, si tratta di carbonato di zinco (come minerale: smithsonite). Biringuccio la riprenderà più oltre, tra i mezzi-minerali (c. 36r-v). Accenna inoltre brevemente, come possibile colorante alternativo, alla «*tutia*» (= tuzia): una polvere impura di ossido di zinco che si raccoglieva attorno agli sfiatatoi dei forni, e perfino a una contraffazione araba di questa costituita da una terra rossa. Infine, Biringuccio avverte che l'ottone scaldato a lungo perde il suo colore giallo oro e torna a virare sul rosso rame, perché l'ignota materia che colora la lega (ossia lo zinco allegato al rame) svapora producendo vapori tossici per l'uomo, che lo paralizzano o istupidiscono.

⁵⁰ Bernardoni (2011, p. 83-86) ritiene che il Varchi avesse informato Biringuccio sull'interpretazione di come si formano i «*misti*» sostenuta dal filosofo Agostino Nifo (1470-1538), che vedrà alla luce postuma (1557), ma che l'autore aveva diffuso oralmente vari anni prima.

chimiche dell'epoca non potevano certo far neppure immaginare che esistessero composti in cui gli atomi presentano legami rappresentati da forze elettrostatiche!

Dall'oro, che è il più perfetto dei metalli perché è bilanciato nei suoi elementi costitutivi, in giù attraverso tutta la sequenza dei sei metalli ora descritti, la struttura poli-particellare diventa sempre meno omogenea perché uno qualsiasi dei quattro elementi costitutivi delle particelle aumenta rispetto agli altri (eccesso di terra o acqua o aria o fuoco: Biringuccio non sa, però, dire quale sia e in quale misura), il che provoca un cambiamento del grado di attività, ossia della capacità di combinarsi stabilmente con altre sostanze. Così Biringuccio spiega la calcinazione, ossia l'effetto del fuoco per cui ogni metallo sembra trasformarsi in una sostanza terrosa, pur mantenendo la sua identità⁵¹, e spiega anche l'alligazione, che cambia il colore senza mutare sostanzialmente le altre proprietà⁵².

Il secondo libro è dedicato ai 'mezzi minerali' «*da la natura prodotti né tutti pietre, né tutti metalli*» (c. 21v) e, nel proemio, introduce le grandi linee del pensiero epistemologico che sarà poi esemplificato nei singoli capitoli. I 'mezzi minerali' sono simili alle pietre e perciò ricchi dell'elemento terra e resistenti alla fusione; sono, dunque, più adatti a guarnire dipinti - egli afferma proprio così! - che a ricavare metalli utili⁵³. Alcuni sono liquefacibili al fuoco come «*il solfo, l'antimonio, la margassita, la giallamina, la zaffera, il manganese*», altri si sciolgono in acqua come «*li sali, il vetriolo, l'alume di rocha, e 'l salnitro*» (c. 12r). L'argento vivo, «*non sol liquido, ma liquidissimo*», è da trattarsi come una sostanza acqueea. Tutti questi 'mezzi minerali' contengono occultate le «*matri*», ossia certi costituenti essenziali che solo con difficoltà possono esserne estratte per fusione, oppure che si lasciano tirar fuori dopo che i 'mezzi minerali' sono stati fatti maturare e reagire con il secco e con l'umido, col freddo e col caldo, ossia utilizzando procedure alchemiche riferibili alla teoria aristotelica della costituzione di ogni materia. Altri 'mezzi minerali' citati sono «*l'orpimento... l'ochria... il bolo, o la borrace*», che mostrano una certa capacità di corrosione e che possono essere utili a «*l'arte medicatoria*», ma i più sono nocivi «*al proposito nostro*» (c. 22v), che è l'estrazione dei metalli per quanto possibile puri.

Sull'argento vivo Biringuccio si sofferma alquanto (cc. 22v-25v), anzitutto per criticare gli alchimisti che lo chiamano «*mercurio*» attribuendone le proprietà

⁵¹ Ora sappiamo trattarsi della semplice ossidazione, che avviene sottraendo l'ossigeno all'aria.

⁵² La formazione di una lega binaria, in realtà, può anche comportare cambiamenti piuttosto complessi, se avviene con la formazione di domini in cui i due atomi assumono diversi gradi di ordine, pur risultando uguale la composizione del prodotto finale: è la cosiddetta 'struttura mosaico'. La corretta interpretazione di questo comportamento delle leghe non era nota neppure ai tempi di Icilio Guareschi (1914).

⁵³ In maggioranza, ma non tutti, essi rientrano nella nostra categoria dei minerali non metallici.

al pianeta o al dio, ma poi soprattutto per descrivere vari procedimenti di sublimazione e di raccolta delle goccioline che si sviluppano dal grezzo per effetto del calore⁵⁴. Queste goccioline possono essere fatte precipitare su frasche fredde, o sono raccolte in vasi con o senza coperchio, oppure tramite un vaso doppio terminante in un distillatore.

Anche lo zolfo (c. 25v), che pure ha una certa somiglianza col fuoco perché, come esso, provoca reazioni, ustioni e corrosioni, è composto di molto elemento acqueo, perché fonde a bassa temperatura; tuttavia, può essere ridotto in una polvere impalpabile, insolubile e fortemente odorosa, che esala vapori tanto aggressivi da far preferire ai cavaletti di estrarlo a cielo aperto. Viene ricavato puro per sublimazione e distillazione in olle coperte e munite di beccuccio ed è usato principalmente per comporre *«la polvere de le artiglierie»*.

L'antimonio è *«un mostro infra li metalli»* (c. 27v) perché se, come essi, mostra un colore chiaro e brillante e pesa molto, ha però un odore molto forte, *«sulfurea adustione»* e una *«metallina»*⁵⁵ più fragile del vetro.

Biringuccio passa poi alla *«margassita»* (cc. 28r-29r), anzi alle marcasiti perché applica questo nome ai solfuri di tutti i metalli e non solo a quello di ferro, l'unico che ha mantenuto questo nome nella terminologia mineralogica moderna. Secondo lui, queste masse nerastre sono cristallizzate in modo imperfetto (sono *«materie seconde, et li mestru»*: c. 28v) e col tempo si trasformeranno nei relativi metalli⁵⁶, ma per il momento possono servire solo per operazioni di carattere artistico come il niello o la colorazione delle ceramiche. Egli conosce, tuttavia, una *«falda...grandissima»* di marcasite che traversa un monte al confine tra Friuli e Carniola e che nella parte superiore passa a un vero e proprio *«filone longo piu di 150 braccia et largo per tutto era piu di mezzo braccio»*⁵⁷. Questa evidenza

⁵⁴ Per quanto non lo citi, è presumibile che Biringuccio si riferisca qui al trattamento a caldo applicato in aria al cinabro nelle miniere a lui ben note del Monte Amiata, che lo scinde in Hg metallico in gocce e in vapori di anidride solforosa.

⁵⁵ È il residuo che resta dopo la sublimazione del grezzo; si deposita sul fondo del contenitore usato per sublimare e ha una notevole aggressività sulla pelle umana. Da notare che, all'epoca, l'antimonio si conosceva solo in forma di solfuro, per cui la metallina ottenuta per riscaldamento era di fatto un sesquiossido più prossimo all'elemento puro di quanto non lo fosse il prodotto naturale (che era stibnite), di cui erano già note varie miniere situate tra Siena e Sovana.

⁵⁶ L'interpretazione proposta da Biringuccio è l'esatto contrario di ciò che noi ora sappiamo: la marcasite in condizioni ambientali è instabile rispetto alla pirite, ma è questa che tende a trasformarsi in marcasite nell'ambiente acido che si forma in superficie a contatto con l'aria umida.

⁵⁷ Rispettivamente: circa 90 m × 30 cm. Tra i siti minerari al confine tra Friuli e Carinzia quello che si avvicina di più a questa descrizione è – credo – quello del Rio Faina, in comune di Resia, oppure uno della Val Canale, non a caso detto Canale del Ferro. Non mi risulta però che sia stato oggetto di una seria ricerca in epoca moderna, anche perché

materica lo convince che la marcasite non è una sorta di fumosità, ma è una sostanza materiale imperfetta sulla via di diventare perfetta, con grana ora grossa ora minuta e con forme

«tutte cubiche a similitudine di dadi over bisquadre tutte iustamente squadrate» (c. 29r)⁵⁸.

L'indicazione di questa morfologia geometrica, tipica della pirite, combinata con l'altra, che quella *«margassite»* quando è battuta contro acciaio sprigiona scintille, pur essa una reazione tipica della pirite, permette di fare emergere quale buono osservatore fosse Biringuccio, perché il prossimo scienziato che ripeterà l'esame su una pirite elbana e lo generalizzerà in una legge cristallografica sarà, oltre un secolo dopo (1669), Niccolò Stenone⁵⁹. Non per nulla Guareschi (1904, p. 18) considerò Biringuccio tra gli anticipatori della legge della costanza degli angoli diedri di una stessa specie mineralogica! Quella legge che, invece, è ora normalmente riferita a Stenone (1669).

I capitoli successivi non riguardano più i metalli, ma certi 'mezzi minerali' che, per i metalli, assumeranno significato più avanti nel libro, dove Biringuccio descriverà come essi contribuiscano alla Metallurgia dei grezzi. Il vetriolo⁶⁰ è considerato una sostanza minerale che, tramite esalazione, produce metalli e che ha affinità con lo zolfo (cc. 29r-30v); l'allume, o meglio *«lalume...che hoggi vulgarmente si chiama alume di roccha»* (cc. 30v-33v), è una sostanza terrosa congelata, amara, bianca o rossa ma trasparente e di natura calda e secca, per cui è astringente e corrosiva. Dopo le descrizioni, molto dettagliate, dei rispettivi giacimenti e dei processi minerurgici con i quali essi si ricavano quasi puri, Biringuccio passa alla descrizione dell'arsenico, che considera affine ma non della stessa natura dell'orpimento; nota, tuttavia, che entrambi, sublimati, danno il *«risigallo»*⁶¹ e bruciati si convertono in fumo (cc. 33v-34r). Tratta poi a lungo del sale comune (cc. 34r-36r), prima di passare a tre importanti composti, considerati

la pirite, soprattutto se in giacimenti d'alta quota, non è un minerale di particolare pregio economico.

⁵⁸ Cubo e rombododecaedro sono forme morfologiche comuni della pirite.

⁵⁹ La "legge della costanza degli angoli interfacciali" fu definita, in poche parole, da Stenone facendo riferimento agli angoli diedri sempre retti dei cristalli cubici di pirite dell'Elba e alle forme sempre esagone dei cristalli prismatici di quarzo della stessa località e di varie località dell'Appennino toscano.

⁶⁰ Più correttamente: vetrioli, ma Biringuccio li considera una cosa sola. Sono solfati idrati di vari elementi metallici (ferro, rame, zinco, ecc.), solubili in acqua, astringenti e corrosivi, distinguibili tra loro per il colore, che varia dal verde, al giallo, al rosso con tonalità da chiare a scure.

⁶¹ È il realgar, rosso arancio intenso, così come l'orpimento è giallo intenso e l'arsenico puro bianco argenteo.

‘mezzi minerali’ terrosi che hanno applicazioni molto utili: «*giallamina*», «*zaffara*» e «*manganese*» (c. 36r-v). Sono tutti, infatti, ottimi coloranti: la prima rende il rame del colore dell’oro (ottone, q.v.), la seconda tinge il vetro in azzurro e il terzo lo tinge in paonazzo. Qui Biringuccio non fa nessun accenno al loro uso in Metallurgia perché, avendo cominciato a parlare di colori, continua con l’azzurro «*oltramarino*», ossia il lapislazzuli; da questo passa al cristallo e alle altre gemme, poi al vetro e conclude il secondo libro descrivendone in dettaglio la preparazione (c. 44r).

Il terzo e il quarto libro sono dedicati ai saggi dei metalli, con particolare attenzione per l’oro e per l’argento. Vi sono descritti, per la prima volta a stampa, vari processi di affinamento, tra cui l’amalgamazione, l’inquartamento e la dissoluzione in un acido. Questo acido a volte sembra essere quello nitrico («*acqua acuta comune*»: c. 64r) e a volte acqua regia («*acqua acuta comune da partire*» o anche «*acqua forte*»: c. 141v). Per ottenere questi acidi vengono utilizzati alcuni dei ‘mezzi minerali’ prima descritti, ma rivisitati e trattati con metodi che derivano spiccatamente dagli esperimenti degli alchimisti. Sono metodi e processi che, giustamente, Guareschi ha considerato precursori della ‘chimica tecnica’ del suo tempo (Guareschi 1904, pp. 439-445).

Come già accennato, non mi addentrerò nella trattazione della Metallurgia, che costituisce una parte molto significativa del testo (libri dal VI al IX) anche se se ne trascurava quella propedeutica che riguarda i saggi in generale (libro III) e la preparazione dei reagenti con cui comporre e saggiare le leghe di metalli nobili (libri IV e V). Il libro X contiene procedimenti miscelanei tra cui alcuni propriamente minerari come il capitolo 4 sullo scavo delle mine sotterranee e su come fare fuochi di vari colori (ossia la pirotecnica nell’accezione attuale del termine), ma anche fornendo ulteriori indicazioni su alcuni prodotti delle miniere.

Concludo il mio esame della parte della *Pirotechnia* di stretto interesse minerario e mineralogico facendo rilevare come Biringuccio abbia chiari i concetti di «*minera*» e di «*metallo*» (anche se la sua epistemologia è molto diversa dall’attuale), ma non ha quello di «*minerale*». Parla sì di «*mezzi minerali*», ma lo fa accumulando senza ordine materiali di vari tipi, la cui caratteristica comune è di essere infusibili e di potersi presentare come parti di una «*minera*», ossia di essere parti di grezzi che possono essere oggetto di sfruttamento con i metodi abituali all’epoca (la fusione, soprattutto), tanto in cave a cielo aperto come in sotterraneo. Poi, per altre forme d’estrazione dal grezzo del prodotto finito, come per ricavarne il ‘mezzo minerale’ puro, si basa sostanzialmente su processi chimici piuttosto elaborati di derivazione dall’Alchimia, in cui il fuoco non ha altra funzione se non quella di accelerare, tramite l’aumentata temperatura, l’andamento della reazione chimica.

4 – IL *DE RE METALLICA* DI GIORGIO AGRICOLA (PER IL TRAMITE DI MICHELANGELO FLORIO)

La distribuzione dell'informazione sulla materia metallica adottata da Giorgio Agricola nel suo *De re metallica* (pubblicato postumo nel 1556, ma dopo essere stato completato e rivisto dall'autore), che qui valuteremo nella traduzione italiana pubblicata a Basilea nel 1563 (*De l'arte de metalli*) dal fuoriuscito fiorentino Michelangelo Florio (1515-c.1566/1572), è notevolmente diversa da quella di Biringuccio, tanto da far apparire il suo libro complementare più che alternativo alla *Pirotechnia* (Vergani 2008, pp. 467-470). Ciò è dovuto di certo al fatto che, mentre la *Pirotechnia* è un libro unico nel suo genere, privo di reali precedenti, uscito di getto dalla penna del suo autore e pubblicato senza essere stato da lui rivisto⁶², il *De re metallica* è il libro conclusivo, meditato e accuratamente revisionato, di tutta una serie che Agricola sviluppò per gradi nell'arco di trent'anni.

Difatti, nel dicembre 1550 (anno in cui Agricola firmò la dedica del suo *magnum opus* ai duchi di Sassonia) era stata già stampata in italiano la traduzione (d'autore ignoto⁶³) di ben suoi cinque testi composti dal 1528 al 1545, tutti significativi per comprendere l'idea che egli aveva non solo dei metalli, ma anche dei minerali (Agricola 1546)⁶⁴. Ciò che, però, in particolare, rende il *De re metallica* un trattato di grande utilità e ne fece la fortuna editoriale è il grande uso delle

⁶² Questa seconda affermazione può sembrare una mia illazione, ma è condivisa, in realtà, da altri (e.g., Bernardoni 2011, pp. XIV-XVI). Il mondo editoriale italiano (soprattutto veneziano) in quel momento era in fermento: non voleva lasciarsi sfuggire l'occasione di aprire un nuovo canale editoriale, cosicché il manoscritto biringucciano, lasciato imperfetto dalla repentina morte dell'autore, non fu messo da parte in attesa di un qualcuno che lo rifinisse, ma fu prontamente sfruttato da un intraprendente editore: Curzio Troiano Navò, francese di origine, ma trasferito a Venezia. Unica causa del ritardo di tre anni tra la morte dell'autore e la pubblicazione a stampa fu, probabilmente, l'esecuzione delle xilografie.

⁶³ Si trattò forse di Michele Tramezzino, lo stampatore, che è anche colui che firma la presentazione. È da notare che, mentre l'originale latino di Agricola (1546) fu stampato dai Froben in formato *in folio*, la traduzione italiana (1550) è in-8°, ossia è intesa essere un libro molto più economico e di più facile smercio.

⁶⁴ All'evoluzione del concetto di metallo in Agricola è dedicato uno studio di Robert Halleux (1974), datato ma ancora attuale per l'acribia con cui evidenzia le mutevoli riflessioni e i cambiamenti d'opinione dell'autore nel corso degli anni, anche a causa delle reazioni che le sue idee avevano provocato tra i dotti di stretta osservanza tanto aristotelica quanto alchemica. Halleux (1974) basò il suo studio, ovviamente, sugli originali latini e trascurò – quasi del tutto (*ivi*, p. 218) – l'opera e il parere di Biringuccio. L'edizione 1546 dei cinque trattati fu ulteriormente revisionata da Agricola dopo il 1550 e prima di morire nel 1555, così che una seconda edizione del *De natura fossilium*, da lui rivista, poté essere pubblicata dai Froben nel 1558. Questa rivisitazione non fu mai tradotta in italiano,

figure (321 xilografie), che mancavano o erano in numero molto ridotto nei trattati precedenti e che, nell'ampia facciata del formato *in folio*, sono tutte accuratamente posizionate in modo che il testo vicino ne tragga il massimo vantaggio di documentazione. La traduzione italiana del Florio passò attraverso i medesimi torchi e perciò mantiene sia il formato del libro sia la posizione delle figure, così da valorizzare al massimo il suo contenuto informativo (Fig. 5).

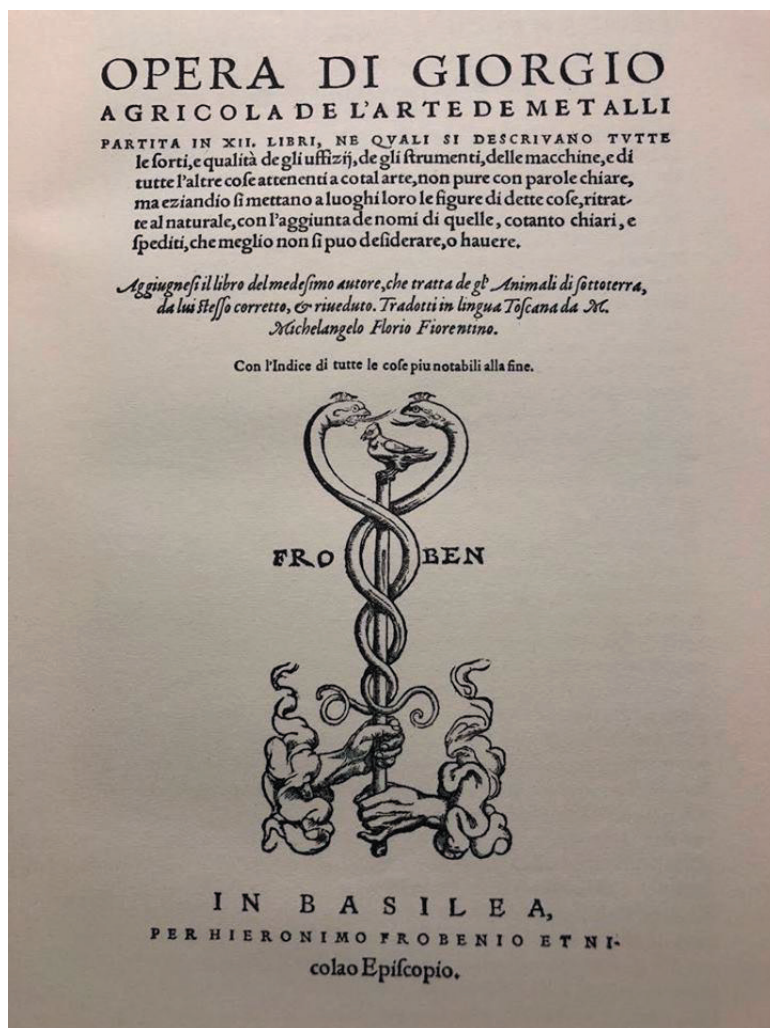


Fig. 5 – Frontespizio del *De l'arte de metalli*, traduzione italiana del trattato *De re metallica* di Giorgio Agricola effettuata da Michelangelo Florio e stampata a Basilea dai Froben nel 1563.

Fin dal primo suo trattato (il *Bermannus*, pubblicato singolo in-8° nel 1530, ma rivisto integralmente come ultimo dei cinque trattati raccolti nel volume *in folio* del 1546 stampato a Basilea, poi tradotto tal quale in italiano nel 1550), Agricola centra la sua riflessione sui metalli e, soprattutto, sulla grande ricchezza di giacimenti metalliferi che si ha in Germania. Nella raccolta del 1546, in particolare, uno dei cinque trattati ha un titolo che lo fa sembrare dedicato interamente ai metalli (nella traduzione: *De li metalli antichi e moderni*)⁶⁵, ma di fatto è un lunghissimo elenco di autori e di località di giacimenti sia antichi sia moderni, con anche indicazioni sulla produttività di questi ultimi: una specie di enciclopedia topografica della produzione mineraria tedesca alla metà del secolo.

Questo testo, però, presenta anche alcuni spunti innovativi non trascurabili. Agricola, per primo, vi identifica come metalli il bismuto e l'antimonio (già confusi col piombo) e converge con gli alchimisti nel considerare come metallo anche il mercurio, benché sia liquido a temperatura ambiente e non presenti, perciò, la fusibilità e la malleabilità, ossia le due proprietà fisiche che per Aristotele (che è l'indiscussa fonte dell'epistemologia di Agricola) erano le più significative caratteristiche dei metalli. Nel *De natura fossilium* (nella traduzione: *De la natura dele cose fossili, e che sotto la terra si cavano*), inoltre, Agricola dà una chiara definizione di ciò che egli considera essere un metallo: è un corpo estratto dal suolo che è liquido o liquefacibile per effetto del calore e che, quando si raffredda, si indurisce e riprende la forma che aveva prima⁶⁶. Non differisce, quindi, da ciò che già aveva detto Aristotele. Egli non se ne discosterà mai, e meno che meno nel suo capolavoro conclusivo (cfr. Halleux 1974, pp. 211-213).

Occorre tenere conto, per valutare correttamente il contributo innovativo di Agricola, che il *De re metallica* fu impostato da lui, che lo aveva in mente da almeno un quindicennio, cominciando proprio nel 1546⁶⁷ e quando già aveva a

⁶⁵ La traduzione è impaginata secondo l'uso prevalente a Venezia alla metà del Cinquecento, così come abbiamo già visto col volume della *Pirotechnia*. Tutti i trattati hanno le carte numerate in alto a destra solo sulla facciata anteriore (r) e sono senza alcun numero in quella posteriore (v). Benché i trattati siano cinque, la numerazione prosegue dall'uno all'altro senza interruzione. Inoltre, non sono numerati i proemi, le dediche e alcuni fogli accessori per cui il volume, che termina alla carta numerata 467, è costituito in realtà, secondo l'uso attuale, di 1007 pagine stampate.

⁶⁶ Questa non è una definizione testuale, ma è il mio sommario di una discussione che Agricola intavola, nel quinto libro del *De la generatione di quelle cose che sotto la terra sono* (cc. 66-85), contro tutti i filosofi e gli alchimisti di cui ha conoscenza e in cui fa prevalere la propria opinione traendone gli argomenti soprattutto da Aristotele.

⁶⁷ Nella presentazione del *De li metalli antichi e moderni*, dopo aver lamentato che «*quel poco, che ne la nostra scritto si trouava in questa materia, l'intendeuano solamente i Germani*» (traduzione italiana del 1550, c. 391r [questo è un chiaro riferimento al manualetto di Rülein von Calw]), Agricola espone il suo piano di lavoro e scrive che «*Doppo i quali duo libri [scil. sui metalli antichi e moderni] ne seguiranno altri dodeci De le cose metallice; doue mostrerò i modi di ritrouare le uene, da cauarle, da lauarle,*

disposizione il trattato di Biringuccio, inviatogli dall'amico veneziano Francesco Badoer⁶⁸: egli lo ammette, ma non specifica come e in che misura ne tenne conto, anzi tende a minimizzarlo. Nel presentare il suo grande trattato finale in 12 libri ai duchi di Sassonia, infatti, così scrive:

*«Poco ha eziandio, che Vannoccio Biringuccio da Siena, huomo dotto et isperimentato in molte cose, fece un libro in lingua Italiana, nel quale ha trattato del modo di fondere spartire, et congiugnere insieme i metalli. Ha eziandio con brevità trattato del modo di cuocere alcune vene, et piu chiaramente ha dichiarato e mostrato il modo di fare alcuni sughi: e quando io lessi queste sue cose, mi tornarono a mente quei che già vidi fare in Italia: ma l'altre cose che io scrivo, o egli non l'ha punto tocche, o leggiermente.»*⁶⁹

Agricola datò 1° dicembre 1550 la sua prefazione del *De re metallica*. Aveva avuto, dunque, già quattro anni di tempo almeno per reimpostare il suo libro in modo di cercare di colmare le lacune presenti nella sua bozza iniziale facendo buon uso di ciò che leggeva nel trattato di Biringuccio; non solo, ma di trarre anche da quello di lui tutti gli argomenti in cui egli stesso era poco a conoscenza. Lo fece senza citarlo⁷⁰: di fatto, alcuni lunghi passi del *De re metallica* sono una parafrasi, altri una pura e semplice traduzione della *Pirotechnia*⁷¹; inoltre almeno otto delle tavole che illustrano il suo trattato sono ispirate o direttamente copiate dalle tavole presenti in essa⁷². Nel complesso, però, bisogna riconoscere che, tra

da cuocete, & in effetti tutto l'artificio di fare i metalli, e i sughi congelati, e ui ragionero de le machine metalliche e di molte altre cose» (ivi, c. 391v). Preannuncia cioè ciò che esporrà nel *De re metallica*, che evidentemente aveva già in gestazione prima del 1546.

⁶⁸ Funzionario statale e nobiluomo (1507-1564) ebbe una lunga carriera politica, tra cui spicca l'ambasceria presso l'imperatore Carlo V che lo condusse a essere presente alla dieta di Augusta del 1548, durante la quale forse incontrò Agricola, che egli già conosceva dai tempi (1524-1526) in cui questi viveva in Italia per conseguirvi il dottorato e lavorava a Venezia presso Aldo Manuzio il giovane a preparare edizioni di classici greci.

⁶⁹ Riporto qui la traduzione del Florio (1563, p. 4 n.n.).

⁷⁰ Questo modo di agire non era affatto inconsueto nel Cinquecento, quando ciò che era stato scritto da un qualsiasi autore, una volta pubblicato, diventava un bene comune a meno che egli non godesse di un privilegio di breve durata che ne proibisse la ristampa. L'autore non era citato se non quando e dove si voleva criticarlo. La consuetudine era che un testo scientifico fosse tanto più apprezzato quanto più dimostrava di conoscere e aver assimilato quanto era stato scritto in precedenza sullo stesso argomento, senza necessariamente far risaltare chi ne era stato l'autore originale.

⁷¹ Il riconoscere quali siano le pagine tradotte non è cosa del tutto semplice: Florio sembra quasi dilettersi a trascrivere nel miglior fiorentino di cui poteva disporre il testo concepito e steso in rozzo senese da Biringuccio.

⁷² Cfr. 'Appendice iconografica' p. n.n. (ma LVII) dell'introduzione a cura di Adriano Carugo alla riproduzione anastatica 1977 dell'edizione 1540 del trattato di Biringuccio.

le informazioni riprese da Biringuccio e le aggiunte sue proprie, Agricola scrisse un trattato destinato a durare perché alla sua epoca doveva considerarsi completo sotto tutti gli aspetti dell'Arte mineraria, della Minerurgia e della Metallurgia: poteva facilmente scalzare, quindi, il testo un po' abborracciato che Curtio Navò aveva pubblicato a Venezia nel 1540 senza la revisione finale dell'autore. Così fu, di fatto, per il circuito dei lettori dotti e degli imprenditori minerari non solamente del suo tempo ma per almeno due altri secoli, pur nelle differenze di fondo che i due testi mantengono, ma non lo fu in quello degli effettivi operatori coi metalli e per i lavoratori nelle miniere.

La prima notevole differenza che si rileva (dopo quella, già molto cospicua, del formato: *in folio* contro *in-4°*) è nella grafica: la prima edizione della *Pirotechnia* è fittamente stampata in carattere semi-gotico, è priva di capoversi e mostra le numerose abbreviazioni tipiche dei manoscritti medievali; viceversa *L'arte de metalli* è stampata in un elegante carattere tondo⁷³, accuratamente calibrata nella distribuzione dei capoversi e delle figure, che hanno le loro didascalie in un corsivo di tipo aldino. Vi è un'abissale differenza di leggibilità, tra le due opere, e questa differenza, inevitabilmente, si traduce anche in un diverso livello di comprensione intellettuale.

La seconda, più sostanziale differenza è di carattere epistemologico e riguarda anche il contenuto (Vergani 2008, p. 467). La *Pirotechnia*, dopo un esauriente proemio epistemologico, va direttamente ai metalli, ai 'mezzi minerali' e al modo di saggiarli, senza troppo indulgere in descrizioni né sui luoghi in cui si trovano le miniere, né sui mezzi usati per configurarne la struttura sotterranea né sugli strumenti utilizzati dai prospettori e dai minatori. Questo fa, invece, *L'arte de metalli* che, dopo aver dedicato la prima parte all'estrazione dal sottosuolo in tutti i suoi aspetti, da quelli tecnici, in cui si descrive posizione e orientazione delle gallerie e dei pozzi, a quelli giuridici sui diritti dei proprietari del terreno a quelli organizzativi sulla distribuzione degli incarichi di lavoro (Fig. 6), solo dal libro VII in poi passa alla Metallurgia. Anche qui, però, la descrizione degli strumenti precede quella delle strutture operative e dei processi conseguenti, mentre la parte tecnica riprende (anzi copia, in certi passi anche piuttosto lunghi) il trattato di Biringuccio. Bisogna riconoscere, ancora una volta, che i passi copiati, tradotti in latino da Agricola e ritradotti in italiano dal Florio, risultano al lettore italiano moderno di comprensione più immediata di quelli originali, così come di qualità molto più nitida sono le figure, anche quando sono imitate da quelle del libro di Biringuccio. Indubbiamente, *L'arte de metalli* appare essere un libro più esauriente della *Pirotechnia* anche nella parte iconografica che, per un lettore

⁷³ Si noti che il passaggio al carattere tondo, o Romano, avviene tanto per l'edizione latina del 1556 quanto per quella italiana del 1563, entrambe stampate a Basilea dai Froben. Faccio un uso indiscriminato o dell'una o dell'altra perché la traduzione di Michelangelo Florio è veramente molto rispettosa dell'originale.

poco informato sul trattamento dei metalli, contribuisce in misura non trascurabile a facilitare la comprensione del testo.



Fig. 6 – Il duplice modo di operare di coloro che ricercano minerali metallici. Il prospettore A va alla ricerca di metalli utilizzando la bacchetta da raddomante; il minatore B scava una buca da cui estrae materiale che passa a un compagno per l'esame e l'eventuale cernita (Agricola 1563, libro II fig. n.n. p. 28).

Va osservato, in aggiunta, che l'impostazione delle figure iniziali del *De re metallica* (e per conseguenza anche de *L'arte de metalli*) appare riprendere e integrare non solo quella della *Pirotechnia*, ma anche quella del *Bergbüchlein* di Rülein von Calw (Fig. 7). Si riporta, quindi, alla tradizione mineraria tedesca, distaccandosi nettamente (e di proposito) dalla più succinta e diversamente orientata *Pirotechnia*. Il manuale di Biringuccio presenta, invece, una più significativa affinità con il *Probierbüchlein* di un ignoto autore tedesco, pubblicato per la prima volta nel 1524, che è molto più incline ai procedimenti alchemici che, in un certo qual modo, indirizzano alla Metallurgia, ossia alla seconda parte di entrambi i trattati qui posti a confronto.



Fig. 7. L'armamento di una miniera in sotterraneo. Tre pozzi verticali, il primo dei quali (a sinistra, C) non raggiunge ancora la galleria neanche con l'aiuto di una scala; il secondo (al centro, B) invece la raggiunge tanto che il minatore può permettersi di allungarla diagonalmente mentre l'aiutante porta il materiale sterile verso l'uscita (D) utilizzando una carriola; il terzo (a destra, A) è ancora nella fase di approfondimento e richiede l'estrazione in superficie del materiale di risulta, utilizzando un verricello azionato a mano (Agricola 1563, libro V fig. n.n. p. 72).

Tutto ciò spiega come e perché il *De re metallica* abbia avuto una circolazione molto lunga e molto vasta nell'originale stesura in latino accessibile a tutt'Europa, durante tutto il Rinascimento e anche oltre, nei paesi in cui il latino rimase a lungo la lingua d'insegnamento dell'università. Non ebbe analogo successo la sua traduzione in italiano: *L'arte de metalli* non fu né riedita né ristampata. Diede, però, un importante contributo allo sviluppo della lingua inglese, per certi aspetti addirittura sorprendente. Il figlio di Michelangelo, John Florio (1553–1625), nato a Londra da una sconosciuta donna inglese anche se educato fin da infante in una valle italiana⁷⁴, nel compilare nel 1598 il primo vocabolario della lingua inglese (*A Worlde of Wordes*), utilizzò come neologismi termini minerari e metallurgici mutuati dalla traduzione italiana del padre di preferenza rispetto a quelli latini del testo originale di Agricola. Ciò fece anche nell'aggiornarmento che eseguì poi e che lo portò a pubblicare quel *Queen Anna's New World of Words*, stampato a Londra nel 1611, che è, in assoluto, il primo vocabolario completo di una lingua europea moderna. Precede, infatti, di un anno la prima edizione del *Vocabolario degli Accademici della Crusca* (Venezia 1612). A ben vedere, è grazie ai due Florio se termini minerari originariamente toscani sono ora presenti nella lingua internazionale.

Ciò fu reso possibile dal fatto che stampatori di lingua tedesca affidarono a uno di loro, il padre, di tradurre il trattato di un altro tedesco (che, per altro, lo aveva scritto in latino per un pubblico colto), anche se poi esso ebbe pochi riscontri quando fu portato nell'ambiente italiano ormai orientato alla quieta vita di campagna dopo oltre mezzo secolo di guerre continue.

Di contro, durante il Cinquecento la *Pirotechnia* ebbe tre altre edizioni. Dopo la *princeps* del 1540 in carattere semi-gotico, due sono in carattere veneziano, la prima tondo e la seconda corsivo (1550 e 1558) e hanno lo stesso formato in-4° con le 82 nitide figure incise in un'ottima xilografia. Questo è il formato umanistico "portatile" o "popolare", nella dizione di Armando Petrucci (1969, p. 296). Quasi contemporaneamente alla terza edizione, ce ne fu una quarta⁷⁵ stampata tutta in tondo, ma in-8° e con le xilografie tanto ridotte e semplificate da risultare quasi incomprensibili. Un buon numero dei potenziali lettori, dunque, non era interessato alle belle figure, ma piuttosto alla maneggevolezza del volume che essi consultavano anche quando lo portavano in miniera o in laboratorio.

Ciò che, inoltre, manca al bel testo in fiorentino di Michelangelo Florio e che non ne facilitò la diffusione in Italia è un tentativo d'interpretazione ulteriore dei fenomeni osservati, in particolare durante il trattamento dei materiali col fuoco.

⁷⁴ Michelangelo Florio, fuggito dall'Inghilterra all'avvento della cattolicissima, bigotta e vendicativa Maria I Tudor (1516-1558), regina dal 1553, portò con sé il figlio neonato e si stabilì come pastore protestante a Vicosoprano in Val Bregaglia, dove predicava in italiano (ossia in fiorentino, sua lingua madre) anche se gli abitanti della zona parlavano (e tuttora parlano) un dialetto lombardo.

⁷⁵ Il frontespizio di questa edizione riporta la data 1558, mentre il colofone quella 1559.

In questa parte, che è quella propriamente metallurgica, l'autore del testo originale, Agricola, dipende completamente da Biringuccio e non compie passi avanti rispetto a lui, anzi in qualche tratto omette informazioni importanti o perfino le fraintende e dà notizie tecniche sbagliate, anche se espresse in una miglior forma linguistica.

Agricola, a differenza di Biringuccio, aveva ricevuto una approfondita educazione umanistica che lo portava a seguire acriticamente le opinioni di Aristotele, che però, ormai, non erano più in grado di spiegare quanto si osservava nella realtà industriale del tempo, anche se essa era ancora poco avanzata⁷⁶. Biringuccio, invece, poco versato in Aristotele (anche se ne accetta i principi fondamentali) ma a conoscenza delle tecniche e dei progressi dell'Alchimia, pone in discussione su una base chimica ancora rudimentale i vari stadi del processo metallurgico che sta descrivendo e, in una certa misura, ne dà un'interpretazione che può soddisfare il lettore, soprattutto in un periodo in cui erano in voga i testi semplificati degli 'scrittori dei segreti' (cfr. Eamon 1994). In particolare, è indicativo in tal senso il confronto tra i preamboli ai singoli libri delle due opere: nella *Pirotechnia* essi contengono le considerazioni epistemologiche più innovative e interessanti; *L'arte de metalli* ha preamboli che sono privi di qualsivoglia vigore scientifico o polemico.

Gli editori Froben di Basilea, che pubblicarono nel 1556 l'originale latino del *De re metallica*⁷⁷, dovettero probabilmente valutare che la sua traduzione avrebbe facilmente sostituito il trattato di Biringuccio nel fiorente mercato librario italiano, pur se il formato *in folio* (resosi necessario per poter riutilizzare le xilografie dell'originale latino)⁷⁸ ne aumentava il costo e non ne rendeva agevole la consultazione. Si sbagliarono. *L'arte de metalli* risultò un 'libro da banco' edito per l'imprenditore minerario, che sta fuori dalla miniera o dall'impianto in un alloggio comodo dove la consultazione su un leggio apposito di un costoso e volumi-

⁷⁶ L'evidenza di ciò si osserva bene a p. 511 (o a p. 477 dell'originale latino). Agricola elenca gli autori di cui si è servito per compilare il libro sugli animali sotterranei: nessuno di loro è un contemporaneo (sono tutti Greci o Romani; il più recente è Alberto Magno!) quando nel 1551 a Francoforte sul Meno già era stato pubblicato il grande trattato con cui Adam Lonitzer (*Lonicerus*: 1528-1586) poneva le basi di tutti i campi della sistematica naturalistica. Non c'è un analogo elenco all'inizio de *L'arte de metalli*, e perciò non esiste nessun riferimento a Biringuccio, da cui sono copiati numerosi passi.

⁷⁷ Un anno dopo l'edizione latina i Froben ne pubblicarono la traduzione in tedesco, eseguita da Philipp Bech (*Vom Bergkwerck XII Bucher*). Il numero di pagine molto minore (486 p.) si deve al fatto che omisero le figure, probabilmente riducendo le spese di stampa, ma così ne fu indebolito l'interesse degli acquirenti.

⁷⁸ Nella classificazione di Armando Petrucci (se è ammesso estrapolare in avanti fino alla metà del Cinquecento una classificazione che si riferisce alla seconda metà del Quattrocento) è un formato «umanistico “da banco”...destinato a biblioteche di dotti o di signori protettori di dotti» (Petrucci 1969, p. 297).

noso trattato è pienamente possibile. La *Pirotechnia*, invece, col suo piccolo formato di costo moderato, è un ‘libro da bisaccia’ adatto al sorvegliante, che è all’interno dell’impianto semi-industriale, in un luogo più o meno scomodo da cui può però controllare e dirigere il lavoro dei minatori o degli operatori. Infine, l’edizione in-8° pubblicata nel 1559 è un vero e proprio ‘libretto da mano’ (Petrucchi 1969, p. 297), consultabile perfino da chi è sul fronte d’abbattimento, oppure di fronte alla bocca del forno: se anche il libro si fosse bagnato nell’umida galleria della miniera oppure fosse rimasto bruciacciato dal calore dell’impianto metallurgico, non ne sarebbe derivata una perdita tale per cui valesse la pena di lagnarsi troppo.

Tra i pochi imprenditori minerari e i numerosi praticanti attivi c’è un abisso di disponibilità finanziaria: i primi poterono facilmente permettersi l’acquisto del testo originale di Agricola o la traduzione di Florio, pubblicati con grande spesa a Basilea; i secondi si accontentarono di uno di quelli di Biringuccio pubblicati a Venezia, tutti più economici. Alcuni tra loro, al più, quando uscivano dall’impianto per andare a rapporto, occhieggiavano una particolare figura più informativa nella copia della traduzione di Florio posseduta dal padrone dell’impresa, oppure sul *De natura fossilium*, un’altra opera del grande scienziato tedesco che era già stata tradotta in italiano in un’edizione ‘da bisaccia’ (Agricola 1550). Nel ristamparne l’originale latino (Agricola 1558²), gli editori Froben si erano preoccupati di aggiornare un punto in cui vi era un’informazione sull’ottone che, per un’inesplicabile omissione, l’autore tedesco non aveva tratto dal trattato del metallurgo senese e che pure sembrava opportuno far apparire, almeno nell’edizione che sarebbe circolata a livello internazionale. Poiché l’anonima traduzione italiana dei cinque libri pubblicata a Venezia nel 1550 non ebbe ristampe, questo breve passo non è mai stato disponibile agli studiosi italiani di scienze minerarie e metallurgiche. Se lo fosse stato, essi avrebbero avuto la conferma che, almeno per certi argomenti metallurgici, il manuale di Biringuccio era più utile della traduzione del trattato di Agricola.

5 – DOPO BIRINGUCCIO E AGRICOLA: FERRANTE IMPERATO

Nella seconda metà del XVI secolo non mancò certo chi si interessò della materia inorganica naturale (i minerali e le rocce), ma essa fu vista o sotto l’aspetto alquanto limitativo di parte basilare della realtà naturale di cui bisogna comunque tenere conto nel tentativo di ricostruire l’intero *Theatrum naturae* oppure, se bella, come elemento decorativo per abbellire se stessi (le gemme) e il luogo in cui si vive (le pietre ornamentali) o il monumento in cui si è sepolti al termine della vita (i marmi) oppure ancora in quello, interessante ma più limitato, di ingredienti da associare alle erbe medicinali per curare il corpo (Mottana 2013, pp. 215-241). Notevolissima fu la raccolta bolognese di Ulisse Adrovandi, anche

se la sua consistenza fu resa nota solo nel secolo successivo (Ambrosinus 1648; cfr. De Bellis 1999; Olmi 2001).

Le abbondanti scoperte casuali di ricchissime miniere in Messico e in Perù, dopo che le depredazioni dei templi e delle tombe avevano portato già a un flusso incessante di importazione transatlantica di metalli già raffinati (Cipolla 2002) fecero sì che l'interesse degli imprenditori europei e, più in generale, di tutti coloro che operavano con materiale inorganico in Europa si spostasse dalla ricerca dei minerali utili (e di quelli metalliferi in particolare) a quella dei minerali rari e strani. Si verificò, di fatto, il fenomeno già lamentato e condannato da Biringuccio: chi poteva, non voleva più rischiare il proprio denaro nell'impresa mineraria (al più, un imprenditore accorto si dava alla costruzione di impianti metallurgici nuovi e migliorati, con i quali poteva perfino raffinare ulteriormente il metallo proveniente dalle Americhe) e preferiva investirlo in oggetti da patrimonializzare.

Questo mutamento d'interesse nella società più abbiente, anche se non la più avanzata culturalmente, porta inevitabilmente alla *Wunderkammer*, ossia alla collezione di meraviglie, di cui i minerali sono solo una parte, ma sono sempre presenti, anche quando non sono ben esibiti o sono chiusi nei cassetti di uno stipo. Fa storia a parte, dal punto di vista tanto culturale quanto amatoriale, l'immutato interesse per le gemme, anche se, nel rinnovo della mentalità scientifica, esse persero il loro valore di talismani e amuleti, ma lo conservarono – anzi lo aumentarono – come minerali non solo rari, ma anche molto belli, il cui possesso garantisce un sicuro mezzo d'ostentazione, oltre che di tesaurizzazione (Mottana 2006).

Per tutti questi motivi, quindi, dopo quello tradotto da Michelangelo Florio (1563) e per tutto il Cinquecento non furono più pubblicati in italiano trattati di Arte mineraria o Minerurgia o Metallurgia (benché queste arti continuino ad essere praticate e anzi, fruendo di uno dei due trattati di base già pubblicati quando non di tutti e due, esse si sviluppano sempre di più, ma solo in distretti a ciò favoriti dalla natura). Si pubblicarono, piuttosto, testi latini pieni di riferimenti eruditi ma spesso del tutto incoerenti, soprattutto sulla natura stessa delle 'pietre' («*lapides*») che intendono descrivere, come quello di Gerolamo Cardano, che ebbe più rielaborazioni tra il 1550 e il 1560 (in Nenci 2004) e quello, per altro meno immaginoso, di Andrea Cesalpino (1596).

Ciò non significa che non si facessero esperimenti per migliorare tanto il reddito delle miniere quanto il trattamento dei minatori. Sembra accertato che sia stato in Italia che per la prima volta si sia tentato l'uso della polvere da sparo⁷⁹

⁷⁹ La 'polvere nera' o 'pirica' è un miscuglio granulare di carbone, zolfo e salnitro (nelle proporzioni 1:1:6) con talora qualche additivo per migliorarne la resa riducendo intanto il rischio di uno scoppio accidentale. Era un'invenzione cinese che era stata usata da loro per scopi ludici (i fuochi artificiali), ma che, una volta importata in Europa, divenne fondamentale nell'arte della guerra, sia per il caricamento di cannoni, bombarde, archibugi

per demolire rocce particolarmente dure che si ritenevano ricche di metallo oppure che rappresentavano un ostacolo al raggiungere gli orizzonti metalliferi. Questo primo esperimento sarebbe stato eseguito nel 1574 circa nel distretto piombo-zinco-argentifero dell'Alto Vicentino, presso Schio e ne sarebbe stato autore un certo Giovanni Battista Martinengo⁸⁰, il quale aveva assicurato che col suo metodo si sarebbe ottenuto un beneficio maggiore di altri. Il documento che lo testimonia è una relazione in data 27 febbraio 1594 del Vicario generale alle miniere della Repubblica Veneta, Filippo de Zorzi⁸¹, fortemente critica sull'uso della preziosa polvere per finalità diverse da quelle militari (Lynch 2002, p. 66). Questa relazione è indirizzata agli «*Illustrissimi et Ecc.mi Sig.i Savij et Esecutori sopra l'Acque*», ossia alla magistratura veneziana competente per ogni operazione che potesse modificare il territorio e, dopo una premessa sulla situazione dei lavori minerari in corso nel Vicentino, dice:

«l'anno 1573 - 23 dicembre supplicò al Suo Ecc.mo Consiglio de X.ci⁸² un certo nominato Giovanni Battista Martinengo et ne ottenne un privilegio, che altri che egli non potesse lavorare in tutte le Miniere di Vicentino sotto gravissime pene per lo spatio di anni 25 con obbligo di pagar in loco di 10, il 12 per cento, di modo che tutti quelli che attendevano a tal'opera, impediti da tal prohibitione, convennero attendere ad altro assercitio, o abbandonar il paese come fecero molti, massime che questo huomo non lavorava, con far le sue cave, armarle et a poco a poco cavar fuori la materia, come si costuma per ordinario di fare, ma con estravagante modo, facendo un picciol foro nel sasso della montagna con la polvere dell'artiglieria, voleva aprire per forza et spezzare il monte, et così scoprire quello che là dentro vi si stava nascosto, nel che havendosi affaticato qualche anno inutilmente, veduto mancarsi la speranza di poter riuscire, si partì».

Tuttavia, se in Italia non si permisero altri esperimenti del genere, è certo che la polvere da sparo nel 1617 era usata nella miniera di rame di Le Thillot, nei Vosgi,

ecc., sia per demolire le opere di difesa del nemico tramite fori da mina accuratamente scavati e riempiti (Vergani 2003, 2009).

⁸⁰ Il cognome non è veneto, ma bresciano, il che lascia arguire che un simile uso dell'esplosivo si faceva già nelle miniere di ferro delle valli bresciane. D'altra parte, non potrebbe spiegarsi se non con una lunga esperienza tradizionale l'estrema specializzazione dei ferri da mina descritti e rappresentati da M.A. Della Fratta et Montalbano (1678, figura a p. 14: Fig. 8).

⁸¹ Questa relazione non è mai stata pubblicata integralmente, ma solo in piccola parte (Seguiti 1969).

⁸² La supplica (ossia richiesta di privativa) è conservata nell'Archivio di Stato di Venezia: Consiglio dei Dieci, Comuni, filza, 1573, 18 dicembre.

che dal 1550 al 1730 apparteneva al duca di Lorena⁸³ (Hollinger-Short 1985, p. 32) e che nel 1627 un certo Kaspar Weindl, un minatore tirolese che era stato impiegato dal granduca di Toscana nella ricerca mineraria nelle Colline Metallifere (Vergani 2003), fece richiesta di una concessione a tal fine a Schemnitz⁸⁴, una città dell'Ungheria in cui stava sorgendo una delle più importanti scuole minerarie d'Europa fondandosi sull'esistenza secolare di un agglomerato di minatori tedeschi. Per ottenere l'autorizzazione a usare la polvere pirica, Weindl ne fece una dimostrazione alla presenza delle autorità locali, col risultato che in pochissimo tempo il suo ritrovato si diffuse in tutte le miniere dei Carpazi (Hollinger-Short 1983, pp. 113-114). Questo dimostra che, nella nuova mentalità tipica del Rinascimento, non solo le pratiche minerarie di gruppo, come nel caso delle gilde del Medioevo, ma anche quelle delle singole persone apportatrici di innovazioni erano in piena circolazione in Europa (Brianta 2007).

La disponibilità di minerali belli o strani nelle forme, resa possibile dall'estrazione nelle miniere spiega, in parte, l'esistenza stessa di una *Wunderkammer* in ogni palazzo della buona società. Questa richiedeva anche la preparazione di un catalogo descrittivo, ma ciò divenne una pratica comune solo nel Seicento. Tra i più importanti volumi stampati allora furono quelli che prima Benedetto Ceruti e Andrea Chiocco (1622) e poi Bartolomeo Ambrosini (1648) dedicarono rispettivamente alle raccolte di Francesco Calzolari a Verona e di Ulisse Aldrovandi a Bologna. Questi cataloghi sono solo informativi e unicamente per pezzi veramente eccezionali riportano l'immagine dell'oggetto descritto permettendoci una verifica *a posteriori* della sua natura, perché il nome allora assegnato al materiale⁸⁵ è cambiato nel tempo seguendo più le imperscrutabili leggi della linguistica d'invenzione che quelle di una razionale nomenclatura scientifica.

Un catalogo che avrebbe giovato enormemente all'avanzamento della scienza, ma che poté essere stampato solo all'inizio del Settecento (1714-18) per cura di Giovanni Maria Lancisi, che recuperò tutte le 117 splendide calcografie che erano state eseguite già tra 1572 e 1581, è la *Methalloteca vaticana* di Mi-

⁸³ I francesi rivendicano la priorità dell'applicazione mineraria della polvere da sparo proprio sulla base della documentazione presente nell'archivio del ducato di Lorena di un considerevole acquisto in quella data di polvere non giustificabile se non con lavori minerari.

⁸⁴ Ora Banská Štiavnica (in [ungherese](#) Selmécbánya), città della Slovacchia già facente parte del regno di Ungheria e popolata dal XII secolo da minatori tedeschi specializzati nell'estrazione dell'oro e dell'argento. Dal 1735 al 1918 fu la sede di un'importantissima università mineraria che rivaleggiava con quella tedesca di Freiberg.

⁸⁵ Il nome è pubblicato normalmente in latino, nelle didascalie e nei testi di autori dotti, anche se cominciano a comparire, soprattutto nei testi toscani, denominazioni italiane già usate fin dal Medioevo e, talvolta, rimaste più o meno inalterate finora (Mottana 2006, pp. 7-12).

chele Mercati (cfr. Accordi 1980). Tuttavia, molti cataloghi quasi altrettanto importanti rimasero manoscritti, soprattutto se scritti in italiano oppure sotto forma di elenchi in inventari notarili compilati durante passaggi di beni ereditari. Solo alcuni, tra essi, saranno stampati a metà dell'Ottocento o nel Novecento (Mottana 2006, pp. 14-15).⁸⁶

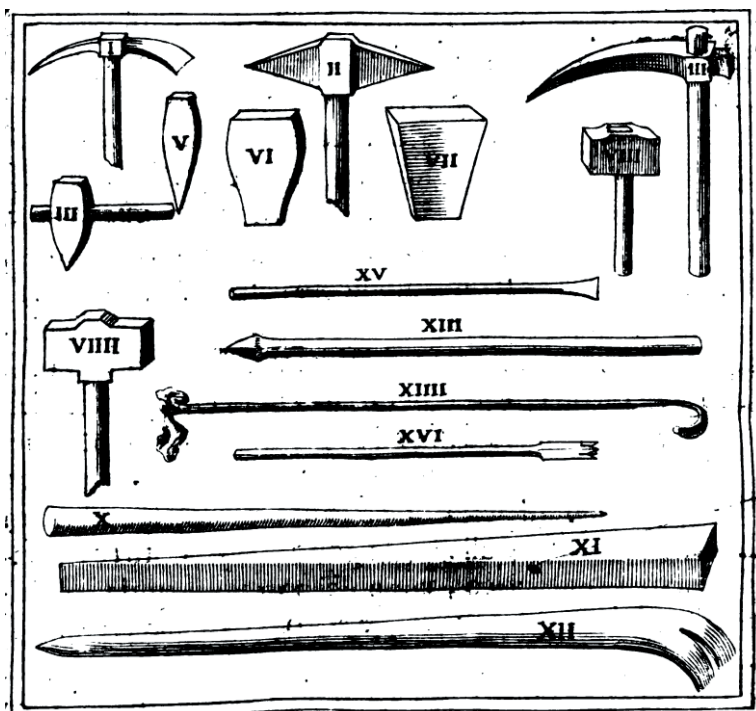


Fig. 8 – Strumenti in uso dai minatori specializzati nei lavori da mina per preparare l'alloggiamento della polvere pirica (Della Fratta et Montalbano 1678, fig. n.n. p. 14).

⁸⁶ Il più influente tra questi testi, anche se rimase inedito nei secoli fino a Novecento inoltrato, è la *Istoria delle pietre* del fiorentino Agostino del Riccio (1541-1598). Dei nomi delle pietre ornamentali e delle informazioni tecniche contenute in questo manoscritto, che è datato 1597, si avvalsero, infatti, i costruttori della Cappella dei Principi a Firenze e l'Opificio delle Pietre Dure, a questa collegato e diretto esecutore della tradizionale attività tutta fiorentina dei "commessi", che resero notevoli benefici diplomatici e anche politici alla seconda dinastia medicea. Il manoscritto fu riportato alla luce da Paola Barocchi, che ne curò la stampa anastatica (1979). Successivamente fu trascritto e stampato a cura di Raniero Gnoli e Attilia Sironi (1996).

Un solo testo scritto in italiano ebbe la fortuna di essere stampato proprio a fine secolo (1599): è quello del farmacista napoletano Ferrante Imperato (ca. 1530-ca. 1625). Il suo Museo non fu svalutato dai contemporanei, anzi era assiduamente frequentato e rimase in vita fin quasi alla metà del Seicento (Stendardo 2001), mentre il trattato rimase poco noto, forse proprio perché era steso in italiano invece che in latino o forse perché l'autore stesso, ormai vecchio, era riluttante a favorirne la diffusione e si preoccupava piuttosto di farne dono solo a pochi amici sicuri⁸⁷. Il libro contiene, però, oltre alla prima traduzione italiana del trattato di Teofrasto sulle pietre eseguita su un archetipo che presenta alcune variazioni rispetto alla *editio princeps* mandata in stampa da Aldo Manuzio nel 1497 (Mottana 2010, p. 10), anche un certo numero di figure di minerali (e.g., agata muschiata a p. 663; quarzo a p. 784) e di fossili (e.g., *Burcardia* a p. 666; corallo a p. 719) che saranno riprese tal quali da autori successivi in quanto sono vanti di ogni *Wunderkammer*⁸⁸.

6 – CONCLUSIONI

Il secolo XVI era iniziato aderendo in pieno, anche per quanto riguarda la natura, l'origine e il numero stesso dei metalli, alle dottrine di Aristotele, interpretate e divulgate da Sant'Alberto Magno: sette sono i pianeti e sette sono i metalli; tutti gli altri materiali lapidei sono 'semi metalli' oppure semplici pietre, che assumono importanza solo se 'figurate' ossia presentano segni in superficie che ne dimostrino l'influenza astrale e l'utilità come talismani o amuleti. Lo stesso secolo termina con un obiettivo completamente nuovo: dare un nome e classificare l'immensa varietà di sostanze (e qui mi limito alle sole sostanze solide

⁸⁷ Vi è un'altra spiegazione della scarsa diffusione del trattato di Imperato e di questa si fa promotore un filologo tedesco di due generazioni più tardi: Vincenz Placcius (1642-1699), in occasione di una ristampa di *Dell'Historia naturale* effettuata a Venezia nel 1672. Egli scrisse (Placcius 1674, p. 213) che il vero autore di esso non fu Ferrante Imperato, ma che egli l'aveva comprato, già scritto e quasi pronto ad andare in stampa, da Colantonio (= Nicola Antonio) Stelliola, un intelligentissimo ma povero scienziato, per 100 scudi. Ho già avuto modo di contestare con una serie di osservazioni interne al testo questa maligna diceria, che trova credito solo in chi non sia a conoscenza che nella farmacia dell'Imperato si riunivano i migliori scienziati napoletani del secondo Cinquecento, come Fabio Colonna, Bartolomeo Maranta e Nicola Antonio Stelliola, appunto, tutti lieti di fornire informazioni al loro generoso ospite, che le teneva per sé e che solo sotto la pressante azione del figlio Francesco si decise a ordinarle e mandarle in stampa (Mottana 2010, 2011).

⁸⁸ La pagina doppia che riproduce in un'incisione a bulino la stanza in cui è esposta la collezione di meraviglie di Ferrante Imperato è la prima rappresentazione a stampa conosciuta di una Wunderkammer. Solo impropriamente certi testi stranieri enfatizzano la caligrafia in cui è rappresentato il Museum Wurmianum, databile al 1655.

estratte dalle miniere) che si erano andate scoprendo nei distretti metalliferi europei (e anche in quelli americani).

Il relativamente breve intervallo di tempo (un secolo) vede, in Italia, la rapida nascita, lo sviluppo (due decenni) e l'altrettanto rapido declino della trattatistica relativa all'Arte Mineraria, alla Minerurgia e alla Metallurgia. Dopo il trattato di Vannoccio Biringuccio e la traduzione di quello di Giorgio Agricola, entrambe esaustive, nella loro complementarità che supera le inevitabili ripetizioni sul trattamento a fuoco dei minerali metallici e sull'apparato sotterraneo delle miniere, nessun uomo di cultura affrontò più questi argomenti, considerati sporchi oltre che faticosi⁸⁹. I lavori sicuramente continuarono nelle numerose miniere europee e americane; le tecniche minerurgiche e metallurgiche migliorarono, ma, durante il secolo XVII, non in modo così consistente che si sentisse il bisogno di un'ulteriore messa a punto, se non nelle regioni più promettenti come furono le Prealpi Bergamasche e Bresciane. Nacque, invece, una caccia sfrenata a raccogliere e accumulare stranezze, tanto mineralogiche quanto botaniche e zoologiche, che comportò il bisogno di creare una nuova nomenclatura. Quella mineralogica fu, almeno in parte, aderente alla classificazione già sviluppata da Agricola (1546), mentre in altra parte fu basata su principi differenti, mutuati dalla alchimia nei suoi aspetti più affidabili che si trasferiranno alla nascente chimica.

Il Cinquecento, pur con le sue fasi di rapida ascesa scientifica e di altrettanto rapido declino, rappresenta, quindi, l'epoca in cui coloro che si dedicavano alla *philosophia naturalis* decisero di abbandonare i pregiudizi ereditati dal medioevo e di interpretare i fatti osservati in base alle loro dirette esperienze. Non porta alla 'Rivoluzione scientifica', che avverrà solo all'inizio del Seicento sulle base di osservazioni esterne al pianeta Terra e di una matematizzazione degli esperimenti, ma porta a una nuova disponibilità a tener conto della natura inanimata terrestre così come essa effettivamente è, e non come era stata immaginata da

⁸⁹ Il primo nuovo trattato in italiano di argomento minerario sarà quello di Ottavio Brembato (1663), che trarrà molto se non tutto il suo materiale non solo da quello di Biringuccio, ma anche da quelli latini di Giorgio Agricola, dimostrando quanto il settore si fosse poco evoluto nel corso del secolo che lo separa da quelli. Unico avanzamento è nell'ortografia, che si avvicina di più all'attuale. Un decennio dopo Marco Antonio Della Fratta et Montalbano scriverà un trattato di più ampio respiro (1678), in cui si permetterà di fare critiche a Biringuccio e ad altri suoi predecessori accampando una maggiore esperienza nelle tecniche estrattive e nel trattamento metallurgico dei metalli estratti. Tra i due si inserisce un trattatello dal nome strano, scritto da Giovan Battista Marengo (1673), stampato in-12° e quindi in formato 'da cantiere', che utilizza i progressi della chimica per valutare il prodotto delle miniere e, quindi, assume un po', per i lettori italiani, il ruolo che aveva avuto, per i lettori tedeschi, il *Probierbüchlein*; ruolo che, invece, non aveva saputo assumere, se non in parte, la *Pirotechnia* di Biringuccio, rispetto alla quale il libretto costituisce uno stringato, ma sicuro (almeno per certi settori) elemento di progresso.

Aristotele e, per la fama da lui guadagnata, era stata avallata dalla chiesa attraverso la Scolastica. L'Italia, con le sue limitatissime risorse minerarie, non sarà più il punto di riferimento per questo tipo di scienza applicata. Lo diventeranno Svezia, Inghilterra e Germania (Lynch 2002, p. 113). Da qui allora partiranno soprattutto verso il Sudamerica (Perù e Messico), ma anche verso l'Asia (Siberia), i pionieri della ricerca mineraria e dell'industria più consona allo sfruttamento e alla raffinazione del minerale estratto, tanto più pregiato quanto più sarà ricco di metalli nobili.

7 – BIBLIOGRAFIA

- Accordi, Bruno (1980) Michele Mercati (1541–1593) e la Metallotheca. *Geologica Romana* 19: 1-50.
- Agricola, Giorgio (1546) *Georgii Agricolae De ortu & causis subterraneorum lib. 5 De natura eorum quae effluunt ex terra lib. 4. De natura fossilium lib. 20.; De ueteribus & nouis metallis lib. 2. Bermannus, siue De re metallica dialogus. Interpretatio Germanica uocum rei metallicae, addito indice foecundissimo*, Basileae: Hieronimymum Frobenium et Nic. Episcopium, 487 + [53] p.
- Agricola, Giorgio (1550) *Di Giorgio Agricola De la generatione de le cose, che sotto la terra sono, e de le cause de' loro effetti e nature. Lib. 5. De la natura di quelle cose, che da la terra scorrono. Lib. 4. De la natura de le cose fossili, e che sotto la terra si cauano. Lib. 10. De le minere antiche e moderne. Lib. 2. Il Bermanno, o de le cose metalliche, dialogo, recato tutto hora dal latino in buona lingua volgare* (traduzione italiana di anonimo), Vinegia, Michele Tramezzino, [28], 467, [1] carta.
- Agricola, Giorgio (1556) *Georgii Agricolae De re metallica Libri XII. Quibus officia, instrumenta, machinae, ac omnia denique ad metallica spectantia, non modo loculentissime describuntur, sed et per effigies, suis locis insertas, adjunctis latinis, germanicisque appellationibus ita ob oculos ponuntur, ut clarius tradi non possint. Eiusdem De animantibus subterraneis liber, ab autore recognitus: cum indicibus diversis, quicquid in opere tractatum est, pulchre demonstrantibus*. Basileae, [marchio Froben], 502 p.
- Agricola, Giorgio (1558²) *Georgii Agricolae De ortu & causis subterraneorum lib. 5. De natura eorum quae effluunt ex terra lib. 4. De natura fossilium lib. 10. De ueteribus & nouis metallis lib. 2. Bermannus, siue De re metallica dialogus lib. 1. Interpretatio germanica uocum rei metallicae, addito duplici indici, altero rerum, altero locorum. Omnia ab ipso authore, cum haud poenitenda accessione, recens recognita*, (seconda edizione), Basileae, [marchio Froben], 470 p.
- Albertus Magnus (1967) *Book of Minerals*, translated by D. Wyckoff, Oxford, Clarendon Press, XLI + 309 p.
- Ambrosinus, Bartholomaeus (1648) *Ulyssis Aldrovandi Patricii Bononiensis, Musaeum metallicum in libros IIII distributum Bartholomaeus Ambrosinus in patrio Bonon. Archigymnasio Simpl. Med. professor ordinarius, Musei illustriss.^{mi} Senatus Bonon. et Horti publici prefectus labore, et studio composuit cum indice copiosissimo*. Marcus Anthonius Bernia proprijs impensis edidit ad Serenissimum Ranutium II.

- Farnesium Parmæ Placentiæ etc. Ducem VI., [Bononiae] typis Io. Baptistæ Ferronij, VIII + 979 p.
- Baroni, Sandro e Travaglio, Paola (2020) *De vitri coloribus*: fortuna medievale di un trattato bimillenario. Colorazione del vetro, delle gemme artificiali, degli smalti, della decorazione ceramica. *Medioevo Europeo: Rivista di Filologia e altra Medievalistica*, **4** (1): 5-40.
- Baumgärtel, Hans (1965) *Von Bergbüchlein zur Bergakademie. Zur Entstehung der Bergbauwissenschaften zwischen 1500 und 1765/1770* (Freiberger Forschungshefte; **D 50**), Leipzig, VEB Deutscher Verlag für Grundstoff-industrie, 167 p.
- Benvenuti, Marco, Mascaro, Isabella, Corsini, Fernando, Lattanzi, Pierfranco, Parrini, Pierluigi e Tanelli, Giuseppe (1997) Mine waste dumps and heavy metal pollution in abandoned mining district of Boccheggiano (Southern Tuscany, Italy), *Environmental Geology*, **30**: 238-243.
- Bernardoni, Andrea (2008) *Biringuccio, l'arte dei metalli e la mineralogia*; pp. 497-512 in "Il Rinascimento italiano e l'Europa, vol. 5, Le scienze" (a cura di A. Clericuzio e G. Ernst con la collaborazione di M. Conforti), Treviso - Costabissara (Vicenza), Fondazione Cassamarca - Angelo Colla Editore, 799 p.
- Bernardoni, Andrea (2011) *La conoscenza del fare. Ingegneria, arte, scienza nel De la pirotechnia di Vannoccio Biringuccio*. Roma, L'Erma di Bretschneider, XVII + 121 p.
- Biringuccio, Vannoccio (1540) *De la pirotechnia libri X dove ampiamente si tratta non solo di ogni sorte & diuersita di Miniere, ma anchora quanto si ricerca intorno à la pratica di quelle cose di quel che si appartiene a l'arte de la fusione ouer gitto de metalli come d'ogni altra cosa simile à questa*. Composti per il S. Vanoccio Biringuccio Sennese. Con Priuilegio Apostolico & de la Cesarea Maestra & del Illustriss. Senato Veneto. MDXL. Stampato in Venetia per Venturino Roffinello. Ad instantia di Curtio Navò, & fratelli, Del Segno del Lion, [8] + 168 cc. [riproduzione anastatica 1977 a cura di A. Carugo, con introduzione e glossario e indice, Milano, Edizioni Il Polifilo, 8 n.n. + 168 c. + LXXXVIII].
- Biringuccio, Vannoccio (1990) *The Pirotechnia of V.B. The classic sixteenth-century treatise on metals and metallurgy*, translated and edited by C.S. Smith and M.T. Gnudi, New York, Dover Publications, XXVII + 477 p.
- Bortolozzi, Giorgio M., Ciriotti, Marco E., Bittarello Erica e Moeckel, Steffen (2015) Monte Avanza, Forni Avoltri; Carnia (Udine, Friuli-Venezia Giulia): conferme e nuovi ritrovamenti. *Micro*, **1-2015**: 2-39.
- Brembato, Ottavio (1663) *La Mineralogia del conte O.B. Diuisa in quattro Libri, Nella quale vien descritto l'vso di cauar le miniere, purificarle, & separarle per ridurle in perfetto metallo*. Consacrata al Gran Monarca delle Spagne. Bergamo, per li figliuoli di Marc' Antonio Rossi, 136 p.
- Brianta, Donata (2007) *Europa mineraria. Circolazione delle élites e trasferimento tecnologico (secoli XVIII-XIX)*. Milano, Franco Angeli, 447 pp.
- Cæsalpinus, Andreas (1596) *De metallicis libri tres. A.C. auctore. Ad sanctissimum dominum nostrum Clementem 8. pont. max*, Romae: ex typographia Aloysij Zannetti, XVI + 222 p.
- Ceruti, Benedictus e Chiocco, Andrea (1622) *Musaeum Franc. CalceolarI iun. Veronensis a Benedicto Ceruto medico incæptum, et ab Andrea Chiocco med. physico excellentiss. collegii luculenter descriptum & perfectum, in quo multa ad naturalem, moralemque philosophiam spectantia, non pauca ad rem medicam*

- pertinentia...Non sine magna rerum exoticarum supellectile, quæ artifices planè inanè in æs incisæ, studiosis exhibentur*, Veronae : apud Angelum Tamum, L + 746 p.
- Cipolla, Carlo M. (2002) *Storia economica dell'Europa pre-industriale*, [prima edizione 1974], Bologna, Il Mulino, 491 p.
- Clerc, Patrick (2010) Le plomb chez Vannoccio Biringuccio, *De La Pirotechnia* (1540), *ArcheoSciences*, **34**: 115-119.
- De Bellis, Nicola (1999) *Tra museo e natura : storia e classificazione dei minerali nell'opera di Ulisse Aldrovandi (1522-1605)*, Tesi di dottorato in Storia della Scienza (IX ciclo), Università di Bari, 235 p.
- Del Riccio, Agostino (1979) *Istoria delle Pietre*, a cura di Paola Barocchi, Firenze, S.P.E.S. Studio per Edizioni Scelte, XXIX + 68 p.
- Del Riccio, Agostino (1996) *Istoria delle pietre*; a cura di Raniero Gnoli e Attilia Sironi, Torino, Allemandi, 253 p.
- Della Fratta et Montalbano, Marco Antonio (1678) *Pratica minerale, trattato*, Bologna, Manolesi, XVI + 184 p.
- Dondi, Michele, Palenzona, Aldo e Puggioli, Gianluca (1995) La miniera di Monte Avanza, Forni Avoltri (Ud). *Rivista Mineralogica Italiana*, **1995 (2)** : 125-136.
- Eamon, William (1994) *Science and the secrets of nature: Books of secrets in medical and early modern culture*, Princeton NJ, Princeton University Press, 512 p.
- Farinelli, Roberto e Santinucci, Giovanna (2014, cur.) *I codici minerari nell'Europa preindustriale: archeologia e storia*, Sesto Fiorentino, All'Insegna del Giglio, 125 p.
- Feruglio, Giambattista (1968) *Il giacimento cuprifero del monte Avanza in Carnia* (Atti del Symposium internazionale sui giacimenti minerari delle Alpi, v. 1: 97-125, Trento, Regione Trentino-Alto Adige).
- Florio, Michelangelo (1563) *Opera di Giorgio Agricola de l'arte de metalli partita in XII libri, ne quali si descrivano tutte le forze, e qualità de gli uffizij, de gli strumenti, delle macchine, e di tutte l'altre cose attenenti a cotale arte, non pure con parole chiare, ma eziandio si mettano a luoghi loro le figure di dette cose, ritratte al naturale, con l'aggiunta de nomi di quelle, cotanto chiari, e spediti, che meglio non si può desiderare, o hauere. Aggiugnesi il libro del medesimo autore, che tratta de gl'Animali di sottoterra, da lui stesso corretto, & riveduto. Tradotti in lingua Toscana da M. Michelangelo Florio Fiorentino. Con l'Indice di tutte le cose piu notabili alla fine*. Basilea, per Hieronimo Frobenio et Nicolao Episcopio, [9] + 542 p. + [6]. [riproduzione anastatica 1994 a cura di P. Macini ed E. Mesini, con introduzione e tavola cronologica, Segrate, Edizioni ANIM, XXXII + [9] + 542 p. + [6].
- Guareschi, Icilio (1904) Vannoccio Biringucci e la chimica tecnica; La chimica presso i cinesi; Faustino Malaguti; pp. 419-456 in: «Storia della chimica, **4**», *Supplemento annuale all'Enciclopedia di Chimica*, **20**, Torino, Unione Tipografica Editrice Torinese.
- Guareschi, Icilio (1914) Domenico Guglielmini e la sua opera scientifica; pp. 4-86 in: «Storia della Chimica, **10**», *Supplemento annuale all'Enciclopedia di Chimica*, **30**, Torino, Unione Tipografica Editrice Torinese.
- Guerrini, Olindo e Ricci, Corrado (1887) *Il Libro dei colori: segreti del secolo xv*. Bologna, Romagnoli Dall'Acqua, 308 p.
- Halleux, Robert (1974) La nature et la formation des métaux selon Agricola et ses contemporains. *Revue d'histoire des sciences*, **27**: 211-222.

- Hollinger-Short, Graham J. (1985) Gunpowder and mining in the 16th and 17th-century Europe, *History of Technology* **10**: 31-66.
- Hoover, Herbert Clark e Hoover, Lou Henry (1912) *Georgius Agricola De Re Metallica translated from the first Latin edition of 1556 with biographical introduction, Annotations and Appendices upon the development of mining methods, metallurgical processes, geology, mineralogy & mining lawas from the earliest times to the 16th century*, London, The Mining Magazine, xxxi + 638 p. (unchanged reprint 1950, New York, Dover Publications Inc.).chimica tecnica
- Imperato, Ferrante (1599) *Dell'Historia Natvrale Di Ferrante Imperato Napolitano. Libri XXVIII. Nella Qvale Ordinatamente Si Tratta della diuersa condition di miniere, e pietre. Con alcune historie di Piante, & Animali; sin'hora non date in luce. Con Privilegio. Napoli, Stamparia à Porta Reale per Costantino Vitale, [24] + 791 p. + tavola doppia ripiegata.*
- Lieber, Werner e Leyerzapf, Hermann (1986) German silver: an historical perspective on silver mining in Germany. *Mineralogical Record*, **17** [1]: 3-18.
- Lonitzer, Adam (1551) *Botanicon. Plantarum historiae, cum earundem ad viuum artificiose expressis iconibus, tomi duo, per Adamum Lonicerum, Medicum Physicum Francofortensem. Addita sunt Animantium Terrestrium, Volatilium ... Item: De Gemmarum, Metallorum, Succorumque ... Praeterea: De stillatitorum liquorum ... Postremo Onomasticon, quo variae plantarum nomenclaturae ex diuersis linguis, item uoces, quarum frequens in descriptionibus usus est, explicantur. Omnia de nouo recognita. Indice adiecto Quintuplici*, Francoforti, apud Christ. Egen., 352 + 64 p.
- Lynch, Martin (2002) *Mining in the world history*, London, Reaktion Books, 350 p.
- Marengo, Giovanni Battista (1673) *Palladis chymicae arcana detecta, siue Mineralogia naturalis, & artificialis. ... Opus planè aureum in tres partes diuisum. Auctoris nomen in hoc puro anagrammate delitescit Ianus Gobrat sapiens manet*, Genuae : typis Antonij Georgij Franchelli, 285 p.
- Mieli, Aldo (1914a) *Vannoccio Biringuccio (1480-1539) De la pirotechnia (1540)*. Edizione critica condotta sulla prima edizione, corredata di note, prefazione, appendici ed indici, ed ornata dalle riproduzioni del frontespizio e delle figure originali. Vol. I. Bari, Società Tipografica Editrice Barese, LXXXV + 198 p.
- Mieli, Aldo (1914b) Vannoccio Biringuccio e il metodo sperimentale. *Isis*, **2**: 91-99.
- Morelli, Raffaele (1984) Argento americano e argento toscano: due soluzioni alla crisi mineraria del Cinquecento, pp. 163-201 in G. Pinto (cur.) : *Miniere e metalli in Italia tra Medioevo e prima età moderna, Rassegna storica*, **14** [1].
- Moreni, Domenico (1827) *Questione sull'alchimia di Benedetto Varchi codice inedito*, Firenze, Magheri, XXVIII + 68 p.
- Mottana, Annibale (2006) Italian gemology during the Renaissance: A step toward modern mineralogy, in Vai, G.B. e Caldwell, W.G.E.: *The origins of geology in Italy. Geological Society of America Special Paper* **411**: 1-21.
- Mottana, Annibale (2010) The first modern translation of Theophrastus' "On Stones" (περι λιθων; *De lapidibus*): Ferrante Imperato (1599). *Rendiconti Fisici della Accademia dei Lincei*, **21**: 1-25.
- Mottana, Annibale (2011) Ferrante Imperato, primo traduttore italiano del trattato di Teofrasto "Sulle Pietre" (Napoli, 1599). *Atti dell'Accademia Pontaniana, Napoli, N.S.*, **50**: 35-42.

- Mottana, Annibale (2013) *Il Tesoro Messicano: il commento di Fabio Colonna (1628) e i contributi innovativi alle conoscenze mineralogiche* (con 3 appendici: Appendice I – Delle cose mediche della Nova Spagna di Nardo Antonio Recchi, pp. 219-230; Appendice II – Note e aggiunte di Fabio Colonna Linceo al libro X, pp. 231-238; Appendice III – Storie degli animali e dei minerali della Nuova Spagna libro unico diviso in sei trattati, pp. 238-241); pp. 175-241 in: *Il Tesoro Messicano*. Libri e saperi tra Europa e Nuovo Mondo (a cura di M.E. Cadeddu e M. Guardo; Atti del convegno tenutosi a Roma, Palazzo Corsini, 30-31 maggio 2011). Firenze, Olschki, 314 p.
- Muzio, Francesca (2012, cur.) *Un trattato universale dei colori. Il Ms. 2861 della Biblioteca Universitaria di Bologna*. Edizione del testo, traduzione e commento a cura di F.M. (Biblioteca dell' «Archivum Romanicum», s. I: Storia, Letteratura, Paleografia, 384), Firenze, Leo S. Olschki Editore, xxiv + 298 p.
- Nenci, Elio (2004, cur.) *Girolamo Cardano. De subtilitate. Edizione critica*. Tomo I. Libri I-VII. Milano, Francoangeli, 720 p.
- Nifo, Agostino (1557), *In libros Aristotelis De generatione & corruptione interpretationes & commentaria: nuper à mendis quam plurimis diligentissime castigata. Eiusdem etiam Augustini Niphi in eorundem librorum Commentarijs Aristotelis De generatione & corruptione & interpretationibus recognitiones, ac retractationes, necnon & plurimorum quae obscure in commentarijs dicebantur, dilucidationes. Eiusdem Quaestio de infinitate primi motoris. Addito rerum notatu dignarum locupletissimo indice*, Venetiis, apud haeredem Hieronymi Scoti, 114 p.
- Olmi, Giuseppe (2001) *Il collezionismo scientifico*; pp. 20-50 in “*Il teatro della natura di Ulisse Aldrovandi*”, Bologna, Editrice Compositori, 143 p.
- Petrucchi, Armando (1969) Alle origini del libro moderno: libri da banco, libri da bisaccia, libretti da mano. *Italia medievale e umanistica*, **12**: 295-313.
- Pieper, Wilhelm (1955) *Ulrich Rülein von Calw und sein Bergbüchlein: mit Urtext-Faksimile und Übertragung des Bergbüchleins von etwa 1500 und Faksimile der Pestschrift von 1521* (Freiberger Forschungshefte; **D 7**), Berlin, Akademie-Verlag, 215 p.
- Pinto, Giuliano (1984, cur.) *Miniere e metalli in Italia tra Medioevo e prima età moderna, Rassegna storica*, **14** [1].
- Placcius, Vincentius (1674) *De scriptis & scriptoribus anonymis atque pseudonymis syntagma Vincentii Placcii, I.U.L. Hamburgensis: In quo ad sesquimille omnis generis argumenti linguarumque scripta, partim nullis, partim falsis nominibus praefixis antehac edita, genuinis suis atque veris auctoribus restituuntur*, Hamburgi, sumptibus Christiani Guthii, 279 p.
- Rodeghiero, Franco e Zuffardi, Piero (1985) Stratiform and strata-bound siderite and barite deposits of central Italian Alps. *Mineralium Deposita, Monograph Series* **25**: 121-135.
- Seguiti, Tullio (1969) *Le Mine nei lavori minerari e civili*. Roma, Edizione della Rivista L'Industria Mineraria, xxiv + 711 p.
- Sisco, Anneliese Grünhaldt e Smith, Cyril Stanley (1949) *Bergwerk- und Probierebuchlein: A translation from the German of the Bergbuchlein. a sixteenth-century book on mining geology, by A.G.S. and of the Probierebuchlein, a sixteenth-century work on assaying by A.G. Sisco and C.s. Smith, with technical annotations and historical notes*, New York: The American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, 196 p.

- Stendardo, Enrica (2001) *Ferrante Imperato. Collezionismo e studio della natura a Napoli tra cinque e seicento* (Quaderni dell'Accademia Pontaniana, **31**), Napoli, Accademia Pontaniana, 155 p.
- Tenenti, Alberto (2000) Il contesto mentale della pirotecnia. *Intersezioni*, **20**: 447-456.
- Tucci, Ugo (1968) Biringucci (Berniguccio), Vannoccio, *Dizionario Biografico degli Italiani*, **10**: 625-631. Roma, Istituto per l'Enciclopedia Italiana.
- Venerandi Pirri, Ida (1977) Le paragenesi a Zn, Cu, Pb, Sb, Hg, Ni, As, fluorite, barite nel Devonico della Catena Carnica. *Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia*, **33**: 821-844.
- Vergani, Raffaello (2003) *Gli usi civili della polvere da sparo (secoli XV-XVIII)*; pp. 865-878 in S. Cavaciocchi (cur.): *Economia e energia. Secc. XIII-XVIII*, Atti della XXXIV Settimana di studi dell'Istituto internazionale di Storia economica "F. Datini" (Prato, 15-19 aprile 2002), Firenze, Le Monnier (traduzione inglese di Gabriel Walton, rivisitata dall'autore, 2009: *The civil uses of gunpowder: demolishing, quarrying, and mining (15th-18th centuries). A reappraisal*). The Medioevalist.net.
- Vergani, Raffaello (2008) *Miniere e minerali nella Pirotechnia di Biringuccio: natura, ricerca, sfruttamento*, pp. 467-475 in M. Ascheri, G. Mazzoni e F. Nevola (edd.): *L'ultimo secolo della Repubblica di Siena: arti, cultura e società* (Atti del convegno internazionale, Siena, 28-30 settembre 2003 e 16-18 settembre 2004), Siena, Accademia degli Intronati, 552 p.

Water: abundant, but often scarce and precious

Nota di Maurizio Avallone¹ e del socio Maurizio Iaccarino²
(Adunanza del 18 dicembre 2020)

Keywords: Demographic increase, water needs, future of humanity

Abstract - At the end of the Neolithic period the development of agriculture was responsible for a spectacular anthropic growth. But the products of agriculture develop only if it is possible to use large quantities of water, necessary at specific times of plant maturation. Water is abundant on the planet, but often is scarce and precious. Lack of water causes diseases, poverty, malnutrition and frequently offends human dignity. In recent millennia man used several mechanisms to overcome water scarcity, including search for plants suitable for the soils to be cultivated; construction of canals to transport water where it is needed; construction of dams and aqueducts, etc. However, the interventions carried out were not sufficient to cover the growing needs of an increasing population. It is necessary therefore to discuss and propose detailed measures to solve the problems caused by water shortage. This requires organizing an active role for the different categories of people involved.

Riassunto - Alla fine del Neolitico lo sviluppo dell'agricoltura fu responsabile di una spettacolare crescita antropica. Ma i prodotti dell'agricoltura si sviluppano solo se è possibile utilizzare grandi quantità di acqua, necessarie in determinati periodi di maturazione delle piante. L'acqua è abbondante sul pianeta, ma spesso è scarsa e preziosa. La mancanza d'acqua causa malattie, povertà, malnutrizione e spesso offende la dignità umana. Negli ultimi millenni l'uomo ha utilizzato diversi meccanismi per superare la scarsità d'acqua, tra cui: ricerca di piante adatte ai terreni da coltivare; costruzione di canali per trasportare l'acqua dove serve; costruzione di dighe e acquedotti, ecc. Tuttavia, gli interventi effettuati non sono stati sufficienti a coprire le crescenti esigenze di una popolazione sempre più numerosa. È necessario quindi discutere e proporre misure dettagliate per risolvere i problemi della scarsità d'acqua. Ciò richiede di organizzare un ruolo attivo per le diverse categorie di persone coinvolte.

¹ Director, R.S.A. Srl (Research and Studies on the Environment), via Caduti di Nassiriya, 1/a, 80124 Napoli; mavallone@libero.it

² Scientific Counselor, Permanent Mission of the Order of Malta at UNESCO; iaccarin@gmail.com.

1 – INTRODUCTION

Water is essential for all forms of life and it is crucial for the interaction between human species and different habitats. It promotes soil fertility and has thus enabled the development of agriculture and, as a result, caused a huge increase in the human population. But the growth and maturation of agricultural products need a lot of water, which often becomes a precious commodity (OECD Environment, 2012).

In the past centuries, many attempts have been used to find more water, or to save it, or to make its use more efficient. But in the meantime, the total population of the planet has increased, and the results obtained, although noticeable, have not been sufficient. How to solve the problem? It is certainly necessary to act in an innovative way, involving the commitment and creativity of all sectors of civil society belonging to different cultures and disciplines. Tackling and resolving this problem is challenging and costly, but crucial for the future of humanity.

2 – WATER AND DEMOGRAPHY

Human beings need to drink a few litres of water a day, an amount that varies, even significantly, in relation to environmental factors. In the absence of water, survival times are measured in terms of days, but they are not quantifiable because they are influenced by environmental conditions (in fact, the World Health Organization does not indicate precise values for drinking water needs). The need for water has influenced human behaviour since ancient times and, indeed, the oldest human settlements have been found mainly on the banks of rivers or lakes (Johanson and Wong, 2009). Rivers were used for drinking and refreshment, but they were also places where food could be obtained, by fishing or hunting. The latter was facilitated by the fact that rivers also served as drinking troughs for animals, so hunters could lurk around to kill and eat them.

The hunter-gatherers of the Neolithic period used wide spaces; archaeological findings (McEvedy and Jones, 1978; Biraben, 1979; Kremer, 1993), confirmed by studies on genetic diversity (Leonardi *et al.* 2018), suggest that in the Neolithic period the total population of the Earth's globe did not exceed 3-5 million people, and probably did not increase in number, due to lack of resources and high mortality. Hunter-gatherers moved to follow the tracks of animals (Hassan, 2011). The situation changed drastically for those groups of individuals who settled in areas made fertile by frequent floods: they started agricultural activities, which changed the lifestyle of the human species and greatly influenced, although to different degrees, the demographic development of the various peoples. This happened around 10,000 BC in the Middle East (where wheat and barley were cultivated), around 8,000 BC where is now China (with rice and millet), around

6,000 BC in the Indus Valley and Europe (with various cereals) and around 4,000 BC in the Americas (with sunflowers, corn, beans and potatoes) (Hassan, 2011).

Agricultural cultivations had very significant consequences (Iaccarino, 2015). Indeed:

- the cultivation of the above-mentioned plants still continues, thus requiring a lot of water;
- populations have become sedentary, have built houses and have changed habits and social structures;
- the number of individuals has strongly increased, both because of the increase in the birth rate in some areas of the planet and of the lengthening of life;
- the domestication of animals has begun; they help in agricultural work, provide milk or wool, and are also used as food;
- irrigation has made it necessary to build, use and maintain a complex system of small canals, locks and water storage, and this has encouraged the emergence and acceptance of a central authority;
- the high population density has led to the spread of contagious diseases and the consequent spread of the use of hygienic practices, which require significant quantities of water (Iaccarino, 2019).

The use of water for agriculture allowed a more affluent life and led to an increase in the number of inhabitants (Bocquet-Appel, 2011); but the large amounts of water required for irrigation in certain places made this resource insufficient, while emigration to other places became more difficult, due to the need for stable housing. Changed living conditions have led to an increase in the number of individuals, which are now on the planet about 7,700 million and are expected to become 9,800 million in the year 2050, with a 27% increase compared to the current situation (data from the Population Division of the United Nations). At the same time, total water consumption has grown much more than the level of population growth. In fact, once the social transformation was completed, each individual consumed several tens of litres of water per day for cooking and hygienic purposes, while the bulk of consumption was for irrigation (Shiklomanov, 2009). Therefore, the availability of water has caused not only an increase in the number of individuals, but also a greater consumption of water for irrigation, due to an increased need of food, as well as water for personal hygiene. It could happen that a population of a few hunter-gatherers settled in a certain place because they found a great abundance of water; but the optimal conditions caused an increase in the number of individuals and, after a certain number of generations, water became a limiting factor for further growth and well-being. It should be pointed out that a crowded situation facilitates the transmission of contagious diseases and for this reason many epidemics have occurred in the past that have caused a reduction in the rate of increase of individuals (Iaccarino, 2019). Only when people understood the importance of using an appropriate amount of water for personal hygiene the mortality rate decreased and the rate of

increase of individuals started to rise again. But the amount of water needed by each individual also increased. Therefore, water has increasingly become a strategic resource that serves not only to produce food, but also to limit the spread of contagious diseases.

It is appropriate to consider these problems from a global point of view: the water consumption of today's populations is mainly due to irrigation (which requires 70-75% of the water used) and industrial uses (15%), while 10-12% is used for direct human needs (mainly for hygiene and food cooking) (Shiklomanov, 2009); the total water consumption is now estimated at about 3,500 km³ per year (OECD Environment, 2012). This number should be compared with the amount of rain that falls each year on the planet's emerged lands (107,000 km³): a part of it (about 60%, known as green water) is retained by the foliar system of existing plants and is absorbed by the soil containing roots; green water quickly returns to the atmosphere through a mechanism called evapotranspiration; the remaining 40% (about 43,000 km³ of water, called blue water) is available for human use; it flows to the oceans, but along this path it helps to supply rivers (which contain 2,100 km³ of water), lakes (which contain 91,100 km³ of water) and aquifers (which contain 10,530,000 km³ of water) (Boberg, 2005; Falkenmark and Lannerstad, 2005; Gleick, 1993; Shiklomanov, 2009). The aquifers represent a very substantial reservoir and provide almost 20% of the water used by mankind; but their water is located underground, it is often present in places with difficult access and sometimes it cannot be used, due to the presence of toxic substances (Mekonnen and Hoekstra, 2016; W. W. Council/OECD, 2015). A considerable portion of this water is concentrated in some fossil aquifers that are found at great depths, as for example in Saudi Arabia (Water and Food security, 2015) or in Libya (the Nubian sandstone aquifer located under the Sahara), or in North America (the Ogallala aquifer). Unfortunately, these reserves have a recharge time that often is too slow to compensate the amount of water withdrawn, causing concern about their early depletion.

It is clear, therefore, that plenty of water is present on the planet. But very often it is not sufficient in the places where it is needed for the growth and maturation of plants (Postel *et al.*, 1996): about three quarters of the annual rainfall occurs in specific areas and about 80% of fresh water is found in a few basins, such as the Great Lakes of North America, Lake Tanganyika in Africa and Lake Baikal in Siberia; or in five main river systems: the Amazon River, the Ganges with the Brahmaputra, the Congo, the Yangtze and the Orinoco. In addition, the water that precipitates on the planet can move at very different speeds, depending on the characteristics of the soil: in some cases it stagnates, while in other cases it evaporates very quickly or it flows on the surface without penetrating. For all these reasons there are areas on the planet where water is in excess and so it remains for a good part of the year, while elsewhere there is a more or less serious and extensive water shortage. Often, water is not enough to

cover human needs and the struggles for its hoarding can generate episodes of violence, in some cases of considerable severity.

The water available to humans often comes from rivers, lakes or groundwater aquifers located on the border between States (153 States worldwide use transboundary water). The course of rivers is determined by the characteristics of the terrain, while aquifers collect groundwater with criteria that are not related to the size of the populations that can use it. The competition for water has caused considerable friction between different populations: we have news of thousands of international disputes for the use of transboundary waters, in which usually the subject of the dispute was the water of a river coming from a state located upstream. The contenders refer to the doctrine of Harmon (McCaffrey, 1996), according to which a State is the owner of the water originating in its territory and has no duties towards the States located downstream (Iaccarino, 2015). Instead, downstream States claim that they are entitled to receive the same amount of water as they have received in the past.

Humankind needs to increase the availability of water: in fact, as also mentioned in the World Water Development Report of 2020, about 4,000 million people face water scarcity conditions for at least 1 month a year and about 1,600 million do not have the necessary infrastructure to organize decent ways to use water. The total population of the globe will continue to increase, especially in some areas, and therefore it is necessary to be prepared to increase the availability of water, especially in those places where it is presumed that the expansion will be more pronounced.

One problem that is occurring with an increased frequency is the mixing of polluted water that interferes with available water. This phenomenon, due to population growth and urbanization, has increased over the years and is expected to continue to increase, despite the approval of several legislative measures aiming at water protection. Polluted waters pose a serious threat to both health and livelihoods. More and more people will have difficulty accessing healthy water and as a result we should find new ways to manage the needs that often compete with each other. In fact, the water available, as described in this article, may be sufficient to meet growing needs globally, but only in the face of a radical change in the way this resource is used, managed and shared. The global water crisis is a crisis of governance rather than a crisis of resource availability.

Several mechanisms designed to increase water supplies, or the efficiency of its use have been put in place so far. Some of them are listed below:

- Research projects aiming at the development of widely used plants (such as wheat, barley, chickpeas, lentils, fodder legumes) capable of growing in soils poor in water, or in soils with a high salt content, are conducted at the International Centre for Agricultural Research in Dry Areas, located in Lebanon and funded by the World Bank.

- Drip irrigation consists in administering water slowly and directing it towards the root of the plant, thus reducing not only water consumption, but also the growth of unwanted grasses and pests and the evaporation of water from the soil.
- The water footprint (Hoekstra and Mekonnen, 2012) is the measurement of the volume of water needed to synthesize a product; knowledge of this value may lead to prefer the consumption of products that consume less water than others.
- Water levels may be lifted to make optimal irrigation: (1) the Shaduf, designed in Mesopotamia about two millennia BC, is still used today. It consists of a long pole that has a bucket at one end, balanced by a counterweight at the other end. A single man, handling the pole, can lift up to 3,000 litres of water per day and put it into a canal or a tank; (2) the Saqiya is composed of a wheel (moved by an animal) that, through a special gear, transmits the movement to another wheel placed at right angles: it is considered to be the precursor of more complex machines, such as mills driven by running water.
- Transporting water where it is needed: construction of small canals in order to control the water coming from the flooding of a more important watercourse. Sometimes these canals are of considerable flow and length: the Assur canal, built about 10 centuries BC, 400 km long, connected the Tigris and Euphrates rivers and was dug to rationalize the flows of the marshes between these two rivers. The Great Canal of China, built in the 7th century AD, connects the Yellow River with the Blue River and is 1,800 km long. The Arizona Canal, 540 km long, was built to irrigate 400,000 hectares of land with water from the Colorado River.
- Dams. The oldest ones consisted of dams built on “uadi”, to retain water coming from rainfall, which passes intermittently. Later on, they were built to handle water from the Tigris/Euphrates, or the Nile. Important dams built in modern times are the Hoover Dam on the Colorado River (completed in 1936); the Aswan Dam on the Nile (completed in the 1960s) and the Three Gorges Dam on the Yangtze River in China (completed in 2006). In 1997 there were 800,000 dams worldwide, 40,000 of which were more than 15 meters high.
- Aqueducts serve to bring water from a spring to the place of use. The Qanats (or Kariz) are underground tunnels that use water from the aquifers; the flow of water is continuous because it moves on an inclined plane and therefore there is no need for pumps. The Qanats have been crucial for the development of the agricultural practices in the Iranian plateau since the first millennium BC, and then spread as a means of water supply throughout the Middle East, the Mediterranean basin and Central and South Asia. In the Roman Empire there were about 600 aqueducts whose main function was to provide drinking water. The Ostrogoths destroyed the aqueducts that arrived to Rome in 537 A.D., in order to prevent the supply of water to the city. The development of aqueducts on a large scale resumed only around the 19th century to feed the rapidly growing cities. In modern aqueducts, the water is subjected to potabilization processes (flocculation, flotation, filtration, disinfection) and is made colourless, tasteless,

odourless, clear, fresh and free of pathogenic germs. Before distribution, water is analysed to exclude the presence of microorganisms or toxic substances, in accordance with the legislative provisions of the State where the aqueduct is located. Water networks are generally public property and often their sale to private subjects is prohibited; however, their management is sometimes entrusted to private subjects. A serious problem, present in many aqueducts (especially in large cities), is that of the lack, insufficiency or obsolescence of transport networks and infrastructures, too often ancient and inadequate, that cause the waste of enormous quantities of water, depleting the resource and exposing these territories to chronic inefficiencies.

- Water recycling allows to obtain water suitable for new uses and in this way to save water in areas affected by shortage. In Windhoek, the capital of Namibia, recycled water has been used as drinking water for about 50 years. Water is also recycled elsewhere, such as in the town of Cuxhaven in Germany and in the International Space Station.

- Desalination plants generally use reverse osmosis: polymeric membranes block the passage of salts and other inorganic impurities. In 2019 there were about 16,000 desalination plants, half of them being located in the Middle East and North Africa, producing 95 million m³ of fresh water per day (Jones *et al.*, 2019). Efforts are underway to increase the efficiency of these plants through the use of membranes that may be more permeable to water due to the presence of aquaporins (cell membrane proteins that allow water permeability) (Ye Li *et al.* 2019).

The activities described above are common, but the need for water has led people to imagine other mechanisms not described here. For example, the transfer of icebergs to places where their water can be used; the filling of ships with water from river estuaries; the production of rain obtained by bombarding clouds with silver iodide; etc.

In conclusion, there is enough water on the planet to meet the needs of the current population, but it should be available in the right place and time. For the solution of the shortage problems several mechanisms have been tested. As useful as they may be, they have not been sufficient and for this reason in recent years people are beginning to think in a different and global way. There is a need for a new civil conscience; water must be an utmost priority.

Important efforts have been made in the past to increase water availability, but the results have not been satisfactory: the investments needed to increase water reserves have generally followed the needs instead of anticipating them and no thought has been given to the fact that water scarcity causes an increase in costs to make it available. As discussed in the next chapter, it is necessary to recognize the importance to have enough water for personal use, but also for irrigation and industrial use. This implies to organize requests to governments or to international organizations; the requests should be persisting, and the

governmental actions should be long lasting. Pressure should be exercised also at an international level and in the appropriate UN panels, using arguments valid from the environmental, economic and industrial point of view. Finally, it should be borne in mind that discussions on water needs must necessarily involve experts from different disciplines.

In the next chapter, we discuss the factors necessary to shake governments out of the torpor that they demonstrate in their actions dedicated to the availability of water.

3 – HOW TO SOLVE THE PROBLEM

Problems caused by the lack of water, such as poverty, malnutrition, diseases, difficulties in interpersonal relationships, violence perpetrated between individuals belonging to different social classes, are hardly ever taken into account when discussing the reasons that should lead governments to plan investments in infrastructures. The consequences of water scarcity are aggravated by the fact that quite frequently different States share the use of rivers, lakes or aquifers (see above). This situation increases the difficulties of interaction and sometimes causes wars between peoples of neighbouring States.

We pointed out that, although water is abundant on the planet it could be badly needed in specific places: in fact, as also mentioned in the World Water Development Report of 2020 (see above), about 4 billion people have to cope with water shortages for at least 1 month a year and about 1.6 billion do not have the necessary infrastructure to use water in a decent way. The investments made in recent years to obtain more water for populations needing it have been effective, but insufficient: in fact, the world population has increased in the meantime; and the outlook will probably worsen, not only because of further population growth, but also because of climate change and urbanization.

Lack of water is often due to the needs caused by the disproportionate growth of a population that had chosen a specific location where water was abundant, but later on, the demographic increase was not accompanied by an increase in the water resource. Other times water is scarce because there has been a decrease due to climate change, or because a river or groundwater table has been polluted, or because of the impoverishment of the water sources, due to the fact that other people appropriated them. Lack of water makes it difficult to irrigate the fields and reduces crop yields; moreover, in regions with high population density it is also important to have water for hygienic practices, in order to prevent the onset of contagious diseases, as already mentioned. The problems to face are the most varied, such as: (1) the preservation of the quality of water (from rivers, lakes or sea) through the design and construction of purification plants; (2) the mitigation of the risk of river flooding, with interventions of consolidation of the banks of water courses; (3) the proper management of water resources, with the

construction and operation of dams, canals, artificial lakes, etc.. (4) the rationalization of resources, with urban planning and means of transport; (5) the development of the necessary infrastructures; (6) the mitigation of landslide risk, with slope stabilization interventions; (7) the water flow regulation, both in order to minimize the possibility of triggering erosive processes, and to regulate the outflow of excess water mass; (8) the recovery of polluted sites, through remediation and safety interventions.

A problem that is often encountered is related to the fact that not always the commissioning State has the experts able to prepare a project and a tender specification to be submitted; moreover, often has difficulties in judging the countless "variants in progress" suggested by the concessionaire. For this reason, the States often make use of multinational companies that have the necessary skills to study solutions to solve technical and structural problems related to the management of water resources. Sometimes these companies are seen with favour, due to the expectation that the private sector would bring in more investments, improve technology, enhance efficiency and provide access to the excluded. Therefore, they are supposed to be able to propose the accomplishment of a package of solutions suitable for the local structures. However, often they do not have sufficient knowledge of the specific problems of the region and of the populations that are destined to take advantage of the works to be performed and they do not seem to understand the goal of realizing the human rights to water and sanitation (see in the Ref. the UN document on the human rights and safe drinking). Moreover, these companies are often considered unreliable because they are suspected of not having a vision of the problem that takes into account the interests of the population involved, giving priority to their business interests. As a consequence, between 2000 and 2019 in at least 300 cases the management returned to the private state. A compromise that has sometimes been reached consists in entrusting these companies with the execution of complex works, the management of which, after a defined time, passes to the commissioning State.

As mentioned above, 7.7 billion people live on the planet today and it is expected that they will become 9.8 billion in 2050, with a 27% increase. The interventions to be carried out to solve water problems must take into account not only the expected increase in population size, but also the forecasts of increasing urbanization and the intensification of climate change. These are problems that last over time and must be treated bearing in mind that they will not be resolved in the short term. Finally, it is necessary that problems related to water supply are dealt with by professionals having experience in all the necessary disciplines.

The problems of water availability were discussed when the UN member States, in September 2015, concluded that the numerous attempts to find a solution to the problems of poverty eradication had all failed. On that occasion the UN member States discussed and approved the Agenda for Sustainable Development and committed themselves to achieving it by the year 2030. All

States committed themselves to contribute to the realization of the various aspects of a program that aims to eradicate poverty, in all the ways it manifests itself. And all States have promised to cooperate, within the limits of their possibilities, to achieve the ultimate goal, namely that all the inhabitants of the planet must have the same possibilities, disregarding differences in census or education. The approved Action Plan includes 17 Sustainable Development Goals (SDG), one of which, SDG6, concerns water and sanitation, which are recognized as an inalienable right of humanity. The document highlights the fact that as many as 3 billion people live in houses that are not equipped with hand washing facilities and recommends that the people concerned show a determined and constant commitment, which must be translated into appropriate political action. Governments are committed to incorporating these demands into national development programs. The implementation of these programs will be facilitated by the fact that they will be consistent with those of other UN member States and for this reason the achievement of the goals of the program should be easily monitored. In addition, the 17 Sustainable Development Goals should serve as an incentive to consider water and sanitation (SDG6) as a major problem to be solved. The purpose of the investments planned in the past was to provide for the needs, as described at the time, without considering a possible increase in the number of individuals and their needs: as a consequence, once the purpose had been achieved, the needs had increased and it was necessary to start upgrading. It is reasonable to hope that future needs will not be overlooked in the programs now in the pipeline. In fact, one criticism that is made of the decisions approved in the UN assemblies is that often the delegations represent governments that do not intend to commit themselves and therefore, even if they approve, they will not be collaborative.

4 – A PROPOSAL FOR A GLOBAL SOLUTION

We have highlighted in this article that in order to save water resources, various mechanisms have been put in place: for example, to increase the efficiency of irrigation, or to transport water from places where it is abundant; or to purify the polluted water in order to be able to partially reuse it. These interventions have proven to be effective and they helped to alleviate the shortcomings found. Obviously, the procurement of water could be more effective if States addressed supply problems in a cooperative and systematic way, with a long-term program that takes into account the need for appropriate facilities and is aimed at meeting the needs of the users. Unfortunately, for reasons discussed below, water management is severely neglected in much of the planet and the planned programs are not part of a coordinated and long-term vision; a vision that should be formulated with the participation of technicians of various specializations, but also with humanists, sociologists and economists who

have the relevant and necessary cultural skills for the development of institutions dedicated to improving water efficiency and sustainability. However, the prevailing attitude of political leaders and ruling classes is to postpone the search for a solution to the problem, perhaps because their mandate is generally too short-term to achieve meaningful results. But also because they do not understand, or do not want to understand, that the problems to be discussed should primarily be dealt with and deepened by a group of experts who have all the necessary knowledge to propose a remedy: only after the conclusions have been formulated at the technical and managerial level can politicians be involved again, in order to harmonize the proposals of the specialists with the needs of the nation. The mandate of this panel of experts should be broad and the discussion of each problem must inspire the interaction of experts of different disciplines. There is a need for experts that are knowledgeable in the most disparate fields, as for example engineering, geology, agronomy, biology, medical sciences, sociology, economy and so on, because the water resource characterizes the existence and the set of natural functions of living organisms on our planet. Only infrastructures aiming at reducing the risk of water scarcity and at the management of water-related disasters can make a country's development efforts more sustainable, reducing its vulnerability and/or strengthening the resilience of economies to extreme events. This should be done bearing in mind not only the ultimate goal, i.e. the distribution of healthy water, but also infrastructural deficiencies and economic, socio-political, environmental and good governance factors.

On the other hand, we are witnessing the fact that many States, although they have the necessary economic resources and the possibility to access water, are not organized and lack efficient structures to solve the problem of water supply in areas where it is lacking. Sometimes this situation is due to difficulties in understanding that often occur in discussions between specialists from different disciplines, or to a disorganized demand from users. The associations active in this field are increasing in number and effectiveness in all continents. In short, problems related to sufficient and stable water supply should include separate discussions, following a logical plan: (1) citizen surveys; (2) representatives of politicians; (3) interdisciplinary experts. When these results are achieved new discussions by politicians should take place in order to formulate the planning of activities and structures required for the solution of problems; at this point administrators can prepare the planning and the beginning of the work.

It should also be borne in mind that the problems related to the lack of water must be addressed by experts who know the local needs well, since the proposed solutions will have to be managed by the users. It is therefore important to define the technical/professional figures necessary and useful to rationalize the needs of the population and then design and implement what is really advantageous and essential in terms of water resources. It must be kept in mind that the required

skills must concern the use of water, its enhancement and especially the preservation of these characteristics over time. Progress in this field has been made in most developed countries with the creation of university courses in sanitary/environmental engineering; courses usually included in interdisciplinary schools for environment and territory. These professionals must be aware of the fact that they contribute to the safeguarding of a service of public utility and that part of their decisions have an ethical relevance that, at times, leads to overshadow economic considerations. Therefore, in conceiving and deciding on the planning of activities, and in planning the processes of control, maintenance, surveillance and verification of works and interventions involving water resources and related infrastructure, they must give priority to the efficiency and reliability of infrastructures and facilities; and at the same time comply with current laws and regulations. Therefore, they must be aware of all the problems related to the protection of water resources, the operating techniques of water supply and capture plants, purification plants, sewerage and water networks, methods and techniques of remote sensing, remote control and telemetering, as well as the use of software and information systems in the sector. It is relevant to emphasize that the management of the activities must include at least one expert specialist in the skills listed above, but the topics discussed need the participation, active and passive, of all members of the management commission: the responsibility for decisions must be taken by each member of the commission, but anyway it must also be collective in its multi-disciplinarity. Finally, it is important that these specialists are assisted by qualified technicians, the so-called Integrated Water Resources Cycle Management Technicians. Several countries have given attention to this requirement and have trained technicians that have proven to be very useful in controlling the processes of management, maintenance, surveillance and verification.

The description of the problems encountered in trying to optimize the water supply shows that it is necessary to proceed with a more concrete approach than the one used until now. A panel of experts should be available to examine the needs and analyse the feasibility of the proposals made. Water problems frequently have transboundary aspects and often different States have different financial possibilities. For this reason, it should be envisaged to organize that groups of States sharing similar interests are encouraged to collaborate to solve problems dealing with water that are of common interest. However, the protection of water resources, as well as of the environment, could require interventions coordinated by an International Organization that must intervene to protect safety in the areas most "at risk". Since poor countries do not have the resources, it could be necessary that the more developed nations do it on their behalf and at their own expense: the question concerns the vitality of the planet and not who should and cannot do it. It is therefore necessary to intervene on international regulations, verification and control procedures also to act against those who do not comply.

The members of this International Organization must adopt an environmental management model of territorial self-sufficiency of their own, without emulation of "Best Practices" of large companies, or other large emancipated or developing countries, through Solutions Based on Nature (NBS) using or imitating natural processes with the aim of contributing to better water management (WWAP, 2018).

It is essential to understand what is needed to provide water to the families and to the farmers; one possibility is to set up a Committee that expresses ideas in an official way. These proposals should be analysed by a Committee representing the political authorities. This Committee must constantly take into account the needs of the country, be aware of the needs of its citizens and be aware of the resources required. One possibility is to appoint a group of people to hold an annual meeting where the results obtained are explained and the programs proposed, as well as their feasibility, are discussed. Those proposals that are considered interesting should be discussed by a panel of experts carefully chosen to represent the different disciplines (economists, engineers, sociologists, etc.). This panel will present a book of considerations on the country's needs at the annual meeting described above; this book should contain a description of the activities carried out and one or more proposals for future activities. At this point a Governmental Commission, on the basis of the information obtained from the participants in the above-mentioned panels, recommends priorities at national level, taking into account any initiative that may be put in place by neighbouring countries.

5 – REFERENCES

- Biraben J-N. (1979) Essai sur l'évolution du nombre des hommes. *Population*, **34**,13-25.
- Boberg J. (2005) Liquid assets. Rand Labor and Population, Santa Monica, California, USA, 2-15.
- Bocquet-Appel J-P. (2011) When the world's population took off: the springboard of the Neolithic Demographic Transition. *Science*, **333**, 560-561.
- Falkenmark M., Lannerstad M. (2005) Consumptive water use to feed humanity – curing a blind spot. *Hydrol Earth Syst Sci*, **9**, 15-28.
- Gleick P.H. (1993) Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources, Oxford University Press, New York, 504 pp.
- Hassan F. (2011) Water History for our times. IHP essays on water History, Vol. 2, Paris, UNESCO Publish., 1-122. <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002108/210879e.pdf>.
- Hoekstra, A. Y. Mekonnen, M. M. (2012) The Water footprint of Humanity. *Proc Natl Acad Sci USA*, **109**, 3232-3237.
- Iaccarino M. (2015) Un Mondo Assetato, Editoriale Scientifica, Napoli, 164 pp.
- Iaccarino M. (2019) Water, population growth and contagious diseases. *Water*, **11**(2), 386-400.
- Johanson D.C., Wong K. (2009) Lucy's Legacy: The Quest for Human Origins, Harmony Books, N.Y., 309 pp.

- Jones E., Qadir M., van Vliet M. T. H., Smakhtin V., Kang S. (2019) The state of desalination and brine production: A global outlook. *Science of the total environment*. **657**, 1343-1356.
- Kremer M. (1993) Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990. *Quarterly Journal of Economics*, **108**, 681-716.
- Leonardi M., Barbujani G., Manica A. (2018) An earlier revolution: genetic and genomic analyses reveal pre-existing cultural differences leading to Neolithization. *Sci. Rep.*, **9**, 682-683.
- McEvedy C., Jones R. (1978) Atlas of World Population History, London Penguin, 368 pp.
- Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y. (2016) Four billion people facing severe water scarcity. *Science Advances*, **2**(2), 6 pp.
- McCaffrey, S.C. (1996) The Harmon Doctrine one hundred years later: buried, not praised. *Nat. Resources J.*, **36**, 965-1007.
- OECD Environment: The Water Challenge: Sharing a Precious Commodity (2012), <http://www.oecd.org/environment/environmentthewaterchallengessharingapreciouscommodity.htm>.
- Postel S. L., Daily G. C., Ehrlich P. R. (1996) Science, Human appropriation of renewable fresh water. *Science*. **271**, 785-788.
- Shiklomanov I. A. (2009) Appraisal and Assessment of World Water Resources, *Water International*, **25**, 11-32.
- UN document on the human rights to safe drinking water and sanitation. UNGA <https://www.ohchr.org/en/issues/waterandsanitation/srwater/pages/srwaterindex.aspx>
- Water and Food Security (2015) La falda acquifera di Disi. Una risorsa condivisa tra Giordania e Arabia Saudita. <https://www.waterandfoodsecurity.org/scheda.php?id=110>.
- WWAP (United Nations World Water Assessment Programme)/UN-Water (2018) The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water. Paris, UNESCO.
- World Water Council/OECD (2015) Report of the high-level panel on financing infrastructure for a water-secure world https://www.worldwatercouncil.org/sites/default/files/Thematics/WWC_OECD_Water_fit_to_finance_Report.pdf.
- World Water Development Report 2020: Water and Climate Change, Paris, UNESCO.
- Ye Li, Saren Qi, Miao T., Wentalia W., Rong W. (2019) Fabrication of aquaporin-based biomimetic membrane for seawater desalination. *Desalination*. **467**, 103-112.

Co-operativity in human hemoglobin. A sequential mechanism

Nota del socio Giuseppe Geraci¹
(Adunanza del 18 dicembre 2020)

Keywords: Human hemoglobin, CO binding, co-operativity, induced fit.

Riassunto - Il meccanismo della cooperatività del legame tra l'emoglobina umana e i suoi ligandi è ancora non completamente definito. A distanza di anni dagli esperimenti fatti una loro valutazione complessiva in cui i dati cinetici vengono confrontati con i dati cristallografici, permette di proporre un meccanismo di funzionamento che soddisfa i risultati di entrambe le linee di ricerca. Ne risulta che la combinazione dell'emoglobina con il CO è ben rappresentata da un meccanismo tipo Adair in cui le catene α sono quelle inizialmente disponibili alla reazione nella struttura del tetramero senza ligandi (stato T), in perfetto accordo con i dati cristallografici, ma la conversione alla struttura R (con ligandi e ad alta affinità) è un evento che avviene solo dopo la saturazione degli emi delle catene α ed è stabilizzato dal legame del CO all'eme di una delle due catene β .

Abstract - The cooperative mechanism of ligand binding to human hemoglobin is still not completely defined. An overall analysis of kinetic experiments performed in the past on human hemoglobin combined with crystallographic data permit to propose a sequential mechanism that satisfies both research lines. In this mechanism CO binding to human hemoglobin occurs according to an Adair type biphasic process in which α chain hemes bind compulsory first followed by β chain hemes. In detail, the molecule is initially in the low affinity T state in which α chain hemes are the only ones that combine with the ligand. Conversion of the molecule to the high affinity β un-liganded R state occurs only after saturation of both α heme sites and is stabilized by ligand binding to one of the two un-reacted β chain hemes.

¹, University of Naples Federico II and Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche della Società Nazionale di Scienze, Lettere e Arti in Napoli, via Mezzocannone 8, 80134 Napoli, Italy

1 – INTRODUCTION

The mechanism producing co-operativity of ligand binding in the tetrameric molecule of human hemoglobin has been in the past a long issue without a definite answer. A mechanism in which a sequential binding of ligands occurs in a molecule showing co-operativity of reaction, was initially proposed by Koshland (1958). According to that mechanism, the initial combination of a ligand to a subunit of a multimeric molecule induced alterations in the structure of the other subunits increasing their reactivity. This mechanism was defined induced fit. It was challenged by another mechanism proposed by Monod *et al.* (1965) in which an equilibrium between two forms, with different ligand affinity, existed in the tetrameric molecule of hemoglobin. One form, defined T (tight), present in the absence of ligands, exhibiting a low affinity and the other form R (relaxed), an increased affinity, stabilized by ligand binding. In this model it was postulated a situation of symmetry in which the two states of the molecule had different quaternary structures, but the individual subunits retained their tertiary structures. This postulate contrasted with Perutz's findings by crystallographic analyses of different hemoglobin derivatives showing that not only the quaternary structure but also the tertiary structures were different in crystals of unliganded and fully liganded molecules. This prompted Perutz to propose a model mechanism similar to that of Monod *et al.* (1965) but based on two equilibrium forms in which both tertiary and quaternary structures were different in unliganded and in the increasingly liganded tetramers (Fig. 1, Perutz, 1976). A more complete presentation of these models, with a detailed analysis and discussion, can be found therein and in Parkhurst (1979).

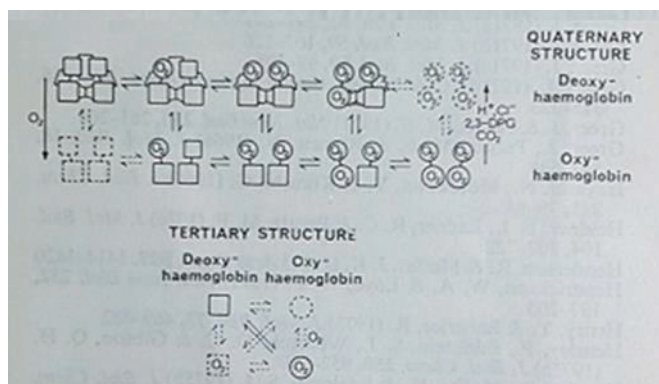


Fig. 1 – The smaller subunits represent the α , the larger ones the β subunits. The clamps between them represent salt bridges; those between β subunits represent DPG. Unstable forms have been drawn in broken lines. Loosening of salt bridges on ligand binding is indicated by wavy lines. The order of oxygenation and salt bridges rupture is arbitrary (from Perutz, 1976).

This note is not intended to be a review. It is the presentation of the results of different kinetic experiments that were aimed at collecting evidence about the mechanism of CO (carbon-monoxide) binding to human hemoglobin comparing them with crystallographic data. The overall results are in good agreement with a sequential Adair-type mechanism of ligand binding to human hemoglobin compulsory initiating with CO binding to the α chains of the molecule in the T, low reactivity un-liganded state. When both α chains are liganded the structure relaxes in the higher reactivity R state that is stabilized after CO binds to one of the two unreacted β chain hemes.

2 – KINETIC EVIDENCE

The initial results that permitted the determination of the contribution of the two different subunits to the mechanism of ligand binding to human hemoglobin were provided by a procedure to isolate α and β chains that retained full capacity to recombine forming an $\alpha_2\beta_2$ tetramer exhibiting all the tested physico-chemical and functional properties characteristic of native hemoglobin (Geraci *et al.*, 1969). That work was performed in the laboratory of Quentin H. Gibson at the Molecular Biology Unit of Cornell University in Ithaca, N.Y. where I was working for one year as a Fulbright fellow and recipient of National Institute of Health Special Fellowship. The subunits isolated by the procedure that I set up, differently from subunits isolated by previous methods (Bucci and Fronticelli, 1965), showed that α and β chains had different and distinctive ligand binding and spectroscopic properties. Also, circular dichroism spectra in the visible and in the Soret regions of the spectra showed distinct peak position, molar ellipticity and rotational strength reflecting differences in the environments of the hemes in the α and β chains (Geraci and Li, 1969). Those findings potentially offered the opportunity to follow the reaction of each of the two chains with the ligand while participating to the hemoglobin tetramer. To this aim a research line was started to establish the effects of recombination on the spectroscopic and functional properties of each individual chain.

The most important characteristic, relevant to assessing an accurate binding mechanism, was that the two subunits had a slightly but distinctive different absorption spectra both in the un-liganded and in the liganded state. It appeared possible to start the study to establish the origin of the biphasic time course of CO binding kinetically evident at the wavelengths around 425 nm, the Soret region of an isosbestic point, in a fast kinetic stopped flow apparatus (Fig. 2) and the origin of the acceleration of CO binding occurring in the progress of the reaction (Gibson and Roughton, 1955). At a difference, equilibrium measurements of CO (or oxygen) binding to deoxy-hemoglobin show a sharp isosbestic point in that region as in the case of a monomeric molecule (Fig 3). Fast kinetic analysis of the two phases, following the method of Geraci and Gibson (1967),

showed each to occur as a true second order reaction devoid of hidden limiting first order rate constants necessarily present in the case of an equilibrium between alternative molecular forms

To properly identify the contribution of each subunit to the observed optical changes occurring during the reaction of hemoglobin with the ligand it was necessary to better analyze the effects of chain recombination on the properties of the isolated chains.

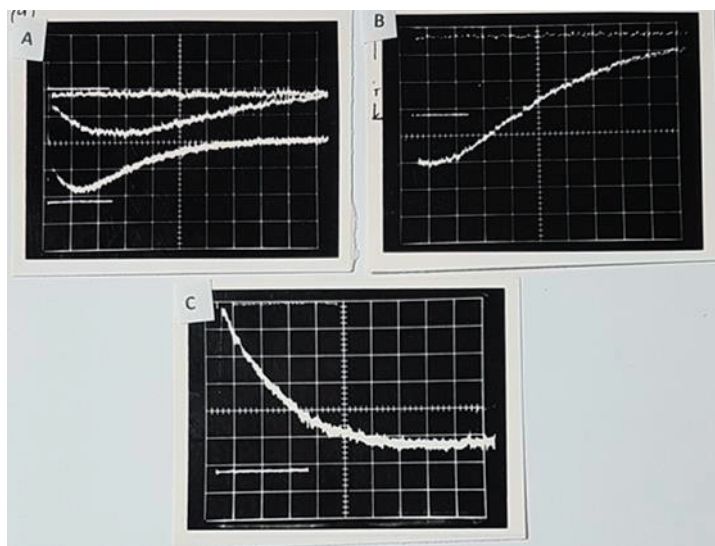


Fig. 2 – Oscilloscope traces of the reaction of human deoxy-hemoglobin with carbon monoxide in 0.1 M K phosphate pH 7.0, 20°C. Hb 5 μ M, CO 50 μ M after mixing in a stopped-flow Gibson-Durum fast kinetic apparatus. A), λ , 424.8 nm; time scale 25 and 50 msec per division. Upper flat curve final reaction optical density. B) λ , 424.3 nm; time scale 50 msec per division; C) λ , 425.3 nm; time scale 50 msec per division. Wavelengths of absorbance recording in B and in C represent respectively isosbestic points of α and β chain hemes. See Fig 3 for isosbestic point definition. Note that the isosbestic points of α and β isolated chains are respectively 424.4 and 426.6 nm and that in the normal hemoglobin tetramer only that of β chain hemes is markedly altered. Unpublished experiments.

3 – STUDIES TO ASSESS THE EFFECTS OF CHAIN RECOMBINATION ON THE ISOLATED CHAINS

In order to identify which subunit causes the changes observed around the Soret spectroscopic isosbestic point when hemoglobin binds CO, a delicate chemical surgery was made to that molecule. Proto hemes were removed from the globins and the isolated chains were combined with meso- or deuterio-hemes

that are two heme variants modified in the side chains having the Soret spectral peaks differing by about 10 nm, but showing rates of reaction with CO almost identical to that of normal proto-heme (Geraci *et al.*, 1969). Hemoglobins with hybrid hemes prepared in all possible different heme combinations, including variants with hemes only in the α or β globins, showed that the characteristics of α chains are less modified than those of β chains when they recombine to form the tetramer (Parkhurst *et al.*, 1970) permitting to distinguish the spectroscopic contributions of α and β hemes in hemoglobin.

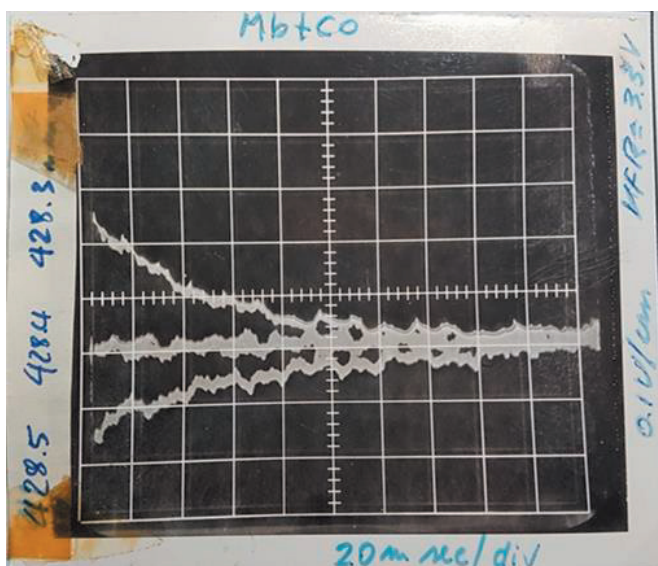


Fig. 3 – Oscilloscope traces of the reaction of the monomeric heme-protein Myoglobin with carbon monoxide in 0.1 M K phosphate pH 7.0, 20°C. Mb5 μ M, CO 50 μ M after mixing. Time scale 20 msec per division. Upper trace, λ , 428.3 nm. Intermediate flat trace, λ , 428.4 nm. Lower trace λ , 428.5 nm. The flat intermediate trace (at 428.4 nm) shows no change of optical density with time because it corresponds to the wavelength where the optical density of un-liganded and liganded Mb have the same value. That wavelength is indicated as isosbestic point. Note that the variation of optical density at the wavelengths only one Angstrom higher or lower than that of the isosbestic point change in opposite direction with time. This is expected in the case of a monomeric molecule such as myoglobin. Unpublished experiments.

Studies on the rate of reaction of the β 93 SH groups of hemoglobin, a parameter highly dependent on the ligand state of the molecule (Geraci and Sada, 1972) showed that the conformation of β globin depended essentially on the interaction with α chain globin since heme introduction in the α chain heme pockets made little difference on the reactivity of partner β globin SH groups (Geraci and Parkhurst, 1971). It was clear that changes in the globin properties causing

differences in the $\beta 93$ SH groups reactivity depended mainly on chain to chain interaction. This finding proved to be of interest to define the final steps of the mechanism of reaction.

The different effect of chain recombination on α and on β chain properties was further confirmed in a study carried out in collaboration with Filippo Conti, of the University La Sapienza in Roma, who had previously shown (Conti and Pace, 1971) that the NMR resonance spectrum of ^{13}CO bound to hemoglobin hemes was split. Since I was able to prepare native isolated α and β chains it became possible to correlate the two NMR signals to the proper hemoglobin chains (Antonini *et al.*, 1973) confirming the major effect on β chains.

4 - STUDIES THAT DISSECTED THE REACTION OF HEMOGLOBIN WITH CO

Crucial to the definition of the sequential steps of CO binding to each hemoglobin chain were the experiments carried out in collaboration with Massimo Coletta of the University Tor Vergata, Roma, Italy. The most revealing data were obtained in a series of fast kinetic experiments of ligand binding using increasing concentrations of CO relative to that of the hemes. We found that up to a concentration of CO sufficient to saturate less than 50% of the hemes the reaction showed only one phase and occurred with a true second order rate constant. Interestingly, the product was not found to be 50% of saturated molecules but 100% of a thermodynamically stable intermediate form in which only α chains were combined with CO. This intermediate product was further reacted with CO reaching full saturation with a faster time course. Both individual reaction rates, that with sub-saturating concentration of CO and that of the intermediate product using saturating concentration of CO, were determined on normal hemoglobin following the reaction at the same wavelength. The two rates resulted to be second order rate constants. Analyses of those reactions with increasing CO concentrations did not show the presence of hidden first order rate constant indicating that both the two α and the two β chains of the normal hemoglobin reacted as single species. In addition, both the intermediate partially saturated form and the fully saturated molecule showed the same rate constant of CO dissociation (Coletta and Geraci, 1991).

5 – A MECHANISM OF LIGAND BINDING TO HUMAN HEMOGLOBIN BASED ON FUNCTIONAL ANALYSES

The guideline to define a mechanism of ligand binding to hemoglobin can only be found following the mechanism proposed by Perutz for the accuracy and elegance of his description of the changes occurring in that molecule at increasing levels of heme saturation. In Fig. 1, representing Perutz's model mechanism (Perutz, 1976), the hemoglobin tetramer is shown to exist in two different quaternary states indicated T (tight) for the low affinity form and R (relaxed) for

the form with higher affinity for ligands each with different tertiary structures.

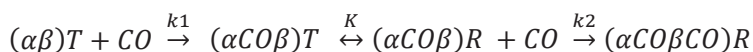
To what extent the functional dynamic results reported here are in agreement with the combination steps of Perutz's mechanism that was proposed on the bases of static crystal structure analyses. A first and most relevant result of kinetic analyses of CO combination with hemoglobin is the biphasic progress of the reaction revealed in the wavelength Soret region of the spectroscopic isobestic point of equilibrium measurements (Fig. 2A). The two individually studied combination phases, are true second order reactions. No first order relaxation process that might influence the reactivity of the hemes is observed. Since hemoglobin is a tetramer of two α and two β chains, these results show that the two α chain hemes are equivalent to each other, reacting as first with a lower rate constant. This agrees with Perutz's model in which the interaction of the first α chain is shown to have no structural consequence on the other one. Kinetically also the two β chains hemes reacting with a second and higher rate constant with CO are equivalent to each other. The two α and the two β chain hemes are indistinguishable in their kinetics of reaction with CO, but each with a different rate constant. When one of the α or one of the β chain hemes initially react with the ligand, the other reacts with the same rate. When the ligand concentration is limiting, corresponding to less than 50% of the heme concentration, the reaction occurs with the slower rate and α chains only appear liganded (Colletta and Geraci, 1991). This partially saturated molecular form is thermodynamically stable since no migration of the CO liganded to the α chains appears to occur with time. The intermediate form of hemoglobin, with both α chain hemes liganded to CO and un-liganded β chains, further reacts with CO, upon gas addition, showing a normal true second order, and faster, kinetic rate constant. These data show that, similarly to what reported in Perutz's model, when the second α chain is saturated with CO the quaternary T structure of the tetramer is in equilibrium with the R high reactivity state. Measurements of $\beta 93$ SH reactivity with a mercurial show a lower value in T-hemoglobin form with respect to a much faster reactivity in the R-hemoglobin form. In line with kinetic results of CO combination to the hemes, those experiments show that the increased reactivity of $\beta 93$ SH groups is due to β globin- α globin interactions, that is on quaternary structure alterations (Geraci and Sada, 1972; Geraci and Parkhurst, 1971; 1973). These results, transferred to Perutz's mechanism where the most relevant chain-chain interactions are shown, are in agreement with the binding of the first CO to an α chain of the molecule in the T state. In further agreement that binding does not induce any alteration in the partner α chain requiring that the two hemes react similarly. When a CO dissociates from one of the two saturated α chain sites the structure must relax back to the T state before any possible CO combination with the partner β chains may occur because otherwise the process would end up, no matter how slowly, with fully saturated molecules also in the presence of sub-stoichiometric ligand concentrations.

When the second α site is filled an equilibrium between the molecule in the low reactivity T state and the high reactivity R state occurs, as revealed by the increased rate of reaction with the ligand CO observed in the second phase of the ligand combination and as measured separately on the same molecule in the intermediate saturated form. The observed stability of the molecule liganded only in the α chains requires that the equilibrium between the T and R forms is very rapid compared to the rate of ligand binding to the β chain hemes. This limits the binding of CO to β chain hemes only to the condition that both α chain hemes are saturated. During the period in which the molecule is liganded on both α heme sites the β heme sites are fully exposed and react at higher rate upon addition of ligand, producing a cooperative effect. The stability of the intermediate form obtained when the ligand concentration is less than 50% that of the hemes, is easily explained on the bases of what reported above, considering that the temporarily free CO molecules derive from dissociation from α chain hemes and that the structure of the hemoglobin molecule with only one saturated α chain heme is the T state. Moreover, when the molecule relaxes from T to R state in the presence of high gas concentrations, the two β heme sites react with only one rate as occurs to the two α chains hemes in the T state when the molecule is un-liganded. It appears that Perutz's allosteric mechanism can be simplified to an Adair type of sequential reactions compulsory initiating with α chain saturation because they are the only ones exposed in a T state molecule. Since the combination of the unliganded T state with CO occurs with a second order kinetics and no hidden first order limiting process is detected by proper analysis of that reaction, the two α hemes are equivalent and no evidence exists of a possible T = R equilibrium between a state with one and a state with two α chains CO liganded. The two sites react as one. The same result is obtained for the combination of the β chain with CO. These findings were obtained both in the analysis of the time course of the reaction of hemoglobin with CO and also in the reaction with CO of the intermediate hemoglobin form, partially saturated with that ligand. These results show that the transition from a T state to a R state, occurs only when the two α chains are both saturated with CO and that CO dissociation from that intermediate form causes the rapid transition of the molecular structure back to the T structure, where β chains are in a low affinity state. It results that a mechanism predicting other equilibrium states in addition to that between the T and R states of the molecule with two α chains CO liganded and un-liganded β chains, are not necessary to represent the ligand binding to the hemoglobin molecule.

6 – CONCLUSION

Perutz's model, based on molecular structures determined on several and different hemoglobin states, accurately describes interactions within and be-

tween chains of the four subunits. However, functional data show that it can be simplified to a mechanism in which the two α chain hemes of the T form behave as a single species to generate the doubly liganded form. This is in rapid equilibrium with the R form that is the only one in which β chain hemes can react with CO as a single species, as here depicted:



In the model above T and R represent the quaternary states of the tetramer having two functionally equivalent α and β chains indicated as one; k_1 and k_2 are second order rate constants for CO combination. K is the equilibrium constant between T and R states of the tetramer with only α chains combined with CO. $k_1 < k_2$; the dissociation rate constant k_{off} is the same for all hemoglobin states and has been omitted for simplicity-

7 – REFERENCES

- Antonini E., Brunori M., Conti F., and Geraci G. (1973) NMR studies of ^{13}CO -hemoglobin. Alpha and beta chain identification, *FEBS Lett.* **34**(1), 69-70.
- Bucci E. and Fronticelli C. (1965) A new method for the preparation of α and β subunits of human hemoglobin, *J. Biol. Chem.* **240**, PC 551-552.
- Coletta M. and Geraci G. (1991) Observation of a stable intermediate form in the reaction of human hemoglobin with carbon monoxide. *Eur J Biochem.* **196**(3), 569-573.
- Conti F. and Paci M. (1971) Natural abundance ^{13}C spectra of proteins: Carboxy-myoglobin and hemoglobin, *FEBS Lett.* **17**(1), 149-152.
- Geraci G. and Gibson Q.H. (1967) The reaction of liver alcohol dehydrogenase with reduced diphosphopyridine nucleotide, *J Biol Chem.* **242**(18), 4275-4278.
- Geraci G. and Li T.K. (1969) Circular dichroism of isolated and recombined hemoglobin chains, *Biochemistry* **8**(5), 1848-1854.
- Geraci G. and Parkhurst L.J. (1971) Fattori influenzanti la reattività dei sulfidril beta-93 dell'emoglobina umana, *Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Rendiconti* [Serie 8], **50**(1), 40-44.
- Geraci G. and Parkhurst L.J. (1973) Effects of heme-globin and chain-chain interactions on the conformation of human hemoglobin. A kinetic study. *Biochemistry* **12**(18), 3414-3418.
- Geraci G. and Sada A. (1972) Reactivity of the 93 β sulphhydryls of human haemoglobin A: influence of the C-terminal residues, *J Mol Biol.* **70**(3), 729-734.
- Geraci G., Parkhurst L.J. and Gibson Q.H. (1969) Preparation and properties of alpha- and beta-chains from human hemoglobin, *J Biol Chem.* **244**(17), 4664-4667.
- Gibson Q.H. and Roughton F.J.W. (1955) The kinetics of dissociation of the first oxygen molecule from fully saturated oxyhaemoglobin in sheep blood solutions. *Proc. R. Soc. B* **143**, 310-334.
- Koshland, D. E., Jr. (1958) Application of a theory of enzyme specificity to protein synthesis, *Proc. Nat. Acad. Sci.* **44**(2), 98-104.
- Monod J., Wyman J. and Changeux J.P. (1965) On the nature of allosteric transitions: A

- plausible model, *J. Mol. Biol.* **12**(1), 88-118.
- Parkhurst L.J. (1979) Hemoglobin and Myoglobin Ligand Kinetics, *Ann. Rev. Phys. Chem.* **30** 503-546
- Parkhurst L.J., Geraci G. and Gibson Q.H. (1970) Kinetics of the reaction of hybrid-heme hemoglobins with carbon monoxide. *J Biol Chem.* **245**(16), 4131-5.
- Perutz M.F. (1976) Structure and mechanism of haemoglobin, *British Med Bull.* **32**, 195-208

In ricordo di Bruno Preziosi

Nota del socio Salvatore Solimeno¹
(Adunanza del 18 dicembre 2020)

Keywords: Physics of Matter in Naples; history of physics in postwar period.

Abstract - Many researchers of the “Federico II” University owe to Bruno Preziosi the institution and steady growth of the area of physics of matter. Bruno shares with Peppino Iadonisi the merit of having given birth to a school of solid-state physics. To carry out his project, Preziosi had to overcome significant obstacles, linked both to the history of the Institute of Theoretical and Nuclear Physics, and to the vicissitudes of the Physics of Matter area in post-war Italian universities. These brief notes, written to testify to his commitment as a researcher and organizer, summarize some significant moments that saw Bruno present at the forefront both locally and nationally.

Riassunto - Molti ricercatori della “Federico II” devono a Bruno Preziosi l’istituzione e la costante crescita dell’area della fisica della materia. Bruno condivide con Peppino Iadonisi il merito di aver dato vita a una scuola di fisica dello stato solido. Per realizzare il suo progetto Preziosi ha dovuto superare ostacoli significativi, legati sia alla storia dell’Istituto di Fisica Teorica e Nucleare, sia alle vicende dell’area Fisica della Materia nelle università italiane del dopoguerra. Queste brevi note, scritte per testimoniare il suo impegno di ricercatore e organizzatore, riassumono alcuni momenti significativi che hanno visto Bruno presente in prima linea sia a livello locale che nazionale.

1 – I PRIMI ANNI

Il 26 agosto 2019 è venuto a mancare Bruno Preziosi, cui va il merito di aver fatto nascere nell’Università di Napoli una scuola di fisica dello stato solido. Molti ricercatori debbono a lui la nascita ed il consolidamento dell’area di fisica della materia. Queste brevi note vogliono testimoniare alcuni passaggi particolarmente significativi della Sua attività di ricercatore ed organizzatore.

¹ Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche della Società Nazionale di Scienze, Lettere e Arti in Napoli, via Mezzocannone 8, 80134 Napoli; solimeno031141@gmail.com.

Nasce l'8 giugno 1931 a Sant'Angelo del Pesco in provincia di Isernia, un piccolo comune agricolo dell'alto Molise, fino al 1790 ancora parte integrante



dell'Abruzzo Citeriore. La mamma, maestra, scopre presto la predisposizione di Bruno per la matematica, ma passa molto del tempo a frenare le intemperanze dei due marmocchi impegnati in pericolose acrobazie. Gli fa saltare la quinta e le medie passano lisce. Per il Liceo quelli di Sant'Angelo andavano per tradizione a L'Aquila.

Al Liceo comincia ad evidenziarsi un certo tratto aristocratico di Bruno: ama isolarsi e correre dietro i suoi pensieri, il primo dei quali è il gioco degli scacchi. A 17 anni consegue la maturità e si iscrive al Corso di laurea in Matematica e Fisica dell'Università di Napoli. Ora è libero di organizzare le proprie giornate, ma sempre sotto lo sguardo attento di Lucia, la sua adorata compagna, e direi musa, di tutta la sua vita. La passione per gli scacchi, ed in particolare per i problemi, ha la meglio su tutto. Bruno comincia a mandare soluzioni e lavori a diverse riviste di scacchi².

Cosa c'era dietro questa passione? Pensando a questi problemi Bruno si estraniava assumendo una posizione eretta e morsicando i bordi di un foglio di carta.

Questo atteggiamento non presenta forse gli stessi tratti dell'interesse dei matematici per i Topological Games? (vedi, p. e., Telgársky 1987 e Revalski 2003-2004).

Dall'aprile '53 al marzo '55 non fa alcun esame per colpa degli scacchi mentre Lucia, la tanto adorata futura moglie, si laurea ed apre una farmacia a Carunchio, nel Molise. Questo fa da molla per superare gli ultimi tre esami nella sessione estiva e laurearsi col Prof. Carlo Miranda.

Questa insistenza sull'interesse per gli scacchi può far pensare ad un giovane non interessato agli altri. Al contrario Bruno ha nutrito una forte passione per il sociale. Quando era studente durante l'estate faceva lezione d'inglese ai suoi compaesani che stavano per emigrare in America o in Australia in modo che sapessero i rudimenti della lingua. Ha fondato nel suo paese una cooperativa agricola-zootecnica, coinvolgendo anche altri fisici napoletani.

Il fatto di essersi laureato con un certo ritardo fu una fortuna per Bruno. Infatti, dopo la scomparsa di Majorana, solo nel 1955 la cattedra di Fisica teorica fu messa a concorso ed i ternati furono Eduardo Renato Caianiello, Marcello Cini

² Eccone un elenco: Chess Life, Themes-64, To Mat, Revista de Sah, L'Echiquier Belge, Schweizerische Schachzeitung, L'Italia Scacchistica, Arbeiter Shak, Die Schwaibe, El Ajedrez Espanol, Dagbladet, Probleemblad.

e Fausto Fumi. Nel febbraio del '56 la Facoltà chiama a ricoprire la cattedra Caianiello.

Una volta a Napoli Caianiello ricopre quella cattedra di Fisica teorica che era stata di Ettore Majorana. Caianiello è un vulcano in continua eruzione: rilancia l'attività didattica e di ricerca, e nel novembre 1957 trasferisce l'Istituto di Fisica teorica nel padiglione 19 della Mostra d'Oltremare.

Nel 1957 Caianiello fonda a Napoli la Scuola di Perfezionamento in Fisica Teorica e Nucleare che segnerà profondamente la storia della Fisica nella Federico II. All'inaugurazione dei corsi partecipa Werner Heisenberg.

Con l'apertura di questa Scuola si apre un capitolo nuovo per la comunità dei fisici napoletani. Fino ad allora la maggioranza dei laureati mirava all'insegnamento nelle scuole. La Scuola di Perfezionamento offriva l'occasione a molti di venire in contatto con gli intriganti scenari aperti della fisica nucleare, che in quegli anni stava acquistando molta popolarità con l'avvento dell'energia nucleare. Molti iscritti proseguiranno gli studi per il conseguimento del PhD in diverse università americane. Tra questi Renato Musto, che ci ha lasciati da alcuni anni, e Francesco Nicodemi si recheranno a Syracuse dove conseguiranno il PhD con Sudarshan. Ad essi si assoceranno Franco Zaccaria ed Alberto Simoni. Dopo alcuni anni, si trasferirà a Syracuse per il PhD Giuseppe Marmo, che avvierà con Sudarshan una collaborazione che terminerà solo con la dipartita di quest'ultimo.

In quegli stessi anni il Prof. F. Mazzoleni pubblica il primo testo sui reattori nucleari (Mazzoleni 1956) e tiene ad Ingegneria, in collaborazione con i proff. Piero Cuzzocrea e Vittorio Betta, il "Seminario sui Reattori Nucleari" seguito da molti studenti di vari corsi di laurea.

Bruno si iscrive alla scuola di Perfezionamento e nel '59 diventa assistente volontario. In questa veste viene spesso chiamato fino al 1964 a sostituire Caianiello al Corso di Fisica teorica (oggi Istituzioni di Fisica teorica), frequentato tra gli altri da Giuseppe Iadonisi³, con il quale si svilupperà un'amicizia profonda ed una comunanza di interessi scientifici. Successivamente diviene ricercatore dell'INFN, prima R6 e poi R5.

2 – TEORIA DEI CAMPI

Entrato nell'orbita di Caianiello a Bruno viene affidata una ricerca sulla possibilità di estendere il concetto di regolarizzazione di Hadamard al trattamento delle divergenze in teoria dei campi. Questo metodo consiste nel regolarizzare integrali divergenti eliminando alcuni termini divergenti e mantenendo la parte finita, il che viene interpretato come una continuazione meromorfa di un integrale convergente. Il problema era circoscritto ad alcuni tipici integrali ricorrenti in

³ G. Iadonisi, Intervento letto all'inaugurazione del Convegno in onore di Bruno Preziosi, Napoli, 6 e 7 ottobre 2003.

teoria quantistica dei campi, ma la problematica a cui erano legati era molto più ampia. Questo approccio era tipico di Caianiello che aveva la grande abilità di ridurre problemi molto complessi a dimensioni apparentemente banali. E così Bruno fu trascinato subito in un vortice di idee nuove ed eccitanti riguardanti le singolarità in teoria dei campi.

In questa avventura non si trovò da solo; molti altri erano stati catturati dal fascino di Caianiello. Bruno ed Alfonso Campolattaro svilupparono un approccio originale alla rinormalizzazione, con uno schema basato su equazioni ricorsive per i propagatori (Caianiello *et al.* 1960, 1961; Preziosi 1964).

Negli stessi anni Bruno collabora col gruppo di Vitale. Ne nasce un lavoro sulle rappresentazioni irriducibili di SU_3 (Preziosi *et al.* 1964).

Si era intanto creato un gruppo di Fisica teorica formato da Maria Marinaro, Alfonso Campolattaro, Bruno Preziosi, Francesco Guerra, e Gaetano Scarpetta.

Dopo qualche anno, Campolattaro lascerà l'Italia per trasferirsi all'Università dell'Illinois ad Urbana- Champaign per occuparsi di relatività. A lui si debbono due importanti lavori fatti col premio Nobel Kip Thorne, scopritore delle onde gravitazionali.

Francesco Guerra andrà in Russia ad occuparsi di teoria quantistica dei campi, acquisendo competenze che lo porteranno a significativi risultati nella teoria dei vetri di spin.

Gaetano Scarpetta dopo qualche anno lascerà Napoli per fondare con Caianiello il nuovo Istituto di Fisica di Salerno.

Il sodalizio di Bruno con Mara Marinaro durerà a lungo. È di quegli anni un lavoro con A. Coniglio (Coniglio *et al.* 1966) in cui si parla della possibilità per un sistema di bosoni di presentare non solo una condensazione di Bose solita in una fase omogenea, che viene collegata al fenomeno della superfluidità, ma anche della possibilità di avere una condensazione in fase cristallina (periodica). A quei tempi con collegarono gli autori questa fase all'esistenza di una possibile fase "supersolida". È interessante che negli ultimi anni questa fase sia stata trovata ed abbia avuto una grande risonanza.

Bruno, Peppino Iadonisi ed Antonio Coniglio si occuperanno nel prosieguo della loro attività di teoria quantistica dei campi, il che li porterà a scoprire il fascino della teoria dei molti corpi che si stava sviluppando in quegli anni.

3 – GRUPPO MANY BODY DI NAPOLI

Nel 1951 David Bohm e David Pines pubblicano la tesi di dottorato di quest'ultimo svolta a Princeton (Bohm e Pines 1951) in cui viene esteso il metodo Hartree-Fock ad un insieme di elettroni contenuti in una scatola in presenza di un fondo di carica positiva di pari valore e ne studiano le oscillazioni di plasma. A questo lavoro ne seguiranno altri due nel '52 e nel '53 (Pines e Bohm 1952; Bohm e Pines 1953)

in cui prendono in considerazione le interazioni Coulombiane arrivando così a calcolare perturbativamente l'energia dello stato fondamentale. Storicamente si tratta del primo calcolo quantistico applicato ad un sistema a molti corpi. Il risultato lasciava però incerti sull'energia di correlazione Coulombiana: al termine fondamentale proporzionale al logaritmo del volume medio del singolo elettrone si aggiungeva un altro termine che rappresentava la correzione perturbativa al secondo ordine. Nel '57 Gell-Mann e Bruckner (Gell-Mann e Bruckner 1957) riescono a calcolare quest'ultimo termine. Eureka! Ciò fece acquistare fiducia nei precedenti calcoli, che presentavano un punto debole nel fatto di usare un approccio perturbativo per un sistema degenere.

A gennaio 1961 appare sul Nuovo Cimento un timido articolo di J. Goldstone (Goldstone 1961) in cui, riprendendo un'idea di Nambu, si affronta il problema della degenerazione. Estendendo il concetto di coppia di Cooper⁴ Goldstone si interroga sulla rottura di simmetria dovuta alla presenza di un bosone. Questo lo porta a concludere che lo stato fondamentale di un sistema a molti corpi non è degenere: ergo, gli approcci perturbativi sono validi. Cadeva finalmente un tabù.

Questi sviluppi della teoria quantistica dei campi rifletteva l'applicazione della teoria matematica dei sistemi lineari a vari ambiti scientifici. In elettronica trionfava il concetto di risposta impulsiva di reti molto complesse, mentre in fisica teorica andava guadagnando consensi la caratterizzazione di un mezzo mediante la funzione di Green, ovvero il campo creato da una opportuna sorgente localizzata in un generico punto dello spazio fisico.

L'efficacia di questo approccio, reso possibile dalla linearità della risposta, finì per attrarre perfino gli ingegneri chimici che svilupparono modelli complessi di reattori scomponendoli in tanti elementi, denominati *unit operation*, una sorta di schemi a blocchi⁵.

Caianiello era dotato di un sesto senso che gli faceva percepire il nuovo attorno a lui. Si rese subito conto che la teoria quantistica dei campi poteva dare man forte alla teoria dei many-body. A partire dal '61 scelse come tema dell'International School of Physics, da lui fondata a Ravello, la fisica dei many-body. Questi convegni si conclusero con una serie di volumi⁶, che diventeranno dei punti di riferimento molto importanti.

⁴ Dal nome del fisico Leon Cooper, è uno stato legato fra due elettroni associato alla superconduttività di un metallo, che si può realizzare grazie all'intervento di una interazione prodotta dalle deformazioni reticolari di un cristallo.

⁵ Si veda ad es. in McCabe *et al.* 1956. «An economical project of organizing much of the subject matter of chemical engineering is based on two facts: (1) although the number of individual processes is great, each one can be broken down into a series of steps, called operations, each of which in turn appears in process after process; (2) the individual operations have common techniques and are based on the same scientific principles».

⁶ E. R. Caianiello, *Lectures on the Many-body Problem*, Vol 1, Academic Press, 1962; Vol 2 Academic Press 1963.

C'è da riconoscere che Bruno si trovò al posto giusto al momento giusto. A suo merito va l'essersi sintonizzato col suo maestro, in ciò preceduto da Maria Marinaro. Così entrambi decisero all'inizio degli anni Sessanta di approfondire il tema del propagatore (così era anche chiamata la funzione di Green), associando al gruppetto Antonio Coniglio, Peppino Iadonisi e Marco Maturi; più tardi si inserì Nando Mancini. Il gruppo, incluso Aldo Covello, si riuniva il lunedì di ogni settimana alla Villa Vergiliana di Cuma ad approfondire vari aspetti di questo formalismo. Di grande aiuto risulteranno gli appunti sulla funzione di Green di Franco Bassani scritti sulla base delle lezioni di Robert Schrieffer⁷ all'Università di Urbana (Illinois, USA) nel 1957. L'obiettivo del gruppo era quello di applicare tecniche di Teoria dei Campi ai sistemi many body. Nel 2009 i membri di quel gruppo si ritrovarono alla villa Vergiliana (v. foto). Maria Marinaro non poté parteciparvi: stava già male e se ne sarebbe andata dopo poco.

Nella seconda metà degli anni Sessanta, il gruppo di ricerca “molti corpi” prese due strade: una verso lo stato solido, con Preziosi e Iadonisi, l'altra indirizzata verso lo studio dei fenomeni critici con Marinaro e Coniglio.



Incontro alla Villa Vergiliana (Cuma), 2009. Da sinistra: Antonio Coniglio, Aldo Covello, Bruno Preziosi e Peppino Iadonisi.

⁷ Assistente di John Bardeen all'Università dell'Illinois. Nel '72 riceverà il premio Nobel con Bardeen e Cooper.

4 – CENTRI DI COLORE

Perché Bruno preferì indirizzarsi verso lo stato solido e non verso i fenomeni critici? In quegli anni furoreggiava la fisica dei gruppi di rinormalizzazione. I lavori di Jona Lasinio erano al top dell'attenzione del mondo scientifico. Bruno e Peppino preferirono l'ambito dello stato solido, ovvero per la tecnologia principe del futuro. Per far questo scelsero di far riferimento al prudente Franco Bassani, conosciuto nel G.N.S.M. attraverso Caianiello, che segnerà non solo la storia scientifica di Preziosi e Iadonisi, ma che si rifletterà in molte delle scelte che negli anni Bruno farà come direttore dell'Istituto di Fisica Teorica e dello stesso Dipartimento di Scienze Fisiche.

Si dovette all'incontro con Bassani il trasferimento del gruppetto napoletano per due anni a Messina dove si occupò della fisica dei centri di colore (F). Questa prima esperienza di lavoro fu molto positiva, al punto da porre le basi per una collaborazione ininterrotta con Bassani per tutti gli anni a seguire (Iadonisi e Preziosi 1967, 1973; Bassani *et al.* 1969, 1974; Preziosi 1971).

Dopo un paio d'anni Bruno e Peppino tornarono a Napoli. A Bruno venne affidato il corso di Fisica dello Stato solido di nuova istituzione, che sarà poi tenuto da Peppino Iadonisi fino al suo pensionamento.

Intanto il lavoro sui centri di colore continuò a Napoli. La difficoltà della ricerca delle risonanze fu superata solo quando si avvidero che occorreva tenere conto dei punti di minimo delle bande nella zona di Brillouin. Vennero così fuori diversi lavori che dimostravano come stati risonanti fossero associati ai minimi secondari delle bande degli stati elettronici.

Questi lavori hanno completato la teoria degli stati di impurezza, sistematizzata da Walter Kohn ed hanno avuto una notevole risonanza per l'uso della funzione di Green del cristallo perfetto ai fini dello sviluppo della teoria degli stati di impurezza.

Socrates Pantelides, che all'epoca lavorava al Centro Ricerche IBM Thomas J. Watson di New York, nel suo monumentale articolo di rassegna "Electronic structure of point defect in semiconductors" del 1978, dedicò una sezione al metodo e lo chiamò BIPJ che sta per Bassani-Iadonisi-Preziosi-Jaros.

5 – INCONTRO CON FRANCO BASSANI

Chi era Franco Bassani? Un allievo del Collegio Ghisleri di Pavia, lo stesso da cui è uscito il fior fiore della fisica dello stato solido italiano⁸.

Dopo un'esperienza biennale da ricercatore presso il Consiglio Nazionale

⁸ Eccone un elenco con le rispettive date di laurea: Luigi Giulotto 1933, Piero Caldirola 1937, Roberto Fieschi 1950, Gianfranco Chiarotti 1950, Giuseppe Franco Bassani 1952, Mario Tosi.

delle Ricerche a Milano (con i professori Piero Caldirola e Fausto Fumi) si trasferisce all'Università di Urbana-Champaign nell'Illinois, dove fino al 1956 lavora al fianco del professor Frederick Seitz.

Seitz è stato uno dei padri fondatori della fisica dello stato solido negli USA, famoso per aver dato il nome alla cosiddetta cella di Wigner-Seitz utilizzata per definire la funzione d'onda degli elettroni in un cristallo. Dottorato a Princeton con Eugene Wigner nel '34 sul tema: "A matrix-algebraic development of the crystallographic groups". Autore della bibbia dello stato solido "The Modern Theory of Solids", McGraw-Hill, 1940. Trascorre un lungo periodo (1942-1949) al Carnegie-Mellon Institute of Technology di Pittsburg, l'antica capitale dell'acciaio degli Stati Uniti, dove nel '48 è raggiunto da Fausto Fumi, un chimico genovese che resterà a lungo al suo fianco. Nel '49 Seitz si trasferisce all'University of Illinois ad Urbana-Champaign (1949-1965), dove Fumi lo segue. Uomo di grandi capacità organizzative, qui Seitz fonda l'Illinois Materials Research Laboratories (IMRL). Nel 1984 viene nominato Presidente della National Academy of Sciences, ed in questa veste dà il via alla costruzione di FermiLab a Chicago. Nello stesso anno è tra i fondatori del George C. Marshall Institute (GMI)⁹, un osservatorio su temi legati alla scienza ed alla politica, in particolare nell'ambito della difesa¹⁰.

Dopo una parentesi come professore incaricato a Milano e Pavia (1957-1959) Bassani ritorna per cinque anni in veste di Associate Physicist all'Argonne National Laboratory, in Illinois. Successivamente nel '64 ottiene la cattedra di Fisica Teorica delle Università di Messina (1964-1966). L'Istituto, prima, e il Dipartimento poi dell'Università di Messina sono stati uno snodo importante della fisica della materia e dello stato solido in Italia¹¹.

Già nel '62 Chiarotti era stato chiamato a Messina insieme a Balzarotti,

⁹ The George C. Marshall Institute (GMI) was founded in 1984 by William Nierenberg, Frederick Seitz and Robert Jastrow as a "nonprofit corporation to conduct technical assessments of scientific issues with an impact on public policy". The Marshall Institute shut down in September of 2015, transferring its defense research to Center for Strategic and International Studies, a Washington, D.C.-based think tank, in October. [tratto da <https://www.desmogblog.com/george-c-marshall-institute>]

¹⁰ The George C. Marshall Institute has a long history of global warming denial, including publication of junk science reports funded by the American Petroleum Institute and authored by Sallie Baliunas, a scientist affiliated with several organizations receiving money from oil corporations. [tratto da <https://www.greenpeace.org/usa/ending-the-climate-crisis/climate-deniers/front-groups/george-c-marshall-institute>]

¹¹ A cominciare da Daniele Sette ('59-'61) a Maria Allegrini ('94-2000), passando per Andrea Frova ('62-'63), Giancarlo Chiarotti ('62-'65), Franco Bassani ('64-'66), Giuseppe Montalenti ('63-'64), Bruno Preziosi ('64-'65), Giuseppe Iadonisi ('64-'65), Giuseppe Pastori Parravicini ('64-'66), Aldo Cingolani, Adalberto Balzarotti, Umberto Maria Grassano, Gaetano Ferrante, Andrea Levialdi, Tullio Papa, Mario Piacentini, Giovanni Del Signore.

Frova, Grassano, Levialdi e Nardelli. Chiarotti aveva mantenuto la sua collaborazione con Pavia occupandosi con Grassano della rivelazione ottica di stati di superficie utilizzando degli amplificatori lock-in per buttar giù il rumore. Questi facevano misure del coefficiente di assorbimento nel visibile dei centri F negli alogenuri alcalini. I picchi di assorbimento più intensi e di più bassa energia, erano ascritti a transizioni dell'elettrone dallo stato fondamentale ai primi stati eccitati della buca di potenziale, mentre quelli di energia più alta risultavano collocati all'interno della banda di conduzione del cristallo.

Gli studi effettuati da Bassani nei tardi anni '50 riguardavano per lo più pseudo-cristalli, cioè cristalli ideali composti da atomi che sono noti per cristallizzare in qualche altro reticolo cristallino. Questa area di ricerca era stata suggerita da Seitz come un utile strumento per studiare l'influenza della simmetria reticolare e del potenziale atomico sulla struttura a bande. Si comprende quindi che le proprietà di questi centri F sollecitarono l'attenzione di Franco Bassani, che pensò bene di assegnare a Bruno e Peppino lo studio delle transizioni ottiche dallo stato fondamentale di un centro di colore (F) a stati eccitati. Il gruppetto riuscì dopo un lungo lavoro a trovare dei parametri per il potenziale che davano abbastanza bene le energie di transizione degli stati legati.

6 – FISICA DELLE SUPERFICI

Il successo registrato dal modello atomico di Bohr ebbe l'effetto di oscurare la radiazione degli elettroni circolanti. Solo alla fine degli anni '20 ci fu una ripresa di interesse per la radiazione come meccanismo di perdita di energia, dopo che si incominciò a pensare di usare i betatroni come macchine per produrre fasci intensi di raggi X.

Nel '50 Pollack ottenne dalla General Electric il permesso di aggregare un gruppo di ricerca per costruire un sincrotrone elettronico da 70 MeV per testare l'idea di generare degli X. Fortunatamente per il futuro della radiazione di sincrotrone, la macchina non era completamente schermata, il che permise ad un tecnico di guardare intorno alla schermatura con un grande specchio per verificare la presenza di scintille nel tubo. Invece, vide un arco luminoso di luce, che il gruppo GE capì subito provenire dal fascio di elettroni. Irving Langmuir, che faceva parte del gruppo, la riconobbe come radiazione di sincrotrone o, come la chiamava, radiazione di Schwinger.

Nel '60 l'Università del Wisconsin e l'U. S. Air Force Office of Scientific Research decisero di finanziare la realizzazione di un anello di accumulazione denominato Tantalus I, dotato di beam-lines per estrarre fasci di radiazione di sincrotrone nella regione dell'UV e degli X. Nel '68 venne misurato il primo spettro di radiazione.

In quegli anni (nel 1958) in Italia vide la luce l'Elettrosincrotrone da 1 GeV, presso i Laboratori Nazionali di Frascati. L'elettrosincrotrone era una sorgente di

raggi gamma da bremsstrahlung e di uno spettro continuo della radiazione di sincrotrone nel campo dei raggi X molli.

Dal '68 il sincrotrone di Frascati non fu più di interesse per la fisica nucleare: spostandosi i fisici nucleari a lavorare presso Adone, il sincrotrone venne riciclato come sorgente di luce di sincrotrone¹².

Ugo Fano, uno dei ragazzi di via Panisperna costretto a lasciare l'Italia, e che all'epoca lavorava al National Bureau of Standard negli USA, Yvette Cauchois dell'Institut Curie di Parigi e Mario Ageno, del laboratorio di fisica dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS), svilupparono a Frascati la prima facility di radiazione di sincrotrone per la spettroscopia X in Europa. La collaborazione cessò nel '70 per essere poi sostituita da una nuova facility (nel range dall'ultravioletto da vuoto a quello dei raggi X molli (10-200 eV), sotto la guida di Gianfranco Chiarotti e Franco Bassani, denominata Solidi Roma, attiva tra il 1971 e il 1975 a Frascati.

Così Bruno Preziosi e Giuseppe Iadonisi riorientarono, in sintonia con Bassani, le proprie ricerche sugli stati di superficie.

Il gruppo teorico era nel frattempo cresciuto con l'immissione di Enzo Marigliano, Arturo Tagliacozzo e Gianpaolo Zucchelli.

La difficoltà maggiore incontrata dal gruppo era la mancanza in sede di adeguati mezzi di calcolo. I ricercatori utilizzavano l'IBM 1620 installato a chimica e, più raramente, il Bendix G-20 installato ad Ingegneria. Molte notti furono trascorse in treno per gli spostamenti Napoli-Milano dove si usava il computer del Cilea. Il primo calcolatore (un PDP 11) fu comprato solo nel 1979. La relativa messa a punto di software dedicato ai calcoli fu affidata a Enzo Marigliano che vi investì per diversi anni notevoli energie.

Nonostante le difficoltà ne vennero fuori lavori riguardanti il calcolo degli stati di superficie di un semiconduttore e la teoria del chemi-sorbimento di atomi su superfici cristalline (Iadonisi e Preziosi 1974, 1975).

Intanto, nel '64 era apparso un lavoro di Hohenberg e Kohn in cui dimostravano che la densità elettronica dello stato fondamentale non degenera di un sistema di elettroni permette di determinare univocamente le proprietà dello stato fondamentale (Hohenberg e Kohn 1964). Da allora il metodo del "funzionale densità" finì per oscurare l'uso delle funzioni di Green. E di ciò il gruppo di Napoli si rese ben presto conto.

Con le nuove responsabilità di Bruno come Direttore dell'Istituto, la guida del gruppo passò a Peppino Iadonisi che con autorevolezza proseguì le linee di ricerca descritte. Domenico Ninno ed Arturo Tagliacozzo si trasferirono in Inghilterra per avviare ricerche sulle Quantum Wells e Quantum Lattice e sui sistemi mesoscopici (Altschuler *et al.* 2003). Vittorio Cataudella andò a fare il dottorato a Gotenborg da Stig Lundqvist occupandosi di plasmoni di superficie.

¹² https://it.wikipedia.org/wiki/Storia_delle_prime_ricerche_con_radiazione_di_sincrotrone_in_Italiano.

Gli ultimi contributi di Bruno alla Fisica dei Solidi furono due lavori del 1979 riguardanti, il primo il problema delle Additional Boundary Conditions che nasce quando un'onda elettromagnetica incide su una superficie metallica, generando nell'interno del materiale sia l'onda rifratta che un plasmon (Iadonisi *et al.* 1979) ed il secondo riguardante il calcolo esatto di stati di interfaccia in un modello unidimensionale (Marigliano Ramaglia *et al.* 1979).

7 – RANDOM WALK E RELATIVITÀ

Col tempo gli interessi scientifici di Bruno si spostarono nella seconda metà degli anni '80 dalla fisica dei solidi verso altre tematiche, prima il problema del Random Walk, poi alcuni problemi di base della Relatività.

Nell'86 rispuntò lo spirito del vecchio scacchista. Un Random Walk è un processo stocastico consistente in una successione di passaggi casuali su uno spazio matematico come gli interi. Il processo è descritto dai momenti delle distribuzioni ottenute in funzione del numero N di passaggi. Per i cultori di matematica finanziaria questo è pane quotidiano. Per i fisici lo sta diventando: ad esempio la fisica statistica dei sistemi magnetici fa uso di simili modelli.

Bruno pubblicò due lavori su questo problema (Preziosi 1984; Preziosi *et al.* 1986): il primo presentava la soluzione analitica del random walk ed i comportamenti asintotici delle quantità fisiche in termini del numero N di passi sia al primo che al secondo ordine in $\sqrt{N}$; il secondo affrontava il problema del Random Flight, in cui è previsto il salto da una posizione ad un'altra distante. Gli autori ottennero tutti i momenti della distribuzione in funzione del numero N di passi.

Bruno cercò di proseguire la strada tenendo conto dell'interazione tra cammini. Ma dopo molti tentativi fu costretto a fermarsi. Si fa per dire!!!

Nel '93 Bruno comincia ad interrogarsi sulla relatività. Nel '94 pubblica un metodo per analizzare le soluzioni delle equazioni di Einstein viste da un osservatore locale, analizzando tre possibili esperimenti (Preziosi 1994, 1996). In un successivo lavoro (Preziosi 1999) analizza la possibilità di verificare, mediante esperimenti locali tipo Michelson e Morley, l'anisotropia della velocità della luce.

Nel '96 Preziosi propose a Guglielmo Tino di collaborare allo sviluppo di una sua idea: eseguire test del principio di equivalenza della relatività generale in prossimità della Terra con interferometri ottici. Ricorda Tino: “Valutammo diverse idee e per ognuna studiammo la fattibilità sulla base di calcoli lunghi e complicatissimi che Bruno eseguiva velocissimamente su fogli di carta che alla fine avevano i bordi tutti mangiucchiati per la sua abitudine di fare piccole palline quando doveva concentrarsi. Il mio ruolo era di controllare i calcoli e analizzare gli aspetti sperimentali. Il lavoro durò a lungo, giorno e notte senza limiti di orari (salvo l'ora per lui inviolabile della “pennichella”). Il lavoro portò alla pubblicazione nel 1998 di un articolo (Preziosi e Tino 1998) in cui si analizza

la possibilità di rilevare, con metodi ottici, traiettorie di particelle e fotoni predette dalla relatività generale per un campo gravitazionale debole sferico-simmetrico. Successivamente gli proposi anche di studiare la possibilità di eseguire test con particelle con massa, atomi per esempio, invece che con fotoni, ma nel frattempo Bruno si era appassionato al problema della velocità della luce e io dopo poco mi trasferii da Napoli a Firenze. A Firenze decisi di avviare esperimenti di test della relatività generale con orologi e interferometri atomici che hanno portato a nuovi test del principio di equivalenza e alla misura della curvatura del campo gravitazionale. Bruno era per me una figura quasi mitica: mia madre me ne aveva spesso parlato perché da studentessa di Fisica a Napoli lo aveva conosciuto come giovane esercitante; nel dipartimento di Fisica era chiaramente la persona di riferimento per tutti; e poi era stato a Cuba ad aiutare la rivoluzione!”

Nel '98 Bruno avviò una proficua collaborazione con Ruggero de Ritis¹³ e Giuseppe Marmo sulla struttura dello spazio-tempo, con particolare attenzione ai gruppi relativistici. Ne scaturì un lavoro (de Ritis *et al.* 1999) in cui descrivevano un procedimento per costruire sottogruppi di relatività. Esso consisteva nel cercare i gruppi che trasformano un sistema inerziale in un altro compatibile con la condizione di esistenza oggettiva reciproca.

Nel 2004 nacque un lavoro sui gruppi relativistici (Marmo e Preziosi 2004). Partendo dal requisito minimo per l'equivalenza di diversi osservatori inerziali, che ciascuno sia percepito dall'altro come esistente sempre nel passato e nel futuro, gli autori formalizzavano la nozione di reciproca esistenza oggettiva. Usando proprio questa nozione, mostravano che, nel caso bidimensionale, le trasformazioni lineari che collegano due diversi frame formano un gruppo di Lorentz.

8 – CONSOLIDAMENTO DELL'AREA DI FISICA DELLA MATERIA

Non si può ricordare Bruno senza far riferimento agli avvenimenti di cui è stato attore e spettatore. I lavori da lui pubblicati dicono solo parte della sua storia. Per capire cosa resta di lui non si può non tener conto della storia travagliata vissuta sia dalla fisica italiana nel suo complesso che, ed in maggior misura, delle vicissitudini di quella napoletana. Le tracce da lui lasciate si intrecciano con quelle di vari personaggi, a partire da Eduardo Caianiello, Maria Marinaro, Pepino Iadonisi, Antonio Barone, Vittorio Silvestrini, e tanti altri colleghi napoletani, fino a Franco Bassani, di cui si è già detto. Bruno è stato molto attivo a livello nazionale, svolgendo ruoli significativi nel Gruppo Nazionale di Struttura della Materia, del C.N.R. e negli organismi ministeriali, quali il C.U.N.

¹³ Anche lui prematuramente scomparso.

Per dare un'idea della storia dei suoi "ruoli" e delle sue "relazioni" ho aggiunto questi ultimi paragrafi per inquadrare storicamente la collocazione del suo grande sogno: veder nascere a Napoli un'ampia area di ricerca dedicata alla Fisica della Materia.

9 – DOPOGUERRA E RICOSTRUZIONE

Non dimentichiamo che gli anni '60 sono quelli del boom economico, che faceva seguito ad un decennio speso nella ricostruzione del paese. Mentre per molti ambiti scientifici ricostruire significò riaprire i concorsi universitari, per la fisica della materia il percorso fu molto più accidentato.

Prima della II guerra mondiale, la fisica italiana contava circa 140 docenti universitari e le unità di ricerca erano formate da poche persone. La tradizione sperimentale ereditata dal XIX secolo, in assenza di attività teorica, aveva favorito una reazione negativa alla relatività ed alla meccanica quantistica. I corsi erano gli stessi del secolo precedente. Una sola novità si era registrata, intorno al 1920, con l'istituzione di un corso di Fisica Superiore. Per l'introduzione di un corso di Fisica Teorica bisognerà attendere l'a. a. 1936-37 con la chiamata a Napoli di Ettore Majorana da parte di Carrelli. Alla scomparsa di quest'ultimo l'insegnamento di Fisica teorica sarà tenuto dallo stesso Carrelli fino all'arrivo di Caianiello. Da allora, si salta al 1961 per l'introduzione, in particolare, di un corso di Struttura della materia.

Per quanto riguarda la materia condensata, la scena prebellica era stata alquanto opaca. Gli argomenti studiati riguardavano: (a) le proprietà elastiche; (b) le proprietà termiche; (c) le proprietà elettriche; (d) le proprietà magnetiche e galvanomagnetiche; (e) gli effetti termomagnetici; (f) l'effetto fotoelettrico; (g) le proprietà ottiche di ioni in soluzioni solide o cristalli.

In particolare, l'applicazione della meccanica quantistica alla fisica dei solidi cristallini veniva totalmente trascurata.

Con la ricostruzione si avvertono i primi vagiti. Il 19 novembre del '46 viene costituito a Milano il C.I.S.E., sotto la spinta di Giuseppe Bolla, professore di Fisica superiore, Giorgio Salvini, suo assistente, Carlo Salvetti professore di Fisica teorica e Mario Silvestri, giovane ingegnere dell'azienda elettrica Edison, allo scopo di realizzare un reattore nucleare per produrre energia elettrica. In quegli anni si diffondono i reattori nucleari a sali fusi (MSR), dove il refrigerante primario, o persino il combustibile stesso, è un miscuglio di sali fusi. I reattori MSR operavano ad una temperatura superiore a quelli refrigerati ad acqua, il che garantiva un rendimento termodinamico superiore. Alla fine del '51 il CISE raggiunge alcuni importanti risultati realizzando un impianto pilota per la produzione di acqua pesante mediante elettrolisi e un impianto sperimentale per la metallurgia dell'uranio

Il gruppo di Silvestri al CISE avviò importanti ricerche in fisica dello stato

solido, tese ad ottenere l'equazione di stato del sodio ad elevate temperature, che funzionava da scambiatore di calore. Questo influenzerà i successivi sviluppi dello stato solido a Milano, che avranno a riferimento i reattori nucleari, dando poi vita con Caglioti nei decenni successivi alla fisica dei materiali.

Al primo Congresso della Società Italiana di Fisica (SIF) svoltosi a Como nel '47 il discorso generale fu tenuto da Antonio Carrelli (Carrelli 1947) su "Aspetti moderni della ricerca fisica", lo stesso argomento trattato a Como vent'anni prima: l'applicazione della statistica di Fermi alla teoria dei metalli di Sommerfeld.

Nel '67 Luigi Giulotto sottolineerà in un documento del GNSM (Giulotto 1967) che gli unici studi significativi compiuti da fisici italiani in fisica dello stato solido fino agli anni Cinquanta erano stati gli studi (negli anni Trenta) sull'effetto Raman di Carrelli a Napoli e di Rasetti, Amaldi e Segrè a Roma. E lo stesso Giulotto denuncerà la notevole difformità di finanziamenti tra la fisica nucleare e le particelle elementari, da un lato, e la fisica della materia dall'altro.

A dicembre '47 William Shockley, John Bardeen and Walter Brattain dei Bell Laboratories in Murray Hill, New Jersey, annunciarono che il loro dispositivo, denominato transistor, aveva funzionato perfettamente (Seitz e Einspruch 1998).

A novembre '48 Antonio Rostagni aprì il Congresso SIF con una relazione su "Recenti scoperte e nuovi strumenti per la ricerca in fisica" quasi interamente dedicata alla fisica nucleare, ai sincrotroni ed ai fotomoltiplicatori, senza mai menzionare l'invenzione del transistor (Marazzini e Rossi 1988; Sparavigna 2016).

Dell'invenzione dei transistor, giudicata la più importante invenzione del secolo, si parlò per la prima volta in Italia in una breve nota pubblicata nel '49 nella rivista "Poste e Telecomunicazioni" dell'Istituto Superiore delle Poste e Telecomunicazioni (Anonimo 1949).

Nel '57 si tenne a Varenna la Scuola di Fisica dello stato solido; Fausto Fumi intervenne definendo la fisica dello stato solido come lo studio delle proprietà fisiche dei solidi e delle particolari proprietà esposte da atomi e molecole come conseguenza delle loro interazioni reciproche e la loro distribuzione regolare entro il reticolo.

Nel '57 l'elettronica entrò nell'ordinamento accademico italiano con l'istituzione della cattedra di Elettronica applicata al Politecnico di Milano, affidata ad Emilio Gatti.

Nel '59 nacque l'Azienda Tecnica ed Elettronica del Sud (ATES) con stabilimento a L'Aquila. Nel '61 fu fondato a Catania uno stabilimento di "semiconduttori allo stato solido" e nel 1963 si formò la ATES - Componenti elettronici S.p.A. Nel '72 si ebbe l'incorporazione della Società Generale Semiconduttori (S.G.S) di Agrate Brianza, che pose le basi di quello che diventerà STMicroelectronics.

10 – GISM, GNSM ED INFM

Nel '62 Gianfranco Chiarotti denunciò al Congresso della SIF la mancanza di una robusta tradizione scientifica in fisica dei solidi e lo scarso interesse dell'Industria Italiana nella ricerca scientifica!!!!!!!!!!!!

Al Congresso SIF di Bari nel '63, un gruppo di ricercatori creò un'associazione cui dette il nome di "Gruppi Italiani di Struttura della Materia" (GISM), allo scopo di promuovere la ricerca nei campi della fisica atomica, molecolare e dello stato solido. Il CNR riconobbe questa struttura nel '65 col nome di "Gruppo Nazionale di Struttura della Materia del CNR" (GNSM) organizzato in sette settori: Elettronica quantistica e plasmii; Fisica dei biosistemi; Sistemi disordinati; Magnetismo, Superconduttività, Metalli; Semiconduttori e isolanti; Superfici; Teorie di Fisica della materia. Il GNSM si articolava in venticinque sezioni, tra cui quelle di Napoli Fisica Sperimentale (Antonio Carrelli), Ferromagnetismo e proprietà ottiche dei solidi e lamine, e Fisica Teorica (Maria Marinaro).

Preziosi ha fatto parte degli organi direttivi del GNSM dai primi anni '70 con il compito di coadiuvare prima Fausto Fumi e poi Mario Tosi nell'analisi delle attività scientifiche e nelle proposte di finanziamento delle Unità GNSM, utilizzando le magre risorse a cui poteva attingere la Struttura della Materia.

Nel '94 nacque l'Istituto Nazionale per la Fisica della Materia (INFM), con sede legale in Genova, qualificato come ente nazionale di ricerca a carattere non strumentale, dotato di personalità giuridica e sottoposto alla vigilanza del MURST (oggi MIUR). Le finalità erano quelle di promuovere, programmare, coordinare ed effettuare ricerche di base e tecnologiche nel campo della fisica della materia e nei campi affini, con riferimento anche alla scienza e tecnologia dei materiali, alla tecnologia avanzata ed alla metrologia in genere, curandone la diffusione, il trasferimento e la valutazione.

Verso la fine del '90 nell'ambito INFM Salvatore Campisano dell'Università di Catania, progettò ed organizzò il cosiddetto "Progetto Sud", che permise l'acquisto di significativa strumentazione da parte di diversi gruppi dell'area di fisica della materia di Napoli. Purtroppo, il collega Campisano ci lasciò troppo presto per vedere i frutti dell'impegno da Lui profuso nell'acquisizione da parte del Dipartimento di Scienze fisiche di Napoli di importanti apparecchiature e strutture, che potenziarono alcune linee di ricerca già esistenti e favorirono la nascita di nuove attività di ricerca sperimentale e la creazione di nuovi laboratori (Lab Maddalena, de Lisio, Marrucci, etc.).

Nel giugno 2003 il governo, forte del parere tecnico del Consiglio Superiore delle Telecomunicazioni, per ragioni economiche liquidò l'INFM, lasciando senza finanziamenti 2500 ricercatori¹⁴.

La storia della fine dell'INFM non è affatto nuova. Il lento e costante processo

¹⁴ <http://www.giovannibachelet.it/scritti/schedaINFM.html>.

di deindustrializzazione che ha fatto scomparire progressivamente grandi aziende nella sostanziale indifferenza del potere pubblico, fa parte degli errori storici delle nostre classi dirigenti. Per troppo tempo si è superficialmente affermato che la tecnologia può essere acquistata, delineando la sostenibilità di un sistema economico a basso tasso di tecnologia e manifattura. Assieme alla tecnologia si forma il capitale umano indispensabile per gestirla, per farla progredire. Sostenere la marginalità di tutto questo per il Paese è stato un errore fatale.

11 – DIREZIONE ISTITUTO DI FISICA TEORICA E NUCLEARE

Si verificarono, negli anni 1969 e 1971, due dolorose fratture del corpo dei Fisici, in conseguenza delle quali Caianiello, seguito da alcuni teorici, abbandonò l'Istituto di Fisica Teorica trasferendosi prima al Laboratorio Internazionale di Cibernetica del CNR, e poi all'Università di Salerno.

Bruno si assunse l'onere della Direzione dell'Istituto. Ciò gli diede anche l'opportunità di gestire in modo costruttivo la riorganizzazione in atto degli Istituti di Fisica Teorica e Nucleare e di Fisica Sperimentale.

Nello stesso tempo, malgrado tutti gli sforzi fatti da Preziosi di trovare una sede adeguata nell'area di Fuorigrotta, tutti i gruppi sperimentali abbandonarono l'area della Mostra d'Oltremare e si trasferirono nell'Istituto di Fisica Sperimentale, ancora diretto da Carrelli, nel centro storico. Questi eventi indebolirono le giovani strutture scientifiche della fisica napoletana e fu necessario quasi un decennio per poterne riassorbire le conseguenze. La funzione di Bruno in quel periodo fu insostituibile sia dal punto di vista politico, in quanto una delle poche persone che riusciva a mantenere buoni rapporti con tutte le componenti della Fisica, sia dal punto di vista operativo che nel cercare soluzione ai gravi problemi strutturali.

In quegli anni il movimento studentesco si saldò temporalmente con la nuova ondata sorta all'inizio degli anni '70 con la contestazione di Luciano Lama, allora Segretario Generale della CGIL, all'Università di Roma. Il risultato fu una serie di fratture anche all'interno dell'Istituto di Fisica Teorica, che culminarono in una prolungata occupazione dell'Istituto nel 1975 e che terminò per esaurimento solo dopo molte accesiissime discussioni ed assemblee.

Scriva Iadonisi¹⁵: “Ho un ricordo molto vivido di quei giorni, quando sembrava che mantenere in piedi l'attività di fisica a Napoli era una cosa molto difficile. Se ciò è stato possibile, si deve in misura non trascurabile all'opera di Bruno che, assumendosi carichi di lavoro e responsabilità non piccole, è riuscito a tenere insieme tutte le attività teoriche, trasformando un punto di non ritorno in uno stadio iniziale di ulteriore crescita e sviluppo. Per esempio, anche le sedute di Laurea si erano trasformate in una palestra di discussioni accesiissime, tanto che l'allora

¹⁵ Vedi nota 3.

Preside della Facoltà di Scienze Carlo Ciliberto dovette intervenire svolgendo in ogni seduta le funzioni di Presidente. Fu necessario articolare un insieme di regole e procedure per lo svolgimento delle sedute di Laurea, noto sotto il nome di “lodo Preziosi”, di fatto ancor oggi in funzione. Si è consolidata allora l’opinione che il gruppo dei fisici fosse estremamente litigioso e non omologabile, opinione che serpeggia ancora in ambienti dell’Ateneo”.

Nel 1970 un gruppo di ricercatori dell’Istituto di Fisica Teorica¹⁶ rispose all’invito del governo cubano di aiutare quel Paese contribuendo all’educazione nel campo della fisica di base, recandosi a Cuba nei mesi di agosto del 1970 e del 1971. Il gruppo napoletano tenne lezioni basate su materiale del progetto inglese Nuffield Science Teaching Project, del Physical Science Study Committee (pssc) del MIT e dell’Harvard Physics Project.

12 – NASCITA DEI DIPARTIMENTI

Nel 1982 il DPR 382 introdusse nelle Università i Dipartimenti. A Napoli abortì il tentativo di unificare in un unico dipartimento l’Istituto di Fisica Teorica e l’Istituto di Fisica Sperimentale. Nacquero, così, il Dipartimento di Fisica e il Dipartimento di Fisica nucleare, Struttura della materia e Fisica applicata diretto da Bruno. Nel primo confluì buona parte della fisica teorica, subnucleare, una parte della fisica nucleare, mentre nel secondo confluì gran parte dei fisici nucleari, gli strutturisti, i teorici di stato solido ed i fisici di Ingegneria.

Nel 1972 era venuto a Napoli Vittorio Silvestrini, dopo un’attività di ricerca nella fisica delle particelle elementari. Ben presto Silvestrini lasciò la fisica delle particelle e si dedicò all’energia solare, trasferendo la cattedra ad Ingegneria. Nel 1973 aveva creato il Gruppo di energia solare¹⁷ che aderì con gli altri ricercatori di Fisica ad Ingegneria al nuovo Dipartimento diretto da Bruno.

La chiamata di Silvestrini ad Ingegneria fece da volano per la chiamata alla fine del ‘70 di Antonio Barone come ordinario di Fisica generale. Ne seguì tra la fine degli anni Ottanta e l’inizio degli anni Novanta un forte radicamento del gruppo di superconduttività, formatosi da circa un ventennio presso l’Istituto di Cibernetica di Arco Felice e presso l’Ateneo federiciano. Antonio Barone coinvolse nelle ricerche di superconduttività un gruppo di fisici, molti dei quali già lavoravano presso i laboratori del Dipartimento di Fisica ubicati presso la Facoltà di Ingegneria. Inoltre, negli anni immediatamente successivi promosse diverse linee di ricerca. Una prima linea riguardava la superconduttività e la fisica dello stato solido sotto la guida di Alwyn Scott, che si era trasferito dall’Università del Wisconsin a Madison, raggiunto successivamente da Wayne Johnson e Robert

¹⁶ Bruno Vitale, Giovanni Sartoris, Elena Sassi, Giuseppe Iadonisi, Bruno Preziosi, Francesco Nicodemi, Giovanna Battaglia-

¹⁷ Tra questi va ricordato il collega Sandro De Chiara che ci ha lasciati molto prematuramente.

Parmentier (che resterà in Italia, dando poi con Sandro Pace e Giovanni Costabile un contributo fondamentale allo sviluppo delle ricerche in superconduttività all'Università di Salerno).

A questo punto l'antico sogno di Bruno Preziosi cominciava a prendere forma: la fisica dei solidi e più in generale quella della materia, coinvolgeva un gran numero di ricercatori sia sperimentali che teorici. Dopo qualche anno, il gruppo di superconduttività si arricchì della presenza di Ruggero Vaglio, proveniente da Salerno, che diventerà il responsabile dell'unità INFM di Napoli e sarà tra i promotori di SPIN, l'Istituto del CNR attualmente operante con una Sezione nel dipartimento.

Comunque, Bruno aveva ancora da completare il suo personale progetto: quello di creare un gruppo di ottica moderna, che spaziassse dalla spettroscopia laser all'ottica non lineare. Da cosa nasceva il suo interesse per la spettroscopia? La frequentazione di Bassani, che in quegli anni si era trasferito a Pisa, gli aveva fatto scoprire l'attività che vi si svolgeva sotto la direzione del Prof. Gozzini sia all'Università che all'Istituto di Fisica Atomica e Molecolare. In quegli anni le tecniche spettroscopiche stavano facendo passi da gigante per liberarsi dell'effetto Doppler. Utilizzando una tecnica a due fotoni finalmente si era ottenuta una conferma sperimentale dello spettro della riga B- α dell'idrogeno (Shishaev *et al.* 1970; Letokhov 2007)!!! Da qui al raffreddamento di atomi mediante confinamento in opportune configurazioni del campo elettromagnetico coerente prodotto da laser il passo fu breve. Nel 1995 Eric Cornell e Carl Wieman al NIST-JILA di Boulder, raffreddando a 170 nK un gas di Rb produssero un condensato di Bose.

Nell'81 dopo la morte di Pancini, venne chiamato Ennio Arimondo, spettroscopista laser di chiara fama, sulla cattedra di Ottica, rimasta libera. Chi scrive si trasferì nell'83 da Ingegneria e con lui divenne ricercatore R. Bruzzese.

La presenza di De Martini a Napoli favorì la venuta di Enrico Santamato da Cosenza, che avviò l'attività sull'ottica non-lineare nei cristalli liquidi, dalla quale scaturì la linea di ricerca sull'ottica guidata di Giancarlo Abbate.

Ecco cosa racconta Ennio Arimondo: «Il primo incontro fu a Pisa quando mi invitò molto caldamente a candidarmi per la cattedra di Struttura a Napoli, con l'impegno di installare ex-novo un Laboratorio di Spettroscopia Laser. Io apprezzai molto questo approccio poco tradizionale quando i vincitori del concorso nazionale a professore ordinario andavano in giro a postulare di essere accettati nella competizione locale dell'assunzione. Se la mia risposta fu positiva, il primo incontro napoletano con gli ambienti degli Istituti di Fisica Sperimentale e Fisica Teorica mi fece preoccupare molto sulla fattibilità del progetto di Bruno. Ed in quel momento scoprii la sua enorme capacità di azione, molto basata sulla analisi psicologica da professionista per tutte le persone con cui era in contatto ed il successivo utilizzo dei risultati. Trascinato nel turbine della sua attività frenetica, venni a conoscenza del suo piano di azione basato sui suoi contatti personali (molto importante a Napoli): la mia ricerca sarebbe stata sotto l'egida di Fisica

Teorica, svolta in uno spazio nei Laboratori di Fisica Nucleare, con un supporto finanziato direttamente del Rettore! Qualche tempo dopo, risolte da Bruno altre difficoltà interne il risultato era stato realizzato: un adeguato spazio di lavoro in un ambiente riparato, strumenti adatti a svolgere originali indagini sperimentali di medio respiro. Naturalmente l'attività scientifica si misura sulle pubblicazioni che finalmente arrivarono dopo grazie ai laureandi che mi diedero una mano. Ecco qui il frontispizio della prima uscita per una molto originale linea di ricerca: Volume 53, number 5, Optics communications,, 1 april 1985, Collisional M J-Mixing in the Resonance Ionization of Cesium Atoms, A. Sasso, M.I. Schisano, B. Tescione and E. Arimondo, Istituto di Fisica Sperimentale, Università di Napoli, 80125 Napoli, Italy, Received 7 August 1984; revised manuscript received 21 January 1985.

Qui compare per la prima volta il nome di Antonio Sasso un giovane ricercatore molto promettente, ma anche calmo e collaborativo, che Bruno decide di affiancarmi in Laboratorio¹⁸. Ancora una volta il suo acume psicologico degli individui giocava un ruolo molto importante per lo sviluppo di una attività sperimentale che continua ai giorni nostri naturalmente su temi di interesse attuale. Il progetto di Bruno era realizzato e a quel punto la nostra interazione cambia fisionomia. Il rapporto con Bruno, il Direttore dell'Istituto di Fisica Teorica, si trasforma rapidamente in una grande amicizia che ci ha legato fino a quando si è trasferito dal figlio a Torino. Voglio ricordare quando nelle sue visite a Pisa arrivava improvvisamente con le deliziose "sfogliatelle"¹⁹ da lui cucinate. Ed ancora l'ospitalità nella sua casa a Pozzuoli in occasione delle mie visite corte a Napoli (a volte con mia moglie Maria) con la preparazione di pasti deliziosi di pesce che andava a comperare al porto la mattina presto direttamente dai pescatori. Un mio rapporto con Bruno da amico sincero ed anche un po' da figlio a padre. Concludo qui il mio omaggio a questo grande uomo che rappresentava il grande "barone" nei suoi aspetti positivi di impegno per l'Istituzione, per i suoi componenti e di grande rispetto ed affetto per i singoli individui».

Ad Arimondo successe Massimo Inguscio, che è stato tra i primi ricercatori a produrre al LENS di Firenze (diretto all'epoca da Salvatore Califano) dei condensati di Bose.

Alla fine degli anni '80 Enrico Santamato e Nicola Spinelli vinsero i concorsi a cattedra. L'attività di Ottica entrò in piena ebollizione. Prese così forma nel Dipartimento la Sezione di Struttura della Materia del Dipartimento di Scienze Fisiche.

Bruno può vantarsi di aver ottenuto i seguenti risultati:

- viene installato l'acceleratore Tandem.

¹⁸ Ed anche di M. Schisano che ci ha prematuramente lasciati (nota di chi scrive).

¹⁹ Probabilmente si tratta di "mandorlate" (nota di chi scrive).

- Ennio Arimondo in collaborazione con A. Sasso crea un laboratorio di spettroscopia laser. Al suo rientro a Pisa dopo un triennio viene sostituito da Massimo Inguscio.
- Enrico Santamato al ritorno da Berkeley crea un laboratorio di ottica non-lineare dei cristalli liquidi. Con l'acquisto di nuova strumentazione nell'ambito del "Progetto SUD INFM" Pasqualino Maddalena e Lorenzo Marrucci avviano altri due laboratori.
- Le ricerche di superconduttività sviluppate ad Ingegneria dal gruppo di Antonio Barone si integrano pienamente con le attività di stato solido.
- Porreca e Lanotte creano ad Ingegneria un laboratorio dedicato alle proprietà magnetiche dei materiali.
- Spinelli avvia il laboratorio di spettrometria a tempo di volo, coinvolgendo Lello Velotta e Xuan Wang, che rientrerà dopo quindici anni in Cina, alla Wuhan University, come Full Professor nella School of Remote Sensing and Information Engineering.
- Sempre Spinelli avvia successivamente in collaborazione con Velotta lo sviluppo di un sistema LIDAR.
- Umberto Bernini crea un laboratorio di spettroscopia fotoacustica.
- Ad Ingegneria Francesco Simoni crea un laboratorio di ottica con Bloisi e Vicari mentre Giuseppe Mastrocinque porta avanti ricerche nell'ambito dell'elettronica quantistica.
- Alvaro Caramico, Filippo Esposito, Ugo Esposito e Sergio Campana formano ad Ingegneria un gruppo di struttura della materia teorica.
- Nasce nel Pad. 16 il laboratorio di spettroscopia RIS a cui collabora Carlo Altucci (ionizzazione a molti fotoni). Con i fondi del Progetto SUD Corrado de Lisio avvia un laboratorio dotato di una sorgente laser al picosecondo.

Con il completamento dell'edificio a Monte Santangelo si pose il problema del trasferimento dei due dipartimenti esistenti. Bruno si attivò perché i due si fondessero in uno solo, l'attuale Dipartimento di Scienze Fisiche, di cui fu il primo direttore.

Nel nuovo ruolo dette un decisivo contributo per l'organizzazione degli spazi dell'attuale dipartimento, il cui progetto, vecchio di venti anni e pensato per un numero di addetti molto più piccolo degli attuali, non prevedeva spazi per molte attività inesistenti al tempo del progetto iniziale, comprese tutte quelle sperimentali di Struttura della Materia. Occorreva aumentare di molto i 9000 mq previsti inizialmente. Ciò si ottenne tramezzando ed organizzando su due livelli alcuni spazi e creando un intero piano seminterrato.

13 – CONCLUSIONI

All'inizio degli anni '80 Bruno fu eletto nel Comitato per le Scienze Fisiche del CNR, ove rimase sette anni con funzioni di vicepresidente.

Subito dopo fu eletto dalla comunità dei fisici al Consiglio Universitario Nazionale dove rimase dal 1986 al 1993. In qualità di coordinatore del Comitato di Scienze, curò gli interessi non solo dei fisici, ma anche dei biologi e dei geologi, non rappresentati in quell'organismo.

Questa duplice veste fu voluta dai ricercatori del settore Struttura della Materia per consentire una gestione equilibrata delle diverse risorse.

In quel periodo svolse una significativa attività di informazione della comunità scientifica sulle problematiche sul tappeto a quell'epoca, in particolare la riforma dei Corsi di Laurea, quella dei settori scientifici disciplinari e dei dottorati, che lo impegnarono in numerosissimi incontri con i rappresentanti della Fisica, della Biologia e della Geologia.

Allora nacque la Conferenza Nazionale dei Presidenti di Corso di Laurea in Fisica, che svolse un ruolo molto attivo nella formulazione delle proposte per la Tabella XXI, riguardante il corso di Laurea in Fisica.

Negli ultimi quattro anni Bruno è stato membro del Consiglio di Amministrazione della Federico II, dove ha Presieduto la Commissione Informatica e Telematica ed infine, cosa a cui ha tenuto moltissimo, ha curato l'organizzazione e la gestione di Villa Orlandi ad Anacapri quale Centro Congressi dell'Ateneo.

Ha fatto parte del Consiglio direttivo della S.I.F. Nella foto è ritratto al Congresso S.I.F. di Catania del 2009.



È stato Socio dell'Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche della Società Nazionale di Scienze, Lettere e Arti in Napoli.

Per Bruno parlano i fatti elencati in queste note. Se il Dipartimento di Scienze Fisiche della Federico II conta oggi il maggior numero di afferenti, molto lo si deve alla capacità di Bruno di saper venire incontro agli altri. Ci fu un periodo in cui costituì a Sant'Angelo una cooperativa Agricola, coinvolgendo colleghi di fisica e no. La stessa sensibilità mostrata verso i suoi coetanei di Sant'Angelo del Pesco, l'ha dimostrata nella gestione dei problemi Universitari sia a livello locale che Nazionale. Credo che basti questo per essere ricordato con stima ed affetto da molti.

14 – BIBLIOGRAFIA

- Altshuler B., Tagliacozzo A. e Tognetti V. (2003) Quantum Phenomena in Mesoscopic Systems, Proc. Int. School "E. Fermi", CLI Course, IOS Press, Amsterdam; vedi anche www.ifn.cnr.it.
- Anonimo (1949) Note di redazione, Poste e *Telecomunicazioni*, **17**, 429.
- Bassani F., Iadonisi G. e Preziosi B. (1969) Band Structure and Impurity States, *Phys. Rev.* **186**, 735-746
- Bassani F., Iadonisi G. e Preziosi B. (1974) Electronic impurity levels in semiconductors, *Rep. Prog. Phys.* **37**, 1099-1210.
- Bohm D. e Pines D. (1951) A Collective Description of Electron Interactions. I. Magnetic Interactions, *Phys. Rev.* **82**, 625-634.
- Bohm D. e Pines D. (1953) A Collective Description of Electron Interactions. III. Coulomb Interactions in a Degenerate Electron Gas, *Phys. Rev.* **92**, 609-625.
- Caianiello E.R., Campolattaro A. e Preziosi B. (1960) Regularization and renormalization. III. Finite-part integrals, *Il Nuovo Cimento*, **18**, 505-524.
- Caianiello E.R., Umezawa H., Preziosi B. (1961), Unitarity conditions in terms of propagation kernels, *Il Nuovo Cimento*, **20**, 1001-1009
- Carrelli A. (1947) *Rivista del Nuovo Cimento*, **3**, 27.
- Coniglio A., Marinaro M. e Preziosi B. (1966) Phase transition between partially condensed homogeneous and periodic systems, *Il Nuovo Cimento* **61**, 25 (1966).
- de Ritis R., Marmo G. and Preziosi B. (1999) A New Look at Relativity Transformation, *Gen. Rel. Grav.*, **31**, 1501-1517.
- Gell-Mann M. e Brueckner K.A. (1957) Correlation Energy of an Electron Gas at High Density, *Phys. Rev.* **106**, 364-368.
- Giulotto L. (1967) Sulla ricerca scientifica nel dopoguerra in Italia e all'estero, *Notiziario G.N.S.M.* luglio, p. 3, disponibile su: <http://fiscavolta.unipv.it/percorsi/doc.asp>.
- Goldstone J. (1961) Field Theories with "Superconductor" Solutions. *Il Nuovo Cimento* **XIX**, 154-164
- Hohenberg P. e Kohn W. (1964) Inhomogeneous electron gas, *Phys. Rev. B*, **136**, 864-871.
- Iadonisi G. e Preziosi B. (1967) A model for optical transitions between bound states for F centers in alkali halides, *Il Nuovo Cimento* **48**, 92-110.
- Iadonisi G. e Preziosi B. (1973), On the role of the phase shift in crystals, *Il Nuovo Cimento*, **15B**, 45-60.
- Iadonisi G. e Preziosi B. (1974) Threedimensional model for surface states, *Phys. Rev. B*, **9**, 4178-4183.
- Iadonisi G. and Preziosi B. (1975) Electronic States for Impurity near Surfaces, *Il Nuovo*

- Cimento*, 27B, 193.
- Iadonisi G., Preziosi B. e Zucchelli G. (1979) Propagation of Electromagnetic Waves and Plasmons in Spatially Dispersive Metals, *Il Nuovo Cimento*, **53B**, 402 (1979),
- Letokhov V.S. (2007) Laser Control of Atoms and Molecules, Oxford Univ. Press, Oxford, U.K., 328 pp.
- Marazzini P. e Rossi M. (1988) The Origin of Semiconductor Physics in Italy: 1945-1965, Proc. Conf. "The Origins of Solid-State Physics in Italy: 1945-1960, edited by G. Giuliani, Editrice Compositori, Bologna.
- Marigliano Ramaglia V., Preziosi B. e Tagliacozzo A., Matching Conditions in and between Onedimensional Crystals, *Il Nuovo Cimento*, **53B**, 411 (1979).
- Marmo G. e Preziosi (2004) Objective Existence and Relativity Groups, in Symmetries in Science XI, B. J. Gruber, G. Marmo e N. Yoshinaga eds., Kluwer Academic Publishers, N.Y., p. 445-458.
- Mazzoleni F. (1956) Ingegneria Nucleare, Hoepli, Milano, 470 pp.
- McCabe W.L., Smith J.C. e Harriott P. (1956) Unit Operations of Chemical Engineering, McGraw-Hill, New York, 945 pp.
- Pines D. and Bohm D. (1952) A Collective Description of Electron Interactions: II. Collective vs Individual Particle Aspects of the Interactions, *Phys. Rev.* **85**, 338-353.
- Preziosi B. (1964) Finite-part integrals: a generalization of Hadamard's definition, *Il Nuovo Cimento*, **31**, 187-202.
- Preziosi B., Causality conditions in crystals (1971) *Il Nuovo Cimento*, **6B**, 131-138.
- Preziosi B. (1984) Span distribution moments for a symmetric one-dimensional random walk, *Il Nuovo Cimento D*, **3**, 645-652.
- Preziosi B. (1994) Inertia Principle and Transformation Laws, *Il Nuovo Cimento B* **109**, 1331-1335.
- Preziosi B. (1996) Comment on "Inertia principle and transformation laws", *Il Nuovo Cimento B* **111**, 1535-1538.
- Preziosi B. (1999) A Note on Light Velocity Anisotropy, *Gen. Rel. Grav.* **31**, 157-163.
- Preziosi B. e Tino G. (1998) Possible tests of curvature effects in weak gravitational fields, *Gen. Rel. Grav.* **30**, 173-193.
- Preziosi B., Simoni A. e Vitale B. (1964) A general analysis of the reduction of the direct product of two irreducible representations of SU_3 and of its multiplicity structure, *Il Nuovo Cimento*, **34**, 1101-1113.
- Preziosi B., Coscia V. e Ferone V. (1986) Universality of symmetric one-dimensional random flights, *J. Phys. A: Math. Gen.* **19**, 1403-1412.
- Revalski J.P. (2004) The Banach-Mazur game: History and recent developments, Institute of Mathematics and Informatics, Bulgarian Academy of Sciences, Seminar notes (Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, France, 2003-2004), 48 pp.
- Seitz F. e Einspruch N.G. (1998) La storia del silicio. Elettronica e comunicazione, Boringhieri Editore, Torino, 316 pp.
- Shishaev A.V., Vasilenko L.S. e Chebotaev V.P. (1970) *JETP Letters*, **23**, 161.
- Sparavigna A.C. (2016) La storia della Fisica dello Stato Solido in una prolusione di Eligio Perucca del 1960, https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2853334, 20 pp.
- Telgársky R.J. (1987) Topological Games: On the 50th Anniversary of the Banach-Mazur Game, *Rocky Mountain J. Math.* **17**, 227-276.

Parte B
Scienze Matematiche

A note on preduals and double preduals of some Banach spaces

Nota di Luigi D’Onofrio¹, Gianluigi Manzo², Carlo Sbordone³,
 Roberta Schiattarella⁴

Presentata dal socio Carlo Sbordone
 (Adunanza del 20 Novembre 2020)

Key words: Banach Function Spaces, Dual space

Abstract – In this note we establish when a Banach space can be identified as the dual or the double dual of another Banach space. These results can be used to obtain in a simple way interesting properties about spaces such as *BMO* and *BV*.

Riassunto – In questa nota stabiliamo quando uno spazio di Banach può essere identificato come duale o biduale di un altro spazio di Banach. Tali risultati ci consentono di scoprire interessanti proprietà di spazi quali *BMO* and *BV*.

1- OVERVIEW AND MAIN RESULT

A Banach space E is a *dual space* if there exists a Banach space E_* (a predual of E) such that $(E_*)^*$ is E . We mean that E_* is an isometric predual:

$$(E_*)^* \cong E,$$

where $\cong$ denotes isometric isomorphisms. We will denote isomorphism of Banach spaces by $\simeq$.

When E is a dual space, we can define the weak-star topology, and the Banach-Alaoglu-Bourbaki Theorem says that the unit ball $\mathbb{B}_E := \{x \in E : \|x\|_E \leq 1\}$ of

¹Dipartimento di Scienze e Tecnologie, Università di Napoli “Parthenope” e-mail: donofrio@uniparthenope.it

²Dipartimento di Matematica e Applicazioni “R. Caccioppoli”, Università degli Studi di Napoli Federico II, via Cintia, 80126 Napoli, ITALY
 e-mail: gianluigi.manzo@unina.it

³Dipartimento di Matematica e Applicazioni “R. Caccioppoli”, Università degli Studi di Napoli Federico II, via Cintia, 80126 Napoli, ITALY
 e-mail: sbordone@unina.it

⁴Dipartimento di Matematica e Applicazioni “R. Caccioppoli”, Università degli Studi di Napoli Federico II, via Cintia, 80126 Napoli, ITALY
 e-mail: roberta.schiattarella@unina.it

E is weak-star compact.

This fact can be reversed, that is, assume that there exists a subset $\mathcal{F}$ of E^* that separates the points of E and $\mathbb{B}_E$ is $\sigma(E, \mathcal{F})$ -compact (where $\sigma(E, \mathcal{F})$ is the coarsest topology on E such that the elements of $\mathcal{F}$ are continuous), then the closed linear span of $\mathcal{F}$

$$cl_{E^*}(\text{span } \mathcal{F})$$

defines a Banach space E_* which is an isometric predual of E ; in particular, the norm of $x \in E$ as a functional on E_* is equal to its norm as an element of E

$$\|x\|_E = \sup_{\|\varphi\|_{E_*} \leq 1} |\langle x, \varphi \rangle|. \quad (1)$$

(see Kaijser, 1978 and Dixmier, 1948).

This approach which relies on the existence of suitable $\mathcal{F} \subset E^*$ is natural once we observe that any predual E_* of a E should be viewed as a suitable closed subspace of the dual space E^* (see Rossi, 2011). The following result characterizes duals E of *separable* spaces by simply requiring that $\mathcal{F} \subset E^*$ is *countable*. The complete proof together with other extensions will be discussed in the forthcoming paper (D'Onofrio *et al.*, 2020).

Theorem 1. *E is the dual of a separable space if and only if there exists a countable, norming subset $\mathcal{F} \subset E^*$ such that $\mathbb{B}_E$ is $\sigma(E, \mathcal{F})$ -compact.*

Let us now recall that for any subspace U of a Banach space Z we canonically have $U^* \cong Z^*/U^\perp$ and $(Z/U)^* \cong U^\perp$, where $U^\perp$ is the annihilator of U in Z^* (see for instance Lax, 2002, Exercise 2 and 3, pag. 76-77).

We are able to complement this result by proving that for any predual P of E there exists a Banach space Z , a continuous embedding $V : E \rightarrow Z^*$ with $E \cong V(E)$ weak star closed, such that $P \cong Z/{}^\perp(V(E))$, i.e.

$$\left(Z/{}^\perp(V(E)) \right)^* \cong E,$$

where ${}^\perp V(E)$ is the subset of Z of elements annihilating $V(E)$.

Two important examples are $E = BMO(Q_0)$ the space of functions with bounded mean oscillation and $E = BV(Q_0)$ the space of functions of bounded variation ($Q_0 = [0, 1]^d \subset \mathbb{R}^d$).

To prove that E is a dual space, we denote by I a set of indices with the cardinality κ of the unit ball of E_* , $\mathbb{B}_{E_*} = (\psi_i)_{i \in I}$ and consider the space

$$\ell_\kappa^1 = \left\{ \xi = (\xi_i)_{i \in I} \in I^\mathbb{R} : \|\xi\|_{\ell_\kappa^1} = \sum_{i \in I} |\xi_i| < \infty \right\}$$

whose dual is

$$\ell_\kappa^\infty = \left\{ \xi = (\xi_i)_{i \in I} \in I^\mathbb{R} : \|\xi\|_{\ell_\kappa^\infty} = \sup_{i \in I} |\xi_i| < \infty \right\}.$$

Consider the continuous embedding

$$V : E \rightarrow \ell_K^\infty$$

defined for $x \in E$ by

$$V(x) = \{\langle \psi_i, x \rangle_E\}_{i \in I} \in \ell_K^\infty$$

then, E has an isometric predual,

$$E_* = \ell_K^1 / {}^\perp(V(E)).$$

Another interesting question is to see when E_* has a predual; in this case, we will say that E has *double predual*. Let $\mathcal{F} = \{f_n\}_{n \in \mathbb{N}} \subset E^*$ be a countable, norming subset for E , thus E is a Banach space under the norm

$$\|x\|_E = \sup_{n \in \mathbb{N}} |\langle f_n, x \rangle_E|.$$

Now, we fix an isometric predual C of ℓ^1 , hence $C \subset \ell^\infty$, and consider the isometric embedding

$$V : E \rightarrow \ell^\infty, Vx(n) = \langle f_n, x \rangle_E$$

and the set

$$E_C = \{x \in E : V(x) \in C\}$$

then, $(E_C)^* \subset E_*$ and we prove that the isometric isomorphism

$$(E_C)^* \cong E_*$$

if (and only if) the (AP) condition

$$\forall x \in E, \exists \{y_j\}_{j \in \mathbb{N}} \subset E_C : y_j \rightarrow x \text{ in } \sigma(E, \mathcal{F}), \quad \sup_{j \in \mathbb{N}} \|y_j\|_E < +\infty. \quad (\text{AP})$$

holds true.

Notice that for $E = BMO$, we have $E_* = \mathcal{H}^1$ the Hardy space, and for a suitable C , we recover $E_C = VMO$ and BMO is double dual of VMO , where VMO is the space of functions of vanishing mean oscillation.

In case $E = BV(Q_0)$, E_* is isomorphic to

$$\left\{ \varphi + \operatorname{div} \phi : \varphi \in C_0(Q_0), \phi \in C_0(Q_0; \mathbb{R}^d) \right\}$$

(see Ambrosio *et al.*, 2000 and Fusco and Spector, 2018), but it is not possible to find C such that $(E_C)^* \cong E_*$, at least in the case that C is M-embedded.

Another interesting case is the space B of Bourgain–Brezis–Mironescu introduced in Bourgain *et al.*, 2015 (see also Ambrosio *et al.*, 2016) to obtain a more general space than VMO having the property that all integer valued functions are actually constant. This space is similar in nature to BMO , and enjoys similar properties.

2- ACKNOWLEDGMENTS

The authors are members of the Gruppo Nazionale per l'Analisi Matematica, la Probabilità e le loro Applicazioni (GNAMPA) of the Istituto Nazionale di Alta Matematica (INdAM). The research of L. D. has been funded by “ Sostegno alla Ricerca Locale ”, Università degli studi di Napoli “ Parthenope ”. The research of R.S. has been funded by PRIN Project 2017JFFHSH.

3 - REFERENCES

- Ambrosio L. , Bourgain J. , Brezis H. and Figalli A. (2016) Bmo-type norms related to the perimeter of sets. *Comm. Pure Appl. Math.*, 69:1062–1086.
- Ambrosio L. , Fusco N. and Pallara D. (2000) Functions of bounded variation and free discontinuity problems. *Oxford Mathematical Monographs*. The Clarendon Press, Oxford University Press, New York.
- Bourgain J., Brezis H. and Mironescu P. (2015) A new function space and applications. *J. Eur. Math. Soc. (JEMS)* 6, 17(9):2083–2101.
- D’Onofrio L., Manzo G., Sbordone C., Schiattarella R. (2020) Preduals and double preduals of some Banach spaces. *arXiv:2009.13308*.
- Dixmier J. (1948) Sur un théorème de Banach. *Duke Mathematical Journal*, 15(4):1057–1071.
- Fusco N. and Spector D. (2018) A remark on an integral characterization of the dual of BV. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 457(2):1370– 1375.
- Kajiser S. (1978) A note on dual Banach spaces. *Mathematica Scandinavica*, 325–330.
- Lax P. D. (2002) *Functional analysis*. Pure and Applied Mathematics, New York.
- Rossi S. (2011) A characterization of separable conjugate spaces. *arXiv:1102.4325*.

Ricordo di Donato Greco

Nota del socio Carlo Sbordone ¹

(Adunanza del 18 Dicembre 2020)

Ricordo di Donato Greco

A venticinque anni dalla scomparsa di Donato Greco avvenuta il 25/12/95 ho avuto il desiderio di scrivere un suo ricordo, ritenendo di fare un omaggio al mio venerato docente (di Teoria delle funzioni, a.a. 70/71) che negli ultimi anni mi aveva fatto l'onore di condividere con me diverse imprese accademiche.

Ricordando che a Giugno '98 Egli fu commemorato congiuntamente dall'Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche di cui fu socio corrispondente dal 07/06/58 (giovannissimo), ordinario residente dal 2/12/78 e dall'Accademia Pontaniana di cui fu socio corrispondente dal 26/7/75 e ordinario residente dal 24/4/86 da C. Ciliberto e P. de Lucia.

Fu inoltre Vice Presidente dell'Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche per il 1982, Presidente per il 1983.

E fu proprio in questi anni che ebbi l'opportunità di lavorare con intensità insieme a lui per l'organizzazione del Convegno in onore di Carlo Miranda per i suoi 70 anni.

Per la precisione, fin dal gennaio 1981 molti allievi di Miranda convennero che un modo per festeggiare adeguamente il 70° compleanno del Maestro sarebbe stato quello di organizzare a Napoli un convegno scientifico per il mese di settembre 1982.

Fu così costituito un Comitato (F. Acanfora, A. Alvino, A. Avantageggiati, A. Canfora, C. Ciliberto, P. de Lucia, R. Fiorenza, A. Ghizzetti, F. Guglielmino, R. Infantino, S. Matarasso, C. Sbordone, F. Stoppelli, M. Troisi, G. Trombetti, A. Zitarosa) e ne fu affidata a Greco la Presidenza.

In tutti quei mesi gli fui molto vicino e potei apprezzare il suo rigore e la nobiltà del suo animo.

Il convegno dal titolo "Methods of Functional Analysis and Theory of Elliptic Equations" ebbe luogo dal 13 al 16 settembre nella sala Conferenza dell'ISVEIMER e si trasformò in un convegno dedicato alla Memoria di Miranda che purtroppo era scomparso improvvisamente il 28 maggio 1982.

¹Dipartimento di Matematica e Applicazioni "R. Caccioppoli", Università degli Studi di Napoli Federico II, via Cintia, 80126 Napoli, ITALY
e-mail: sbordone@unina.it

Gli speakers furono S. Agmon, F. J. Bureau, G. Cimmino, E. De Giorgi, H. G. Garnir, C. Jacob, J. Leray, J.L. Lions, E. Magenes, L. Nirenberg, J. Serrin. O. A. Olenik e J. Peetre non poterono partecipare ma mandarano il testo per il volume degli Atti, cui contribuirono A. Alvino e G. Trombetti, A. Avantaggiati, A. Canfora, P. Zecca e C. Sbordone e che fu stampato nel Giugno 1983.

All'inaugurazione tennero un intervento, oltre a Donato Greco anche Carlo Ciliberto, allora Rettore dell'Università di Napoli, e Giuseppe Scorza Dragoni.

Dopo qualche anno (1989) un altro importante convegno si tenne a Napoli, sempre nell'Aula Magna del palazzo ISVEIMER, questa volta dedicato a Renato Caccioppoli nel trentesimo anno della scomparsa, per iniziativa del Rettore Ciliberto, e Donato Greco fu anche questa volta nominato Presidente del Comitato Organizzatore. Ho trovato un filmato di un pezzo di Telegiornale Regionale che riproduce la fase inaugurale del Convegno (20-22 settembre 1959), con comitato scientifico costituito dai Proff. Alvino, Carbone, Sbordone e Trombetti.



Figura 1

Tennero conferenze plenarie A. Avantaggiati, P. de Lucia, M. Miranda, E. Vesentini, S. Campanato, C. Baiocchi, H. Brezis, A. Ambrosetti, A. Marino, E. De Giorgi, E. Magenes, S. Spagnolo e P.L. Lions.

Oltre agli interventi introduttivi di D. Greco e C. Ciliberto, tennero indirizzi di saluto G. Fichera, P. de Lucia, M. Valenzi (ex sindaco di Napoli), G. Marotta (Presidente Istituto Studi Filosofici), F. Guizzi e M. Torrini.

Anche questo Congresso dal notevole successo scientifico. Basta ricordare che P. L. Lions dopo qualche anno avrebbe ricevuto la Fields Medal.

L'impegno da me profuso per rileggere gli scritti di Donato in questa occasione è stato gratificato dalla lettura di eccellenti lavori scritti tutti in lingua italiana con prosa matematica rigorosa e direi perfetta.

Ho inoltre scoperto le numerose citazioni ottenute a suo tempo e anche di recente, anche relative ai lavori di Algebra Moderna.

Per tale ragione ho diviso l'indice dei lavori in due parti, la prima corrispondente ai 15 lavori di Analisi (incluso gli ultimi due pubblicati dopo aver conseguito la cattedra) e la seconda contenente i 4 lavori di "Algebra Moderna" come egli amava dire.

Rinviando alla Commemorazione scritta da C. Ciliberto e P. de Lucia per le notizie sulla sua carriera, mi limito a segnalare che, quando prese servizio a Catania (a dicembre 1956) gli ordinari di Analisi in Italia erano una trentina e che egli si trasferì a Bari dal gennaio 1958 ed ivi ebbe rapporti scientifici stretti con Giuseppe Arnese. Quest'ultimo in una sua intervista pubblicata su "Una breve panoramica sulla Matematica a Bari", a cura del Comitato organizzatore del XVIII Congresso dell'UMI di Bari (24-29 settembre 2007) ricordò che «un pomeriggio (venerdì 8 maggio 1959) con Greco discuteva in Istituto, di alcuni argomenti di ricerca, squillò il telefono ed insieme appresero la notizia del suicidio di R. Caccioppoli. Ne rimasero molto scossi e partirono per Napoli nell'immediato!»

Lavori di Analisi

I primi tre lavori (1949-1950) di Donato Greco sono dedicati a problemi di autovalori per l'equazione differenziale ordinaria in forma variazionale

$$-\frac{d}{dx} \left(\theta(x) \frac{dy}{dx} \right) = [\lambda A(x) + B(x)] y$$

con condizioni ai limiti a coefficienti lineari nel parametro λ , e allo studio degli sviluppi in serie delle autosoluzioni associate.

Particolarmente interessante il lavoro [2] in cui il problema viene tradotto in equazione integrale.

I lavori [1] e [2] furono recensiti da Giovanni Sansone su Zentralblat e sono citati nel volume "Equazioni Differenziali" di Francesco G. Tricomi (1967) al par. 27.

Nel quarto lavoro (1951) i risultati ottenuti in precedenza trovano un'elegante applicazione alla risoluzione di un problema al contorno relativo all'equazione parabolica

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial u}{\partial t} - p(x)u = F(x, t)$$

con condizione iniziale del tipo $u(x, 0) = u^{(0)}(x)$.

Egli utilizza il metodo delle trasformate di Picone per scrivere la formula risolutiva mediante sviluppo in serie di autosoluzioni di un problema del tipo considerato in [1] e [2].

Il lavoro [6] "Criteri di compattezza per certe classi di funzioni in n variabili inviato a "Ricerche di Matematica" nel gennaio 1952 (di cui il lavoro [5] è riassunto, essendo oggetto di sua comunicazione al IV Congresso UMI di Taormina, 25-31 ottobre 1951) ebbe natura pionieristica come si realizzò nel 1963 grazie a lavori di Sergio Campanato ad esso ispirati, con argomento suggerito da Ennio De Giorgi. In un lavoro pubblicato sugli Annali di Pisa nacquero gli "*spazi di Campanato*" che per certi valori dei parametri restituiscono lo spazio $C^{0,\alpha}$ delle funzioni Hölderiane e lo spazio BMO di John-Nirenberg.

Precisamente Greco stabilì un criterio generale di compattezza rispetto alla convergenza uniforme per un insieme $\mathcal{U}$ di funzioni in un dominio T di $\mathbb{R}^n$ a frontiera sufficientemente regolare che generalizzò noti criteri di Tonelli e Morrey.

È ben noto dai teoremi di immersione di Sobolev che se $u \in W^{k,q}(\Omega)$, $q \geq 1$, $k \in \mathbb{N}$; cioè u è una funzione appartenente a $L^q(\Omega)$ insieme alle sue derivate fino all'ordine k e si ha

$$qk > n \quad (1)$$

allora u coincide quasi ovunque in $\bar{\Omega}$ con una funzione Hölderiana con esponente α dipendente da k, q, n . In questo lavoro D. Greco sostituì a $L^q(\Omega)$ la classe di Morrey $L^{(q,\lambda)}(\Omega) \subset L^q(\Omega)$, $0 \leq \lambda \leq n$ costituita dalle $u \in L^q(\Omega)$ tali che per $0 < r < \text{diam}(\Omega)$

$$\int_{B_r(x_0) \cap \Omega} |u(x)|^q dx \leq cr^\lambda \quad (2)$$

con $c = c(u)$ al variare di $x_0 \in \bar{\Omega}$.

Applicando un procedimento introdotto da Caccioppoli (1951) basato sulla maggiorazione diretta di certe medie integrali, viene qui assicurata una maggiorazione di un comune coefficiente di Hölder per le funzioni di $\mathcal{U}$ relativo ad un esponente $\alpha = \alpha(n, K, q)$ che dipende dall'ordine di infinitesimo dell'integrale rispetto al diametro r del dominio.

Egli dimostrò che una u di $W_k^{q,\lambda}$, cioè appartenente allo spazio $L^{(q,\lambda)}(\Omega)$ insieme alle derivate generalizzate fino all'ordine k , nell'ipotesi, meno restrittiva della (1),

$$\lambda + qk > n \quad (3)$$

è Hölderiana con esponente α dipendente da k, q, n e da λ :

$$|u(x) - u(y)| \leq c_1 \|u\|_{W_k^{q,\lambda}} |x - y|^\alpha \quad (4)$$

con $0 < \alpha < k + \frac{\lambda - n}{q}$ se $n - kq < \lambda \leq n - (k - 1)q$, mentre $\alpha = 1$ se $\lambda > n - (k - 1)q$.

Tale risultato fu riottenuto da Nirenberg in Comm. Pure Appl. Math., IX, 1, (1956) e generalizzato (per quanto riguarda le ipotesi su Ω) nel 1963 da Campanato su Ann. di Pisa (3), 17 (1963), 175-188 e su Ricerche di Matematica 12 (1963), 67-86. In questi ultimi lavori Campanato ringrazia E. De Giorgi per averlo indirizzato verso tali ricerche.

L'equicontinuità in (4) comporta compattezza rispetto alla convergenza uniforme.

Notiamo che per $k = q = 1$ la condizione (3) si riduce a $\lambda > n - 1$ e così si riottiene il classico teorema di Morrey (1943) mentre per $k = 1$, $\lambda = 0$ e $n = 2$ la (3) si scrive $q > 2$ e così si riottiene il classico Teorema di Tonelli (1933).

Nel lavoro [7] si considera il caso $v = 0$ e si suppone

$$\frac{n-1}{k} < q \leq \frac{n}{k}$$

e, pur di aggiungere un'ipotesi qualitativa sulla u , la cosiddetta monotonia alla Leray-Caccioppoli, si ottiene nuovamente l'equicontinuità.

In una memoria sottomessa a Ricerche di Matematica il 05/06/56 (Ricerche di Matematica 5 (1956), 126-149), ottenne risultati assai pregevoli relativi alla maggiorazione

integrale delle derivate delle soluzioni di classe $C^{(2,\lambda)}(\bar{\Omega})$, $0 < \lambda \leq 1$ di equazioni ellittiche del tipo

$$\mathcal{M}u = \sum_{i,j} a_{ij}(x) \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_j} + \sum_{i,j} b_i(x) \frac{\partial u}{\partial x_i} + c(x)u = f \quad (5)$$

sul dominio Ω di $\mathbb{R}^n$ sufficientemente regolare. Nelle ipotesi $a_{ij} = a_{ji} \in C^0(\bar{\Omega})$; $f, b_i, c \in L^\infty(\Omega)$, ($c_0 > 0$)

$$c_0 \sum_i \xi^2 \leq \sum_{ij} a_{ij}(x) \xi_i \xi_j \quad x \in \Omega, (\xi_1, \dots, \xi_n) \in \mathbb{R}^n \quad (6)$$

Precisamente, per $u \in C^{(2,\lambda)}(\bar{\Omega})$, utilizzando il Teorema di Calderon-Zygmund (1952), egli dimostrò la limitazione ($p > 1$)

$$\|u\|_{W^{2,p}(\Omega)} \leq c_1 \left\{ \|f\|_{L^p} + \|\gamma u\|_{W^{r,2}(\Gamma)} + \|u\|_{W^{1,p}(\Omega)} \right\} \quad (7)$$

in cui γu è la traccia su $\partial\Omega$, che generalizzava il caso $p = 2$ dovuto a Caccioppoli (1952) (Giornale di Mat. di Battaglini, 80, (1950-1951), pp. 186-212).

Quasi contemporaneamente pervenne allo stesso risultato il matematico sovietico A. I. Koselev con metodi basati sul Teorema di Marcinkiewicz sulle serie di Fourier.

Successivamente (Boll. UMI, 1965) S. Campanato e G. Stampacchia stabilirono il risultato con metodi di interpolazione implementati da Stampacchia stesso (Annali di Pisa, 1965).

In un successivo lavoro, apparso sullo stesso fascicolo di Ricerche di Matematica e sottomesso da Greco il 10/06/56 (Ric. di Matematica 5, (1956), 150-158), egli dimostra un Teorema di esistenza (congetturato da Miranda) relativo all'equazione (5) che si ottiene affinando la limitazione (7) eliminando dal secondo membro, con un artificio, la norma $W^{1,p}$ di u .

In tal modo perviene al Teorema di esistenza per il problema di Dirichlet

$$\begin{cases} \mathcal{M}u = f & \text{in } \Omega \\ u = \varphi & \text{su } \partial\Omega \end{cases} \quad (8)$$

di almeno una soluzione $u \in W^{1,p}(\Omega)$, $\forall p > 1$ con un metodo di approssimazione che si avvale di un suo Teorema di compattezza (Ric. di Matematica, Vol. I, 1952) nell'ipotesi $f \in L^\infty(\Omega)$, $\varphi \in C^2(\Omega)$. Si veda il capitolo 9 di Gilbarg- Trudinger per ampia esposizione della Sua dimostrazione. Altri autori che citarono questi lavori di Greco Talenti (1966), Nirenberg (1956), C. Pucci (1966), C. Miranda (1970), ecc Per tale via si ottiene unicità della soluzione. Nella Conferenza Generale che Guido Stampacchia tenne al VI Congresso UMI il 12/09/1959 a Napoli il lavoro di Greco fu citato insieme ad uno di Gagliardo (presentato da Stampacchia sui Rend. Accad. Sci. Fis. e Mat. di Napoli il 1/3/58) che trattava un caso più generale di condizioni al contorno. Ricordo che Gagliardo fu a Napoli con l'occasione Stampacchia citò anche un lavoro di Renato Fiorenza relativo al problema di derivata obliqua per equazioni a coefficienti Hölderiani (Ric. di Mat. 3 (1959), 93-110).

Le sue ricerche di Algebra

Donato Greco mostrò una rara capacità di muoversi con autonomia in campi difficili di Analisi Matematica e di Algebra moderna simultaneamente e scrivendo solo lavori a unica firma.

Ricordiamo quanto scritto nella commemorazione di Greco scritta da Carlo Ciliberto e Paolo de Lucia, letta in Accademia il 25/06/98 e pubblicata nella serie “Profili e Ricordi”, n. 25 tenuta in seduta congiunta della Società Nazionale di Scienze Lettere e Arti e dell’Accademia Pontaniana

«All’inizio degli anni ‘50, dopo l’arrivo di Guido Zappa a Napoli, Greco cominciò ad interessarsi a questioni di Algebra (analogamente si comporterà anche il Collega Zitarosa, che fu allievo e assistente di Miranda). È un segno di apertura di interessi e di una certa irrequietezza intellettuale. In quel periodo Egli pubblicò quattro lavori in teoria dei gruppi: tre sono sui gruppi somma di quattro, cinque sottogruppi, dove il punto di partenza è rappresentato da una nota di Gaetano Scorza del ‘26; nell’ultimo dei tre lavori l’ipotesi di finitezza di gruppi viene eliminata. L’altro lavoro riguarda invece gli omomorfismi reticolari.

È un peccato che questo filone di ricerca si sia bruscamente interrotto (la cattedra? maggiore interesse per le equazioni differenziali? Partenza di Zappa da Napoli?....»

Guido Zappa (nato a Napoli il 07/12/1915 e morto a Firenze il 17/3/2015) fu professore di Geometria a Napoli dal 1946/47 al 1952/53 e fece parte del Comitato di Redazione della Rivista Ricerche di Matematica (fondata nel 1952 da Caccioppoli e Miranda) composta anche da Spampinato Tolotti e Zappa.

Nel verbale della Commissione di concorso a Cattedra (G. Scorza, C. Miranda, S. Cinquizi, L. Amerio e G. Fichera) di Analisi Matematica (algebrica ed infinitesimale) dell’Università di Trieste che lo dichiarò primo della terna il 28/11/56 si legge: *«I lavori 14, 15, 16 forniscono interessanti caratterizzazioni di gruppi somma di quattro o cinque loro sottogruppi. Tali lavori costituiscono un complesso di ricerche notevole per la prova di cultura fornita dal Greco in quel campo e per difficoltà e delicatezza dei ragionamenti svolti. Degno di nota il lavoro 17 sul reticolo dei sottogruppi normali di alcuni gruppi finiti.*

Giudizio collegiale. - *Il Greco si è cimentato in questioni elevate e difficili, pervenendo a risultati di indubbio pregio. È grande merito di questo candidato aver saputo indirizzare con profitto le proprie indagini in campi assai lontani fra loro, dando prova di ingegno versatile e di estesa cultura. Le sue eccellenti qualità didattiche sono largamente documentate.»*

Notiamo che egli aveva conseguito la libera docenza in Analisi Superiore nel 1954, con 3 lavori di Algebra su un totale di 10.

Nei lavori [16] (presentato da G. Zappa per la pubblicazione sul Rendiconto dell’Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche di Napoli il 3/3/51), [18] (sottomesso per la pubblicazione su Rend. Sem. Mat. Univ. di Padova il 10/2/53) e [19] (presentato da G. Zappa per la pubblicazione sul Rendiconto dell’Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche di Napoli il 5/5/56) Greco riprende una nota sul Boll. UMI di Gaetano Scorza del 1926 in cui era stata ottenuta una caratterizzazione dei gruppi che possono pensarsi come somma di 3 loro sottogruppi propri. Greco caratterizza invece i gruppi che possono pensarsi come somma di 4 o 5 loro sottogruppi. È di quel periodo (1953) la

foto in figura 2 che riprende Caccioppoli, Miranda e diversi altri matematici napoletani e non, che fu scattata durante un convegno di Algebra che si tenne a cura dell'Istituto di Matematica di Napoli diretto da Carlo Miranda.



Da sinistra in primo piano: A. Zitarosa, G. Caricato, R. Vinciguerra, M. Curzio, G. Trevisan. In piedi, sempre da sinistra: D. Greco, R. Caccioppoli, C. Ciliberto, B. Segre, F. Cafiero, C. Miranda, L.L. Radice, G. Zappa, P.L. Vesentini, G. Zacher.

Convegno di Algebra a Napoli (1953)

Figura 2

Come si legge sul Boll. UMI ser. III vol 9 (1954) n.1 NOTIZIE, pag 106-109,

«nei giorni 8,9 e 10 ottobre 1953 si svolse a Napoli un incontro tra cultori di Algebra sponsorizzato dal “Terzo gruppo di Istituti e Seminari Matematici”. Argomenti scelti furono Teoria dei Gruppi, Teoria dei Reticoli, Geometrie non desarguesiane e affini. Parteciparono all’incontro: il prof. Beniamino Segre, il prof. Lucio Lombardo Radice ed il dott. Edoardo Vesentini dell’Univ. di Roma, i dott. Giorgio Trevisan e Giovanni Zacher dell’Univ. di Padova, i professori Nicolò Spampinato e Guido Zappa e i dott. Mario Curzio, Donato Greco, Rodolfo Permutti e Antonio Zitarosa dell’Univ. di Napoli

...

Il dott. Donato Greco ha esposto alcuni suoi risultati relativi agli omomorfismi propri di alcuni tipi di reticoli modulari, risultati che, applicati al reticolo dei sottogruppi normali di un gruppo speciale finito portano alla caratterizzazione degli omomorfismi di tale reticolo e degli elementi neutri di questo (i quali ultimi sono stati determinati per altra via anche dal dott. Antonio Zitarosa. Ha accennato poi a risultati parziali recentemente comunicati, per via epistolare, dal matematico giapponese Noboru Ito, relativi agli elementi neutri del reticolo dei sottogruppi normali di un gruppo finito.».

...

Il dott. Mario Curzio, ricordando che l'insieme dei laterali dei sottogruppi di un gruppo è un reticolo, ha esposto alcune sue osservazioni circa la possibilità che un isomorfismo tra siffatti reticoli implichi un isomorfismo ordinario tra i rispettivi gruppi, esaminando in particolare il caso in cui uno dei gruppi considerati sia ciclico. Tali osservazioni rientrano tra i risultati di una sua ricerca in corso, mirante a risolvere, almeno parzialmente, il problema n. 42 di Birkhoff.
Si veda la Figura 3 con bella foto di Caccioppoli, Greco e Curzio.



Napoli, Piazza Trieste e Trento, da sinistra: D. Greco, Caccioppoli e M. Curzio

Figura 3

Bibliografia di Analisi Matematica

- [1] Su un problema ai limiti per un'equazione differenziale lineare ordinaria del secondo ordine. *Giornale di Matematica di Battaglini*, s. IV, vol. 78 (1948-49), pp. 216-237.

- [2] Gli sviluppi in serie di autosoluzioni in un problema ai limiti relativo ad un'equazione differenziale lineare ordinaria del secondo ordine. *Giornale di Matematica di Battaglini*, s. IV, vol. 79 (1949-50), pp. 86-120.
- [3] Sulla convergenza degli sviluppi in serie di autosoluzioni associati ad un problema ai limiti relativo ad un'equazione differenziale ordinaria del secondo ordine. *Rend. Acc. Sc. Fis. e Mat. della Soc. Naz. di Sc. Lett. ed Arti in Napoli*, s.4, vol. XVII (1950).
- [4] Una nuova applicazione del metodo delle trasformate alla risoluzione di un problema al contorno per un'equazione di tipo parabolico. *Giornale di Matematica di Battaglini*, s. IV, vol. 80 (1950-51).
- [5] Criteri di compattezza per insiemi di funzioni in n variabili indipendenti. *Atti del IV Congresso dell'U.M.I., Taormina 1951*. (comunicazione).
- [6] Criteri di compattezza per insiemi di funzioni in n variabili indipendenti. *Ricerche di Matematica*, vol. I (1952), pp.
- [7] Criteri di compattezza per certe classi di funzioni in n variabili. *Ricerche di Matematica*, vol. III (1954), pp.220-246.
- [8] Su un teorema di calcolo delle variazioni. *Ricerche di Matematica*, vol. V (1956), pp. 159-166.
- [9] Il problema di derivata obliqua per certi sistemi di equazioni a derivate parziali di tipo ellittico in due variabili. *Annali di Matem. pura ed appli.*, s. I V, t. XLII (1956), pp. 1-24.
- [10] Sul problema di Lauricella per una particolare equazione del IV ordine. *Boll. U.M.I.* (3) 11 (1956), pp. 394-401.
- [11] Nuove formule integrali di maggiorazione per le soluzioni di un'equazione lineare tipo ellittico ed applicazioni alla teoria del potenziale. *Ricerche di Matematica*, vol. V (1956), pp. 126-149.
- [12] Un teorema di esistenza per il problema di Dirichlet relativo ad un'equazione lineare ellittica in m variabili. *Ricerche di Matematica*, vol. V (1956), pp. 150-158.
- [13] Un'osservazione sul problema di Dirichlet. *Rend. Acc. Sc. Fis. e Mat. della Soc. Naz. di Sc. Lett. e Arti in Napoli*, s. 4, col. XXIII (1956).
- [14] Le Matrici fondamentali di alcuni sistemi di equazioni lineari a derivate parziali di tipo ellittico. *Ric. di Matem.*, vol. VIII (1959) 197-221.
- [15] Su un problema al contorno per certi sistemi di equazioni ellittiche. *Ric. di Matem.* vol. VIII (1959) 271-299.

Bibliografia di Algebra Moderna

- [16] I gruppi finiti che sono somma di quattro sottogruppi. *Rend. Acc. Sc. Fis. e Mat. della Soc. Naz. di Sc. Lett. e Arti in Napoli*, s. 4, vol. XVIII (1951).
- [17] Sugli omorfismi del reticolo dei sottogruppi normali di alcuni gruppi finiti. *Ric. di Matem.*, vol. I (1952), pp. 185-199.

[18] Su alcuni gruppi finiti che sono somma di cinque sottogruppi. Rend. Sem. Mat. dell'Univ. di Padova, vol. XXII (1953), pp. 313-333.

[19] Sui gruppi che sono somma di quattro e cinque sottogruppi. Rend. Acc. Sc. Fis. e Mat. della Soc. Naz. di Sc. Lett. Ed Arti in Napoli, s. 4, vol. XXIII (1956).

Appendice

L'Osservatorio Meteorologico di San Marcellino Napoli Centro: i dati dell'anno 2020

Nota di Nicola Scafetta^{1*}, Raffaele Di Cristo¹, Raffaele Viola¹,
Adriano Mazzearella²

Presentata dal socio Carlo Sbordone
(Adunanza del 15 gennaio 2021)

Keywords: Air temperature, atmospheric pressure, rainfall, solar radiation, wind intensity-direction, UV index.

Abstract - The analysis of all meteorological parameters of the year 2020 shows that: **(a)** the monthly mean pressure ranges between 1013.6 hPa of August and 1027.0 hPa of January, with an annual mean of 1017.6 hPa, with a daily absolute minimum of 997.3 hPa measured on 28 December at 19:30 and with a daily absolute maximum of 1039.2 hPa measured on 21 January at 10:30; **(b)** the monthly mean air temperature ranges from 11.3°C of January and 27.4°C of August, with an annual mean of 18.5°C, with a daily absolute minimum of 4.2°C measured on 25 March at 3:20 and with a daily absolute maximum of 34.6 °C measured on 16 May at 16:20; **(c)** the monthly mean relative humidity ranges from 61.6% of May and 77.2% of December, with an annual mean of 69.5%, with a daily absolute minimum of 22.0% measured on 8 April at 16:20 and with a daily absolute maximum of 95.0% measured on 29 April at 7:10; **(d)** the mean monthly global solar radiation ranges between 150.9 W/m² of December and 452.2 W/m² of August, with an annual mean of 323.5 W/m² and with a daily absolute maximum of 1192.0 W/m² measured on 8 June at 13:00; **(e)** the mean monthly UV Index ranges from 5.1 of February to 7.0 of July, with an annual average of 6.0 and with a daily absolute maximum of 12.4 measured on 18 June at 13.10; **(f)** the monthly mean wind intensity ranges between 1.0 m/s of August and October and 1.4 m/s of February, with an annual mean of 1.2 m/s and with most intense daily gust of 29.5 m/s measured on 25 September at 12:40; **(g)** The wind direction shows a mode from the North in February, November, December, from

¹ Osservatorio Meteorologico. Dipartimento di Scienza della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse, Università degli Studi Federico II, Largo S. Marcellino 10, 80122 Napoli.

*Autore al quale va indirizzata la corrispondenza.

² In pensione dall'1.11.2018.

North-East in January, from South in June, from South-West in March, April, May, July, August, September; **(h)** the monthly cumulative rainfall ranges from 0.0 mm of July to 225.4 mm of December, with a cumulative annual value of 776.2 mm and with a daily absolute maximum of 60.0 mm measured on 16 November.

Riassunto - Dall'analisi di tutti i parametri meteo dell'anno 2020 emerge quanto segue: **(a)** la pressione atmosferica media mensile oscilla fra 1013.6 hPa di agosto e 1027.0 hPa di gennaio, con una media annua di 1017.6 hPa, con un minimo assoluto giornaliero di 997.3 hPa registrato il 28 dicembre alle ore 19.30 e con un massimo assoluto giornaliero di 1039.2 hPa registrato il 21 gennaio alle ore 10.30; **(b)** la temperatura dell'aria media mensile oscilla fra 11.3°C di gennaio e 27.4°C di agosto, con una media annua di 18.5°C, con un minimo assoluto giornaliero di 4.2°C registrato il 25 marzo alle ore 3:20 e con un massimo assoluto giornaliero di 34.6°C registrato il 16 maggio alle ore 16.20; **(c)** l'umidità relativa media mensile oscilla fra 61.6% di maggio e 77.2% di dicembre, con una media annua di 69.5%, con un minimo assoluto giornaliero del 22.0% registrato l'8 aprile alle ore 16:20 e con un massimo assoluto giornaliero di 95.0% registrato il 29 aprile alle ore 7:10; **(d)** la radiazione solare globale media mensile oscilla fra 150.9 W/m² di dicembre e 452.2 W/m² di agosto, con una media annua di 323.5 W/m² e con un massimo assoluto giornaliero di 1192.0 W/m² registrato l'8 giugno alle ore 13.10; **(e)** l'indice UV medio mensile oscilla fra 5.1 di febbraio e 7.0 di luglio, con una media annua di 6.0 e con un massimo assoluto giornaliero di 12.4 registrato il 18 giugno alle ore 13.10; **(f)** l'intensità media mensile del vento oscilla tra 1.0 m/s di agosto e ottobre e 1.4 m/s di febbraio, con una media annua di 1.2 m/s e con la raffica giornaliera più intensa di 29.5 m/s registrata il 25 settembre alle ore 12:40; **(g)** la direzione del vento presenta una moda da Nord in febbraio, novembre, dicembre, da Nord-Est in gennaio, da Sud in giugno, da Sud-Ovest in marzo, aprile, maggio, luglio, agosto, settembre; **(h)** la pioggia cumulata mensile oscilla tra il valore 0 mm di agosto e i 225.4 mm di dicembre, con un valore annuale cumulato di 776.2 mm e con un massimo assoluto giornaliero di 54.0 mm registrato il 16 novembre.

1 - INTRODUZIONE

I dati meteo sono attualmente rilevati da una centralina automatica sita sulla torretta dell'edificio di San Marcellino (lat. 40°50'50" N; long. 14°15'29" E; quota 50 m slm), sede attuale del Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse a meno di 50 m dall'Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche della Società Nazionale di Scienze, Lettere ed Arti in Napoli.

La stazione gestisce i seguenti sensori: temperatura dell'aria (°C), pressione atmosferica (hPa) (normalizzata a livello del mare), umidità relativa (%), velocità del vento (m/s), direzione del vento (°Nord), precipitazione (mm), radiazione solare globale (W/m²), indice UV (scala da 0 a 16).

Per ogni mese i valori estremi giornalieri sono evidenziati in grassetto.

I dati sono acquisiti con cadenza di 10 minuti ed i valori, fatta eccezione per

la pioggia che viene registrata come cumulata, sono quelli istantanei; i dati giornalieri di radiazione globale ed indice UV sono mediati sulla loro effettiva durata.

La direzione del vento è calcolata come moda sia a scala di 10 minuti per i grafici orari che a scala giornaliera per i grafici mensili. È considerata variabile (var.) quando la direzione non è stata registrata su uno stesso quadrante per più di 8 ore.

L'assenza del dato indica sensore fuori uso.

2- MATERIALI E METODI

Il bollettino meteorologico dell'anno 2020 è così organizzato:

- un breve rapporto meteorologico per ogni mese;
- una catalogazione delle medie orarie mensili (00 -23 h) e dei relativi grafici per ogni mese;
- una catalogazione dei valori medi giornalieri e dei relativi grafici, per ogni mese, con l'indicazione dei valori estremi registrati;
- un riepilogo mensile di tutti i parametri meteo relativo all'anno in corso;
- un riepilogo mensile delle frequenze di precipitazione, temperature minime e massime distinte per soglia.

È possibile accedere via web alla consultazione dei dati rilevati in tempo reale all'indirizzo: <http://www.meteo.unina.it>.

3 – RAPPORTI METEO MENSILI

GENNAIO 2020

La temperatura dell'aria di gennaio 2020 è stata costantemente al di sopra della media con l'eccezione dei giorni 6 e 7. Le medie mensili sono state così di 8.6°C per la temperatura minima e di 14.6°C per la massima, due gradi in più delle rispettive medie secolari. Questo a causa della presenza, quasi continua, su tutta l'Europa centrale, di un imponente e ampio anticiclone di matrice afro-az-zorriana che ha sistematicamente bloccato le masse d'aria di origine polare che tentavano di entrare nel Mediterraneo. La quantità di pioggia caduta è stata di 14 mm, 80 mm in meno rispetto al valore stagionale. La temperatura del mare nel golfo è passata dai 16°C degli inizi di gennaio a 15°C per fine mese, mezzo grado al di sopra della norma.

FEBBRAIO 2020

La temperatura dell'aria di febbraio 2020 è stata costantemente al di sopra della media con l'eccezione dei giorni 5 e 6. L'assenza di freddo negli ultimi giorni di gennaio è continuata per tutto il mese a causa delle numerose perturbazioni atlantiche che si sono riversate sul Mediterraneo, accompagnate da venti di

scirocco e di libeccio. Le medie delle temperature minime e massime dell'intero mese sono state, perciò, di 10.1°C per le temperature minime, tre gradi in più della media stagionale, e di 15.5°C, per le temperature massime, due gradi in più. La quantità di pioggia è stata di 22 mm, il 70% in meno di quella che cade normalmente a febbraio e distribuita su 6 giorni. Il giorno più freddo è stato il 7 febbraio con 5.7°C mentre il vento ha raggiunto picchi di 80 km/h nei giorni 5, 26 e 27. La temperatura del mare nel golfo è rimasta intorno ai 15°C per l'intero mese. La latitanza del freddo a febbraio si spiega con il comportamento del vortice polare che, invece di frantumarsi in tanti lobi, ha preferito rimanere compatto sulle alte latitudini.

MARZO 2020

L'andamento termico di marzo è stato molto altalenante. I primi 9 giorni con valori di temperatura in linea con la media stagionale, numerose perturbazioni atlantiche dirette sul Mediterraneo e una ventilazione meridionale sostenuta di 50 km/h. A seguire, e fino al giorno 22, con valori superiori alla media di 1-2°C per la presenza di aree di alta pressione che hanno bloccato la normale dinamicità atmosferica. Dal 23 e fino al 28, con valori di 3-4°C al di sotto della media, aria gelida proveniente direttamente dalla Russia e una ventilazione nord-orientale molto sostenuta di 60 km/h. Infine, gli ultimi tre giorni con temperatura ancora al di sopra della media. La media delle temperature massime è stata di 16.1°C, in linea con la media del periodo, mentre la media delle minime è stata di 10.0°C, un grado in più. Il giorno più caldo è stato il 20 con 18.7°C mentre quello più freddo è stato il 25 con 4.1°C. La temperatura del mare nel golfo ha oscillato intorno ai 15°C per tutto il mese. La cima del Vesuvio è stata ricoperta di neve nei giorni 26, 27 e 28. Le precipitazioni sono state pari a 40 mm, il 40% in meno di quanto cade normalmente a marzo e concentrate nella prima e nell'ultima decade.

APRILE 2020

Aprile è stato caratterizzato di una notevole dinamicità atmosferica per l'alternarsi sul Mediterraneo di aree anticicloniche, che hanno assicurato stabilità e soleggiamento, e di aree cicloniche che hanno richiamato perturbazioni sia dall'Atlantico che dai Balcani. Questo a confermare che la primavera è una stagione capricciosa con continui alti e bassi. La media delle temperature minime di aprile 2020 a Napoli centro è stata di 12.9°C, un grado e mezzo più elevata della media stagionale, mentre quella delle massime è stata di 19.2°C, in linea con la media. Il cono del Vesuvio è stato coperto di neve il giorno 1 con la temperatura minima pari a 8.6°C. Il giorno più caldo è stato il 7 con 22.4°C. La pioggia è stata di 53 mm, 15 mm in meno di quella che cade normalmente ad aprile. Un fronte occluso sul Mediterraneo centrale dal 20 al 22 ha determinato la caduta di piogge continue e leggere che sono state preziose per la campagna perché completamente assorbite dal terreno. La temperatura del mare nel golfo è stata variabile ed è

passata da 14.5°C a inizio mese a 18.0°C a fine mese.

MAGGIO 2020

L'andamento termico di maggio 2020 è stato altalenante. I primi 12 giorni con temperatura di 2°C al di sotto della media, a seguire e per tutto il mese, con temperatura 4-5°C al di sopra della media, con l'eccezione dei giorni 20 e 30, quando la temperatura è stata 5°C al di sotto della media. Le medie delle temperature minime e massime sono state di 17.7°C e a 24.2°C, più alte, rispettivamente, di 2.8°C e di 0.9°C delle medie storiche del periodo. Nei giorni 16, 17 e 18, la polvere proveniente direttamente dal Sahara ha reso il cielo lattiginoso e le carrozzerie delle auto ricoperte di sabbia giallo-rossa. In particolare, nel giorno 17, il termometro a Napoli centro è schizzato a 34.6°C, valore che rappresenta la temperatura giornaliera più elevata registrata nei mesi di maggio presso l'Osservatorio Meteorologico della Federico II, operativo dal 1872. Un vento di 50 km/ora ha messo a dura prova la popolazione campana nei giorni 13 e 27. Le precipitazioni sono state pari a 19 mm, 27 mm in meno di quanto piove normalmente a maggio e concentrata nei giorni 20 e 30. Queste piogge leggere hanno beneficiato la campagna in accordo al proverbio contadino *A maggio doie bone t'acconciano 'o grano*, nel senso che a maggio piogge poco frequenti e non a scrosci sono in grado di imbibire la terra in profondità senza formazione di pantani e di parassiti che potrebbero compromettere il raccolto del grano. La variabilità atmosferica di questo mese è dovuta alla prolungata presenza dell'anticiclone delle Azzorre ad Ovest del Mediterraneo e della depressione ligure in grado di attrarre prima aria fredda polare e poi aria calda africana.

GIUGNO 2020

Il meteo di giugno 2020 può essere suddiviso sostanzialmente in due parti: i primi 22 giorni con temperatura più bassa di circa 3-4°C rispetto alla media stagionale, per i ripetuti arrivi sul Mediterraneo di flussi atlantici d'aria fresca, e i rimanenti giorni con temperatura più alta di 4-5°C a causa della presenza del bollente ed umido anticiclone nord africano che i meteofili chiamano il cammello. Tale disomogeneità atmosferica ha determinato una media delle temperature massime di 26.3°C, un grado in meno di quella stagionale, e una media delle temperature minime di 19.4°C, un grado e mezzo in più. Le precipitazioni sono state pari a 31 mm, concentrate nel rovescio del 5, e perfettamente in linea con la cumulata stagionale. Il giorno più caldo è stato il 27 con una temperatura massima pari a 33.1°C che ha determinato disagio nella popolazione per l'alto valore di umidità relativa. La temperatura del mare nel golfo è passata da 20°C di inizio mese a 26°C di fine mese. La mietitura è già iniziata in accordo al detto *Giugno falce in pugno*. L'inverno siccitoso e mite aveva fatto preoccupare per un anticipo di maturazione delle spighe ma le scarse precipitazioni, da marzo in poi, leggere

ma continue durante il giorno, hanno imbibito il terreno in profondità determinando una buona produzione di grano di alta qualità.

LUGLIO 2020

La temperatura dell'aria di luglio a Napoli è stata molto altalenante e questo a causa dell'alternanza sull'Italia del mite anticiclone delle Azzorre e del bollente ed umido anticiclone africano la cui umidità passa da valori esigui quando è sulla Libia a valori elevati dopo aver attraversato il Mediterraneo. Questo è il bilancio termico dettagliato: 1-2°C al di sopra della media stagionale nei primi 13 giorni; 1-2°C al di sotto fino al giorno 19; 3°C al di sopra fino al giorno 22; in linea con la media fino al giorno 26; 2-3°C al di sopra fino al giorno 31. La media delle temperature massima e minima a Napoli centro è stata, rispettivamente, di 30.9 °C, un grado in più della media stagionale, e di 24.1°C, tre gradi in più. Il giorno più caldo è stato il 28 luglio con 33.9°C ma con una temperatura percepita di 37.2° che ha creato disagio nella popolazione. Il catalogo storico dell'Osservatorio Meteorologico di San Marcellino a Napoli centro mostra, comunque, valori di temperatura massima del mese di luglio ben più elevati: il giorno 3 del 1905 con 37.9°C, l'1 del 1946 con 37.0°C, il 30 del 1901 con 36.9°C, il 18 del 2015 con 36.7°C, il 15 del 1974 con 36.0°C e altri. Le precipitazioni sono state assenti e dall'inizio dell'anno il deficit di pioggia a Napoli è stato pari al 55%. Questo significa che, fino ad oggi, nell'area dell'intera città di Napoli, pari a 111 km², mancano all'appello circa 26 milioni di metri cubi di acqua piovana. O ci sarà un recupero da settembre a dicembre con tutti i problemi connessi o il 2020 sarà ricordato come un anno molto siccitoso alla pari del 1946 e 1949. La temperatura del mare nel golfo è oscillata intorno a 25°C con un massimo di 27.8°C, il giorno 26.

AGOSTO 2020

Una notevole variabilità termica ha caratterizzato il mese di agosto e questo è stato determinato dal limitato ingresso di perturbazioni atlantiche e dalla guerra di posizionamento fra il mite anticiclone delle Azzorre e il bollente ed umido anticiclone africano. Il primo, posizionato a inizio mese sul Mediterraneo, si è progressivamente spostato su latitudini più alte agevolando la risalita dell'anticiclone africano che ha occupato il sud Italia per tutto il resto del mese. La media delle temperature massime è stata, perciò, di 30.7°C, mezzo grado in più rispetto alla media secolare ma un grado e mezzo in meno rispetto ad agosto 2019. Il giorno più caldo è stato il 9 agosto con una temperatura massima di 34.8°C. La pioggia caduta è stata pari a 25 mm, concentrata nei tre eventi dell'1, 4 e 5 ma in linea con la cumulata del mese che è uno dei mesi più secchi dell'anno. La temperatura del mare nel golfo è stata egualmente altalenante intorno ai 27°C, con estremi di 29°C nei giorni 4 e 20 e di 25°C nel giorno 15.

SETTEMBRE 2019

Settembre, alla pari di settembre dei due anni precedenti, è stato un mese dai

due volti: nella prime due decadi, la temperatura dell'aria è stata di 3-4°C al di sopra della media stagionale, nella terza decade di 3-4°C al di sotto. A livello mensile, la media delle temperature minime è stata così di 21.6°C, due gradi e mezzo in più della media stagionale, mentre quella delle temperature massime è stata di 28.2°C, un grado e mezzo in più. Questo perché, nelle prime due decadi, una persistente area di alta pressione si è impadronita del sud Italia ed ha sempre respinto, alla pari di un muro di gomma, tutte le perturbazioni provenienti dall'Atlantico. Solo a partire dal 22 settembre, la situazione sinottica è cambiata drasticamente: due aree di alta pressione sull'Atlantico e sulla Russia hanno agevolato l'ingresso di masse d'aria settentrionali con piogge, temperature in discesa e intensi venti. Il giorno più caldo è stato il 14 settembre con 34.5°C che non è da record perché valori più alti sono stati più volte superati come il 7 settembre 1946 con 39.4° e il 17 settembre 1975 con 38.4°C. La temperatura del mare nel golfo, vero termometro ambientale, ha raggiunto i 27.0°C nei primi tre giorni per poi precipitare sui 23°C a fine mese. La pioggia è stata pari a 110 mm, 40 mm in più di quella che cade normalmente a settembre e quasi tutta concentrata in 9 giorni consecutivi a partire dal 21. La ventilazione, molto intensa, ha messo a dura prova la navigazione nel golfo. In particolare, nel giorno 25, una tromba d'aria ha colpito e danneggiato il quartiere della Pignasecca con raffiche che hanno raggiunto valori di 106 km/h. È curioso notare che quest'anno l'estate meteorologica, che per convenzione va dal 1 giugno al 31 agosto, ha avuto una durata perfettamente uguale a quella astronomica che va dal solstizio estivo del 20 giugno fino all'equinozio autunnale del 22 settembre.

OTTOBRE 2020

Ottobre 2020 è stato un mese dai due volti: nella prima decade, la temperatura dell'aria è stata di 1-2°C al di sopra della media stagionale, nella rimanente parte del mese di 1-2°C al di sotto. A livello mensile, la media delle temperature minime è stata così di 15.3 in linea con la media stagionale, mentre quella delle temperature massime è stata di 21.3°C, un grado in meno. Perturbazioni fredde settentrionali hanno contribuito a determinare una diminuzione della temperatura media di ottobre che si è rivelata la più bassa degli ultimi 20 anni. Questo freddo inaspettato a Napoli potrebbe aver agevolato la diffusione del Covid-19 in accordo con quanto affermato dall'epidemiologo francese Blachier. Le precipitazioni sono state pari a 115 mm, in linea con la pioggia che normalmente cade ad ottobre. I giorni di pioggia sono stati 12 di cui 7 consecutivi. Notevoli sono stati i rovesci dell'11 e del 12 e le raffiche di vento del giorno 15 che hanno raggiunto valori di 80 km/h. La temperatura del mare nel golfo è passata dal valore di 23-24°C di inizio mese al valore tipicamente autunnale di 21°C. Il meteo della prima decade ha sorpreso i napoletani per la sua variabilità tipicamente marzolina con improvvisi cambiamenti di copertura nuvolosa e brevi rovesci. Non a caso, gli antichi romani consacrarono sia marzo che ottobre a Marte e gli anziani ricordano

il detto: *ottòmbre e marzo songo comm'a frate* cioè ottobre e marzo sono come fratelli.

NOVEMBRE 2020

Novembre, al pari di ottobre, è stato un mese dai due volti. Nella prima metà, una estesa area anticiclonica ha determinato una temperatura dell'aria di 2-3°C al di sopra della media stagionale con la cosiddetta estate di San Martino molto prolungata, assenza di ventilazione e tassi di umidità del 90%. Il cielo sereno e le temperature miti hanno spinto i napoletani a riversarsi in via Caracciolo nonostante il rischio Covid. Solo a partire dalla seconda metà del mese, l'ingresso di perturbazioni atlantiche ha determinato una diminuzione della temperatura con valori intorno alla media. A livello mensile, la media delle temperature minime è stata così di 13.6°C, due gradi al di sopra della media stagionale, mentre quella delle temperature massime è stata di 19.1°C, un grado e mezzo in più. La quantità di pioggia caduta a Napoli centro è stata pari a 124 mm, in linea con quella che cade normalmente a novembre e con valori di 90 mm nei giorni 16 e 17. Raffiche continue di vento settentrionale di 65 km/h hanno messo a dura prova la stabilità degli alberi e la navigazione nel golfo nei giorni 20, 21 e 22. La temperatura del mare è passata da 21°C degli inizi di novembre a 18°C a fine mese.

DICEMBRE 2020

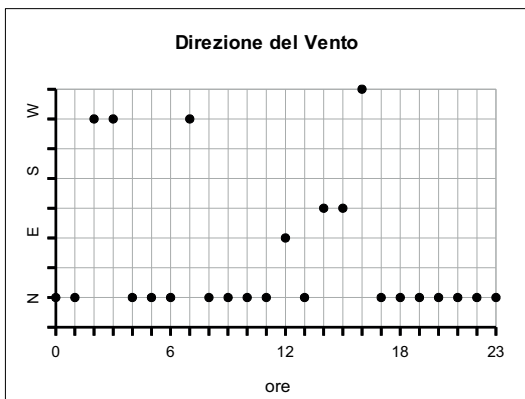
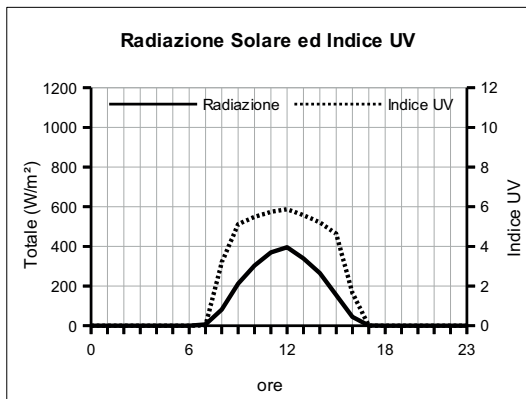
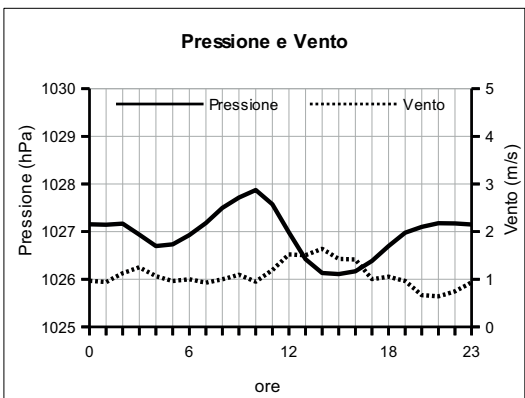
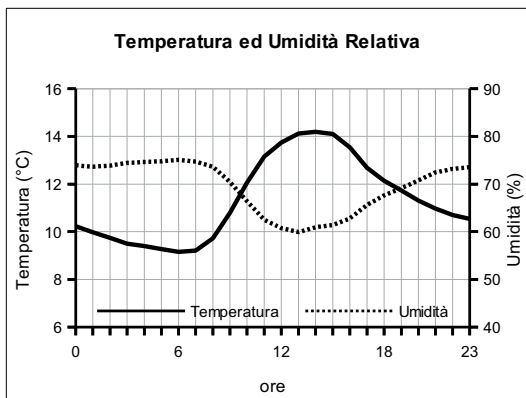
La temperatura dell'aria di dicembre a Napoli è stata molto altalenante per la presenza di aree di alta pressione sul Mediterraneo che si sono alternate a perturbazioni atlantiche e polari. Le medie mensili sono risultate così di 10.2°C per le temperature minime e di 15.4°C per le massime, entrambe un grado e mezzo al di sopra delle rispettive medie. La pioggia è stata pari a 225 mm, quasi il doppio di quella che cade normalmente a dicembre. Il cono del Vesuvio è stato ricoperto di neve nei giorni 26 e 27 che sono stati anche i più freddi del mese con 7.8°C. Il vento di libeccio ha raggiunto picchi di 93 km/h il giorno 28 ed ha generato onde alte circa 10 metri che hanno investito violentemente il lungomare di Napoli e procurato gravi danni alle infrastrutture dei ristoratori. La temperatura del mare è passata da 18°C degli inizi di novembre a 17°C a fine mese. A chiusura d'anno, risulta utile riportare il bilancio termo-pluviometrico dell'intero 2020. La temperatura media è stata di 18.5°C e uguale a quella del 2019. La quantità di pioggia è stata di 776 mm, il 10% in meno della cumulata annuale, con grossi deficit da gennaio fino ad agosto ma con un forte recupero da settembre a dicembre.

TABELLE E GRAFICI

GENNAIO 2020

(medie orarie)

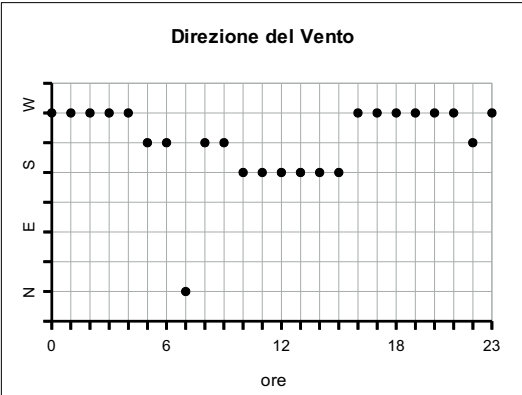
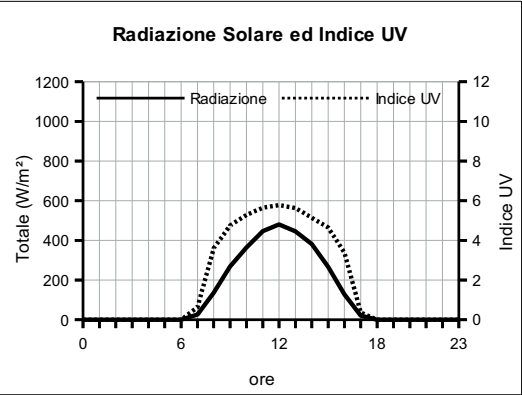
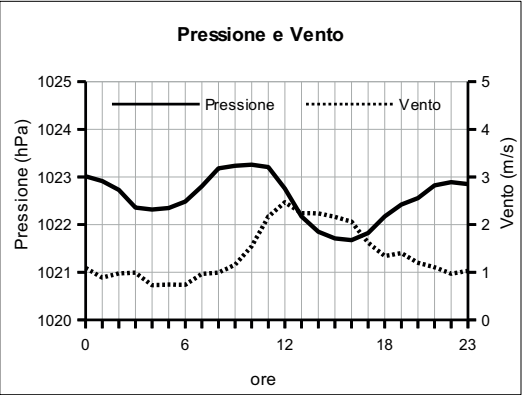
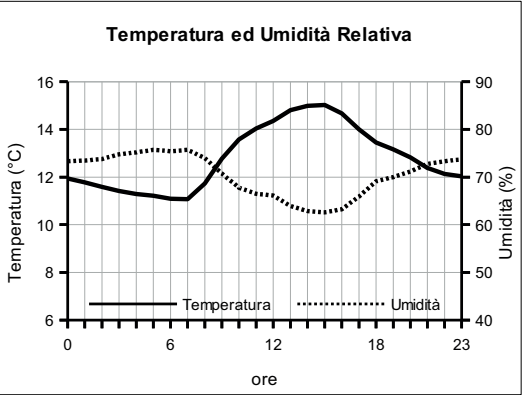
Ore	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Radiazione Solare	
	°C	%	hPa	velocità m/s	direzione	W/m²	Indice UV
0	10.2	74.0	1027.2	1.0	N	0.0	0.0
1	10.0	73.6	1027.1	0.9	N	0.0	0.0
2	9.7	73.9	1027.2	1.1	W	0.0	0.0
3	9.5	74.4	1026.9	1.3	W	0.0	0.0
4	9.4	74.6	1026.7	1.1	N	0.0	0.0
5	9.3	74.8	1026.7	1.0	N	0.0	0.0
6	9.2	75.1	1026.9	1.0	N	0.0	0.0
7	9.2	74.7	1027.2	0.9	W	6.6	0.0
8	9.7	73.7	1027.5	1.0	N	81.6	3.2
9	10.8	70.4	1027.7	1.1	N	212.4	5.1
10	12.1	66.4	1027.9	0.9	N	302.7	5.5
11	13.2	62.5	1027.6	1.2	N	369.0	5.7
12	13.7	60.8	1027.0	1.5	E	395.7	5.9
13	14.1	59.9	1026.4	1.5	N	338.4	5.6
14	14.2	60.9	1026.1	1.6	SE	264.9	5.2
15	14.1	61.4	1026.1	1.4	SE	154.6	4.6
16	13.5	62.8	1026.2	1.4	NW	45.0	1.6
17	12.7	65.6	1026.4	1.0	N	1.5	0.0
18	12.1	67.6	1026.7	1.1	N	0.0	0.0
19	11.7	69.1	1027.0	1.0	N	0.0	0.0
20	11.3	70.8	1027.1	0.7	N	0.0	0.0
21	11.0	72.5	1027.2	0.6	N	0.0	0.0
22	10.7	73.2	1027.2	0.7	N	0.0	0.0
23	10.5	73.6	1027.1	0.9	N	0.0	0.0



FEBBRAIO 2020

(medie orarie)

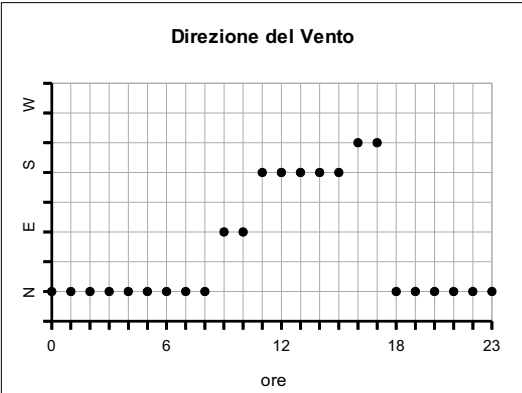
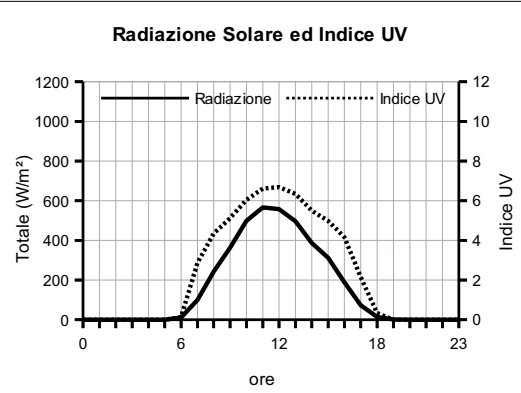
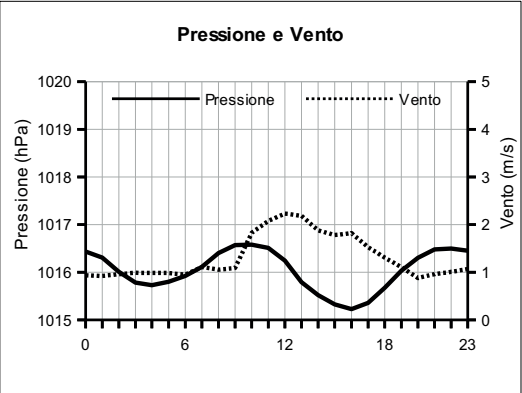
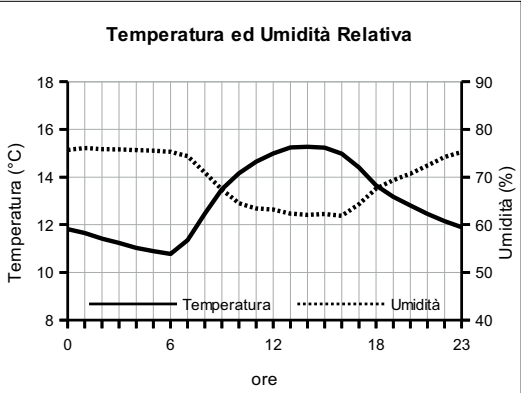
Ore	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Radiazione Solare	
	°C	%	hPa	velocità m/s	direzione	W/m²	Indice UV
0	11.9	73.4	1023.0	1.1	W	0.0	0.0
1	11.8	73.5	1022.9	0.9	W	0.0	0.0
2	11.6	73.8	1022.7	1.0	W	0.0	0.0
3	11.4	74.8	1022.4	1.0	W	0.0	0.0
4	11.3	75.2	1022.3	0.7	W	0.0	0.0
5	11.2	75.7	1022.3	0.7	SW	0.0	0.0
6	11.1	75.4	1022.5	0.7	SW	0.2	0.0
7	11.1	75.7	1022.8	1.0	N	26.1	0.6
8	11.7	74.0	1023.2	1.0	SW	135.3	3.6
9	12.8	70.7	1023.2	1.2	SW	268.6	4.7
10	13.6	67.8	1023.3	1.5	S	364.2	5.3
11	14.0	66.5	1023.2	2.2	S	446.6	5.6
12	14.4	66.1	1022.8	2.5	S	480.0	5.8
13	14.8	63.9	1022.2	2.2	S	446.0	5.6
14	15.0	62.9	1021.9	2.2	S	380.8	5.1
15	15.0	62.6	1021.7	2.2	S	265.9	4.6
16	14.7	63.2	1021.7	2.1	W	128.3	3.4
17	14.0	65.9	1021.8	1.6	W	20.3	0.4
18	13.5	69.1	1022.2	1.3	W	0.1	0.0
19	13.2	70.0	1022.4	1.4	W	0.0	0.0
20	12.8	71.2	1022.6	1.2	W	0.0	0.0
21	12.4	72.8	1022.8	1.1	W	0.0	0.0
22	12.1	73.3	1022.9	1.0	SW	0.0	0.0
23	12.0	73.7	1022.9	1.0	W	0.0	0.0



MARZO 2020

(medie orarie)

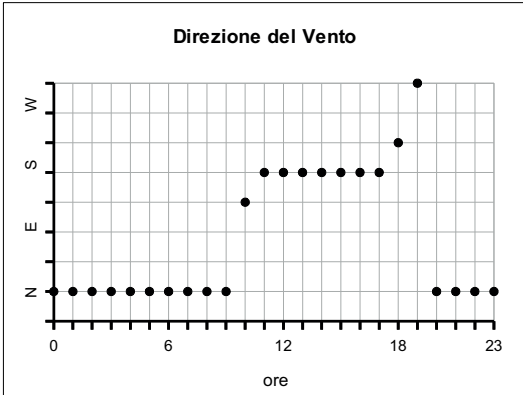
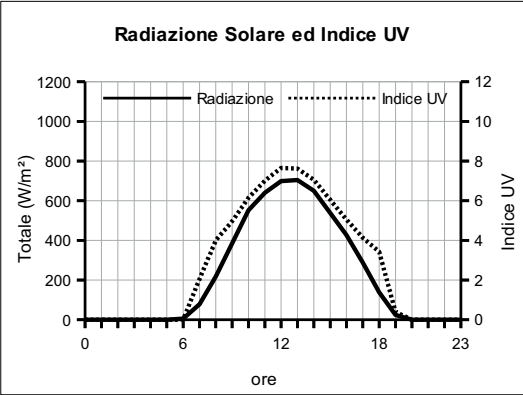
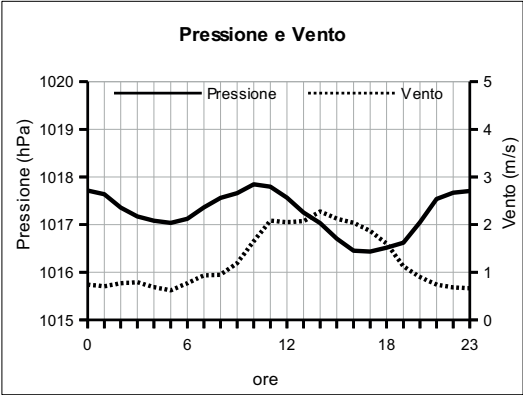
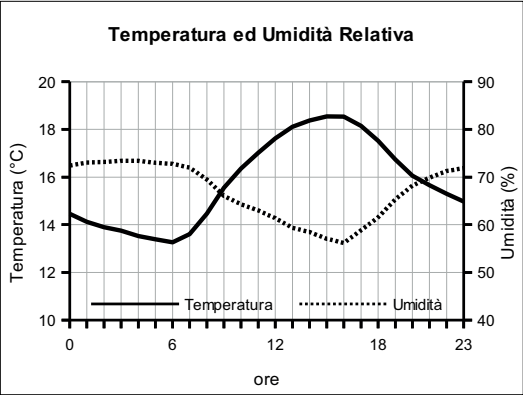
Ore	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Radiazione Solare	
	°C	%	hPa	velocità m/s	direzione	W/m²	Indice UV
0	11.8	75.7	1016.4	0.9	N	0.0	0.0
1	11.7	76.1	1016.3	0.9	N	0.0	0.0
2	11.4	75.9	1016.0	1.0	N	0.0	0.0
3	11.2	75.8	1015.8	1.0	N	0.0	0.0
4	11.0	75.7	1015.7	1.0	N	0.0	0.0
5	10.9	75.6	1015.8	1.0	N	0.0	0.0
6	10.8	75.3	1015.9	0.9	N	10.9	0.1
7	11.4	74.4	1016.1	1.1	N	100.1	2.9
8	12.5	70.9	1016.4	1.1	N	242.2	4.4
9	13.5	67.4	1016.6	1.1	E	362.6	5.1
10	14.2	64.5	1016.6	1.8	E	499.3	6.0
11	14.6	63.4	1016.5	2.1	S	566.5	6.6
12	15.0	63.2	1016.2	2.2	S	557.0	6.7
13	15.2	62.3	1015.8	2.2	S	496.8	6.3
14	15.3	62.1	1015.5	1.9	S	387.4	5.5
15	15.2	62.3	1015.3	1.8	S	311.5	5.0
16	15.0	61.9	1015.2	1.8	SW	189.1	4.2
17	14.4	64.3	1015.4	1.5	SW	73.2	2.1
18	13.7	67.6	1015.7	1.3	N	14.4	0.3
19	13.2	69.3	1016.0	1.1	N	1.1	0.0
20	12.8	70.7	1016.3	0.9	N	0.0	0.0
21	12.5	72.4	1016.5	1.0	N	0.0	0.0
22	12.1	74.2	1016.5	1.0	N	0.0	0.0
23	11.9	75.3	1016.5	1.1	N	0.0	0.0



APRILE 2020

(medie orarie)

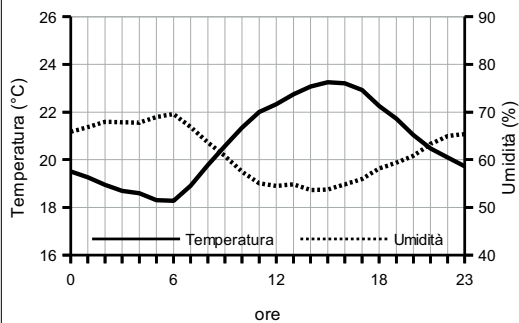
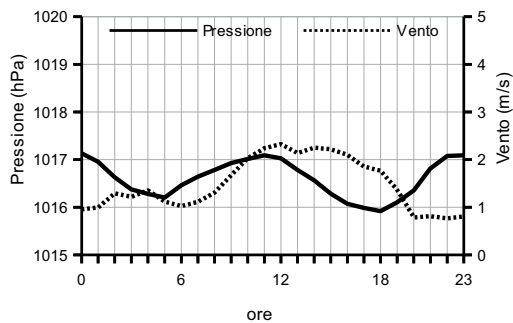
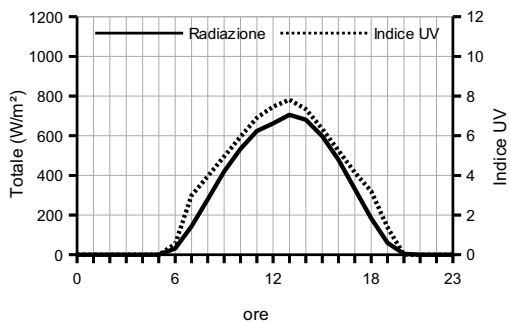
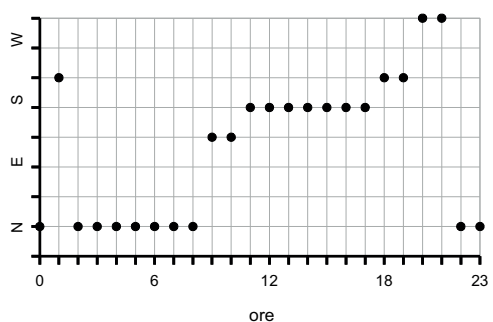
Ore	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Radiazione Solare	
	°C	%	hPa	velocità m/s	direzione	W/m²	Indice UV
0	14.5	72.4	1017.7	0.7	N	0.0	0.0
1	14.1	73.1	1017.6	0.7	N	0.0	0.0
2	13.9	73.2	1017.4	0.8	N	0.0	0.0
3	13.8	73.4	1017.2	0.8	N	0.0	0.0
4	13.5	73.4	1017.1	0.7	N	0.0	0.0
5	13.4	73.0	1017.0	0.6	N	0.0	0.0
6	13.3	72.8	1017.1	0.8	N	5.7	0.0
7	13.6	72.0	1017.4	0.9	N	78.7	2.1
8	14.5	69.5	1017.6	0.9	N	217.3	4.0
9	15.6	66.1	1017.7	1.2	N	384.7	5.0
10	16.4	64.3	1017.8	1.7	SE	551.5	6.1
11	17.0	63.0	1017.8	2.1	S	640.1	7.0
12	17.6	61.4	1017.6	2.1	S	698.8	7.7
13	18.1	59.4	1017.3	2.1	S	704.2	7.6
14	18.4	58.5	1017.0	2.3	S	649.8	7.1
15	18.5	57.1	1016.7	2.1	S	537.4	6.0
16	18.5	56.2	1016.5	2.0	S	427.0	5.0
17	18.2	58.8	1016.4	1.9	S	287.4	4.1
18	17.5	61.6	1016.5	1.6	SW	137.7	3.4
19	16.7	65.3	1016.6	1.1	NW	23.9	0.4
20	16.1	68.2	1017.1	0.9	N	0.1	0.0
21	15.7	69.9	1017.5	0.7	N	0.0	0.0
22	15.3	71.3	1017.7	0.7	N	0.0	0.0
23	15.0	71.9	1017.7	0.7	N	0.0	0.0



MAGGIO 2020

(medie orarie)

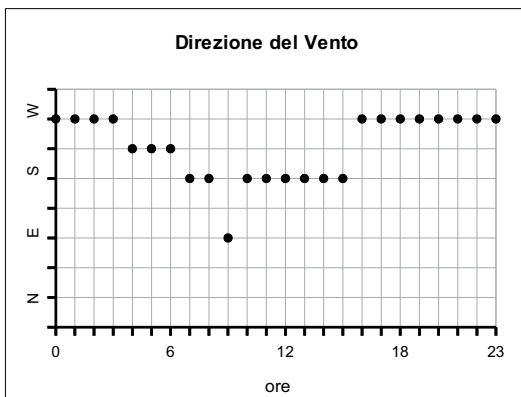
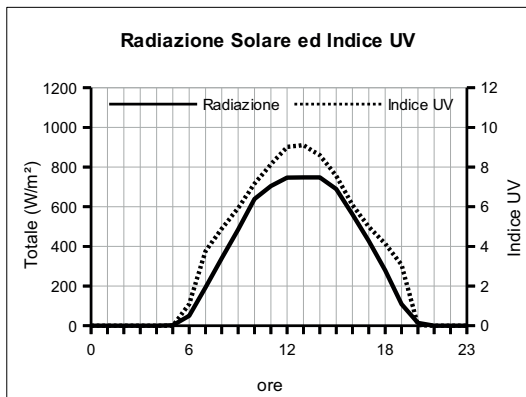
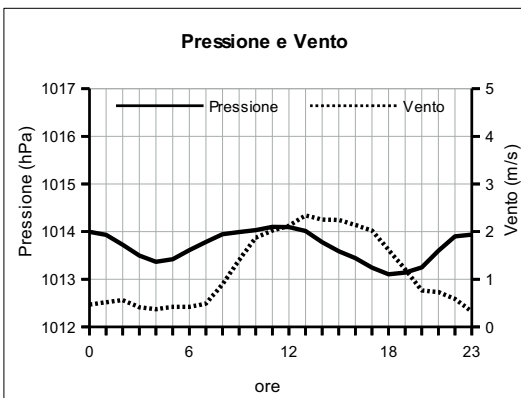
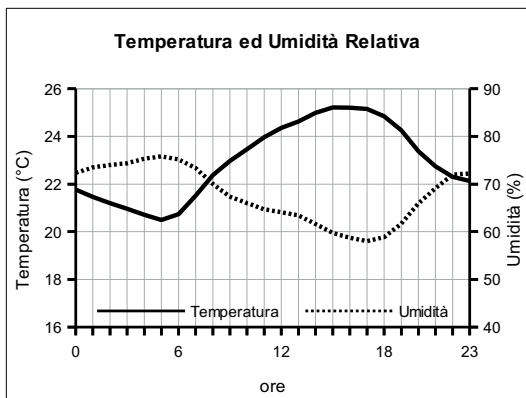
Ore	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Radiazione Solare	
	°C	%	hPa	velocità m/s	direzione	W/m²	Indice UV
0	19.5	65.9	1017.1	1.0	N	0.0	0.0
1	19.3	66.8	1017.0	1.0	SW	0.0	0.0
2	18.9	68.0	1016.6	1.3	N	0.0	0.0
3	18.7	67.9	1016.4	1.2	N	0.0	0.0
4	18.6	67.8	1016.3	1.4	N	0.0	0.0
5	18.3	69.0	1016.2	1.1	N	0.4	0.0
6	18.3	69.6	1016.5	1.0	N	31.8	0.5
7	18.9	66.8	1016.6	1.1	N	143.6	3.0
8	19.8	63.6	1016.8	1.3	N	279.2	4.0
9	20.6	60.8	1016.9	1.7	SE	419.8	5.0
10	21.3	57.5	1017.0	2.0	SE	533.7	5.9
11	22.0	55.1	1017.1	2.2	S	624.2	6.9
12	22.3	54.5	1017.0	2.3	S	662.4	7.5
13	22.7	54.8	1016.8	2.1	S	704.8	7.8
14	23.1	53.6	1016.6	2.3	S	680.5	7.3
15	23.3	53.7	1016.3	2.2	S	597.0	6.4
16	23.2	54.8	1016.1	2.1	S	479.6	5.2
17	22.9	56.0	1016.0	1.9	S	330.9	4.1
18	22.3	58.2	1015.9	1.8	SW	183.8	3.2
19	21.7	59.4	1016.1	1.4	SW	59.8	1.4
20	21.0	60.8	1016.4	0.8	NW	4.3	0.0
21	20.5	63.3	1016.8	0.8	NW	0.0	0.0
22	20.1	65.0	1017.1	0.8	N	0.0	0.0
23	19.7	65.4	1017.1	0.8	N	0.0	0.0

Temperatura ed Umidità Relativa**Pressione e Vento****Radiazione Solare ed Indice UV****Direzione del Vento**

GIUGNO 2020

(medie orarie)

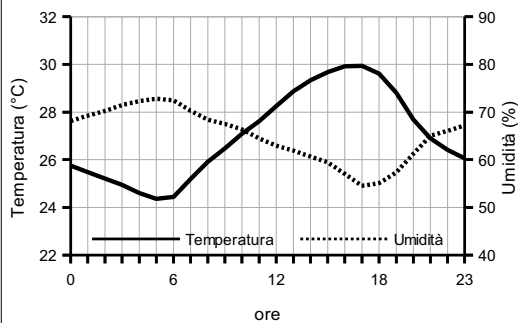
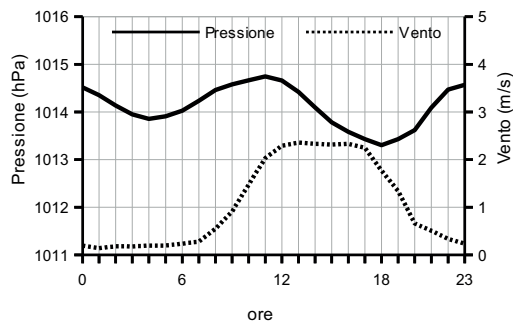
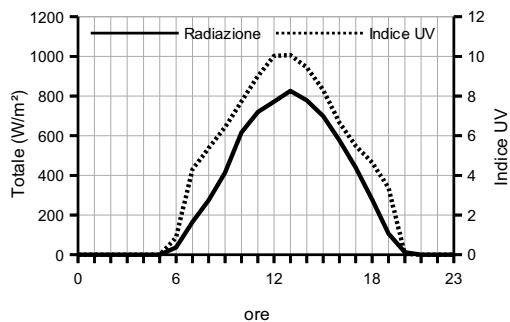
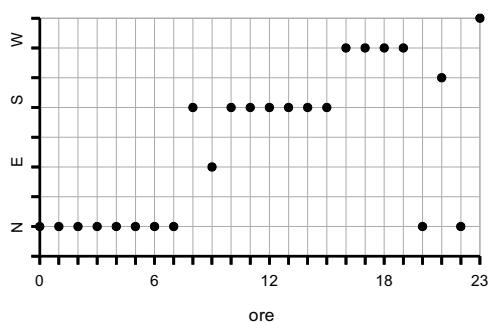
Ore	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Radiazione Solare	
	°C	%	hPa	velocità m/s	direzione	W/m²	Indice UV
0	21.8	72.4	1014.0	0.5	W	0.0	0.0
1	21.5	73.5	1013.9	0.5	W	0.0	0.0
2	21.2	74.0	1013.7	0.6	W	0.0	0.0
3	21.0	74.4	1013.5	0.4	W	0.0	0.0
4	20.7	75.3	1013.4	0.4	SW	0.0	0.0
5	20.5	75.8	1013.4	0.4	SW	2.1	0.0
6	20.7	75.2	1013.6	0.4	SW	49.8	1.1
7	21.5	73.4	1013.8	0.5	S	192.9	3.8
8	22.4	70.0	1013.9	0.9	S	340.5	4.9
9	23.0	67.4	1014.0	1.4	E	484.6	5.9
10	23.5	66.0	1014.0	1.9	S	638.9	7.2
11	24.0	64.7	1014.1	2.0	S	704.0	8.1
12	24.4	64.1	1014.1	2.1	S	746.9	9.0
13	24.6	63.4	1014.0	2.3	S	748.2	9.1
14	25.0	61.6	1013.8	2.3	S	748.1	8.6
15	25.2	59.7	1013.6	2.2	S	689.6	7.6
16	25.2	58.7	1013.4	2.1	W	562.3	6.1
17	25.1	58.0	1013.2	2.0	W	427.6	5.0
18	24.8	58.9	1013.1	1.6	W	278.9	4.1
19	24.3	61.7	1013.1	1.2	W	109.0	3.1
20	23.4	65.9	1013.3	0.8	W	14.1	0.0
21	22.7	69.2	1013.6	0.7	W	0.0	0.0
22	22.3	72.0	1013.9	0.6	W	0.0	0.0
23	22.1	72.2	1013.9	0.3	W	0.0	0.0



LUGLIO 2020

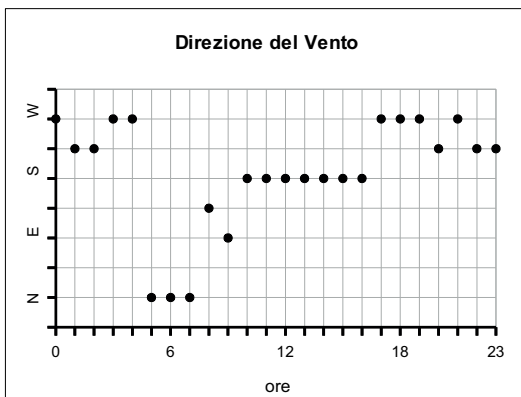
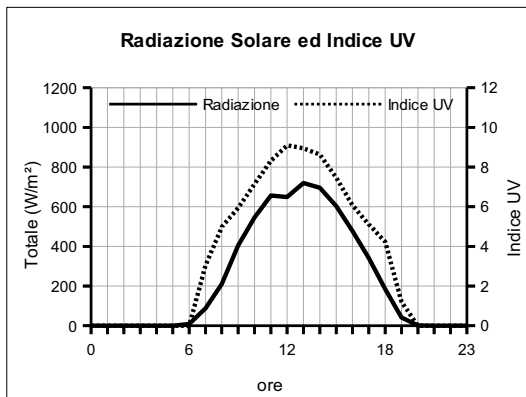
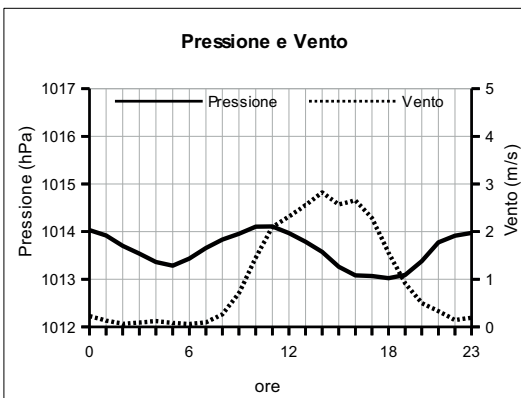
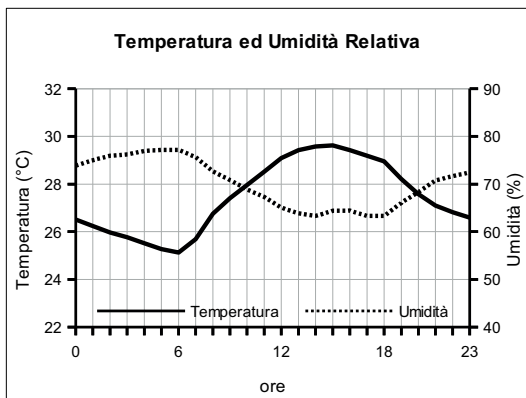
(medie orarie)

Ore	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Radiazione Solare	
	°C	%	hPa	velocità m/s	direzione	W/m²	Indice UV
0	25.8	68.1	1014.5	0.2	N	0.0	0.0
1	25.5	69.3	1014.4	0.1	N	0.0	0.0
2	25.2	70.2	1014.1	0.2	N	0.0	0.0
3	24.9	71.5	1014.0	0.2	N	0.0	0.0
4	24.6	72.3	1013.9	0.2	N	0.0	0.0
5	24.4	72.8	1013.9	0.2	N	0.5	0.0
6	24.4	72.5	1014.0	0.2	N	37.1	0.9
7	25.2	70.3	1014.2	0.3	N	165.6	4.3
8	25.9	68.4	1014.5	0.5	S	274.4	5.4
9	26.5	67.5	1014.6	0.9	E	414.3	6.4
10	27.1	66.4	1014.7	1.5	S	616.0	7.7
11	27.6	64.5	1014.7	2.0	S	719.7	9.0
12	28.2	62.9	1014.7	2.3	S	771.7	10.0
13	28.9	61.9	1014.4	2.4	S	825.9	10.1
14	29.3	60.6	1014.1	2.3	S	777.7	9.4
15	29.7	59.5	1013.8	2.3	S	698.7	8.3
16	29.9	57.0	1013.6	2.3	W	576.5	6.7
17	29.9	54.5	1013.4	2.2	W	439.0	5.5
18	29.6	55.1	1013.3	1.8	W	277.9	4.7
19	28.8	57.3	1013.4	1.3	W	106.6	3.4
20	27.7	61.2	1013.6	0.7	N	11.9	0.0
21	26.9	65.0	1014.1	0.5	SW	0.0	0.0
22	26.4	66.1	1014.5	0.3	N	0.0	0.0
23	26.1	67.2	1014.6	0.2	NW	0.0	0.0

Temperatura ed Umidità Relativa**Pressione e Vento****Radiazione Solare ed Indice UV****Direzione del Vento**

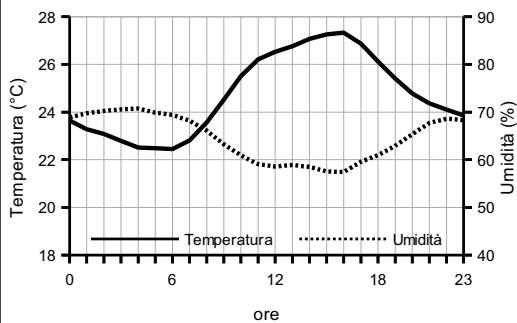
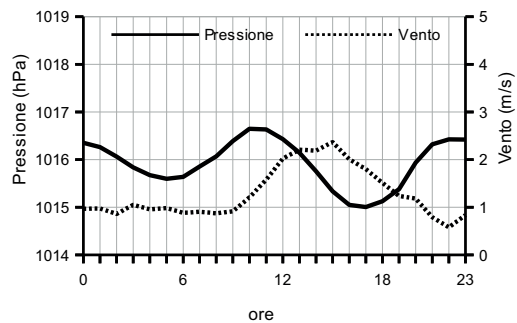
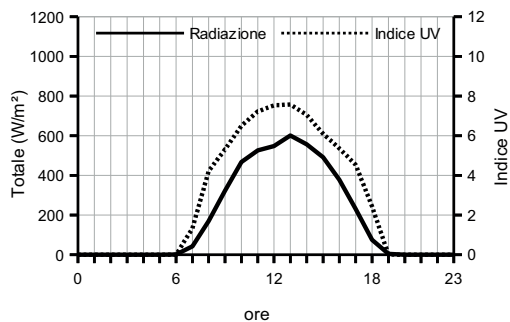
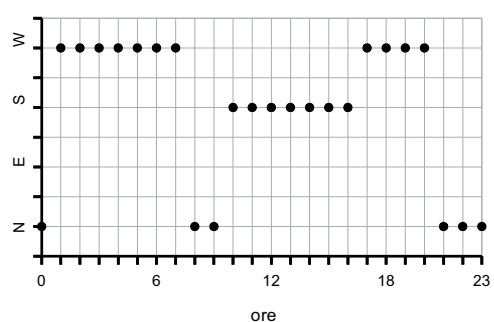
AGOSTO 2020**(medie orarie)**

Ore	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Radiazione Solare	
	°C	%	hPa	velocità m/s	direzione	W/m²	Indice UV
0	26.5	73.9	1014.0	0.2	W	0.0	0.0
1	26.2	75.0	1013.9	0.1	SW	0.0	0.0
2	26.0	76.0	1013.7	0.1	SW	0.0	0.0
3	25.8	76.2	1013.5	0.1	W	0.0	0.0
4	25.5	77.0	1013.4	0.1	W	0.0	0.0
5	25.3	77.2	1013.3	0.1	N	0.0	0.0
6	25.1	77.2	1013.4	0.1	N	8.9	0.0
7	25.7	75.7	1013.7	0.1	N	87.8	3.0
8	26.8	72.7	1013.8	0.3	SE	209.3	5.0
9	27.4	70.8	1014.0	0.7	E	404.1	5.9
10	28.0	68.9	1014.1	1.5	S	545.6	7.1
11	28.5	67.3	1014.1	2.1	S	656.0	8.3
12	29.1	65.1	1014.0	2.3	S	649.0	9.1
13	29.4	63.9	1013.8	2.6	S	719.3	8.9
14	29.6	63.3	1013.6	2.8	S	695.2	8.6
15	29.6	64.4	1013.3	2.6	S	602.5	7.5
16	29.4	64.4	1013.1	2.7	S	478.5	6.1
17	29.2	63.3	1013.1	2.3	W	341.2	5.1
18	29.0	63.3	1013.0	1.6	W	184.9	4.2
19	28.2	66.1	1013.1	0.9	W	41.1	1.2
20	27.6	68.3	1013.4	0.5	SW	1.4	0.0
21	27.1	70.8	1013.8	0.3	W	0.0	0.0
22	26.8	71.7	1013.9	0.1	SW	0.0	0.0
23	26.6	72.5	1014.0	0.2	SW	0.0	0.0



SETTEMBRE 2020**(medie orarie)**

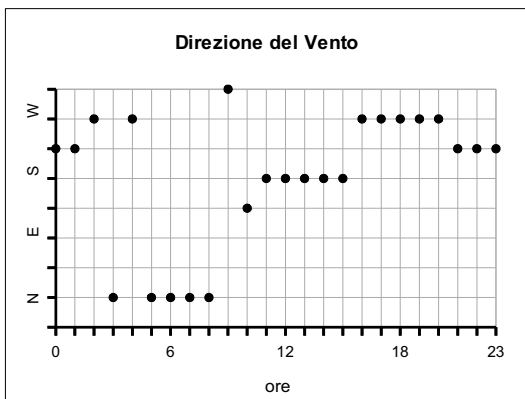
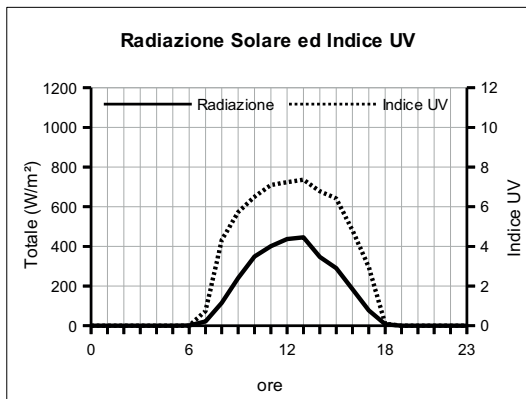
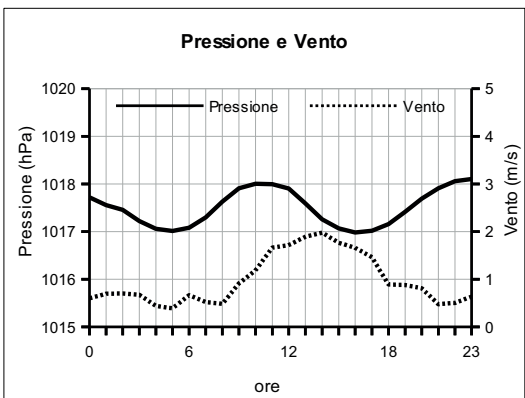
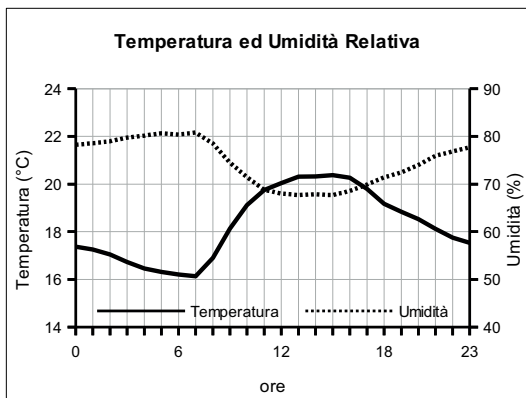
Ore	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Radiazione Solare	
	°C	%	hPa	velocità m/s	direzione	W/m²	Indice UV
0	23.6	68.9	1016.4	1.0	N	0.0	0.0
1	23.3	69.7	1016.3	1.0	W	0.0	0.0
2	23.1	70.2	1016.1	0.9	W	0.0	0.0
3	22.8	70.6	1015.8	1.1	W	0.0	0.0
4	22.5	70.7	1015.7	1.0	W	0.0	0.0
5	22.5	69.9	1015.6	1.0	W	0.0	0.0
6	22.4	69.4	1015.6	0.9	W	0.9	0.0
7	22.8	68.2	1015.9	0.9	W	42.2	1.3
8	23.6	66.1	1016.1	0.9	N	169.2	4.2
9	24.5	63.2	1016.4	0.9	N	322.9	5.3
10	25.5	60.9	1016.7	1.2	S	466.8	6.5
11	26.2	59.1	1016.6	1.6	S	525.6	7.2
12	26.5	58.6	1016.4	2.0	S	547.4	7.5
13	26.8	58.9	1016.1	2.2	S	601.0	7.6
14	27.1	58.5	1015.8	2.2	S	555.9	7.0
15	27.3	57.5	1015.3	2.4	S	491.2	6.1
16	27.3	57.4	1015.1	2.0	S	378.1	5.4
17	26.9	59.6	1015.0	1.8	W	230.8	4.5
18	26.1	61.0	1015.1	1.5	W	74.6	2.4
19	25.4	62.9	1015.4	1.2	W	4.9	0.0
20	24.8	65.4	1015.9	1.2	W	0.0	0.0
21	24.4	67.7	1016.3	0.8	N	0.0	0.0
22	24.1	68.6	1016.4	0.6	N	0.0	0.0
23	23.9	68.3	1016.4	0.8	N	0.0	0.0

Temperatura ed Umidità Relativa**Pressione e Vento****Radiazione Solare ed Indice UV****Direzione del Vento**

Ottobre 2020

(medie orarie)

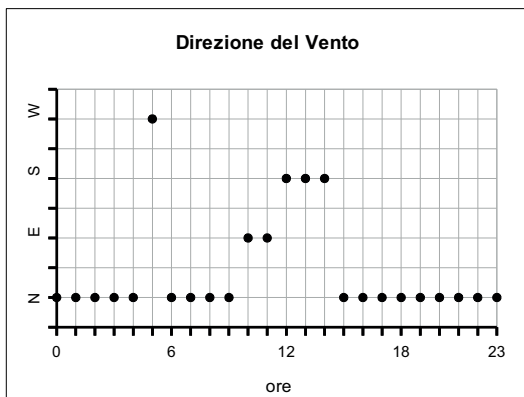
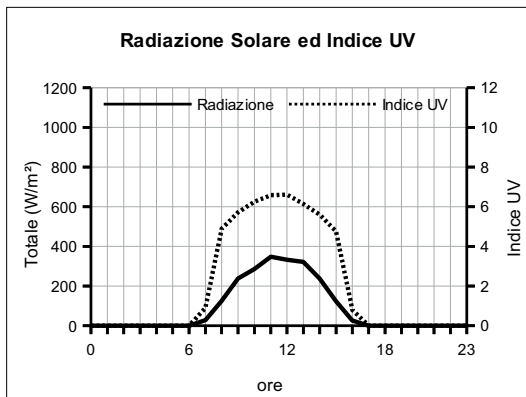
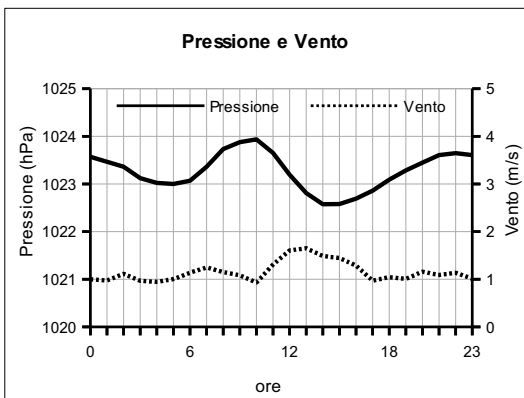
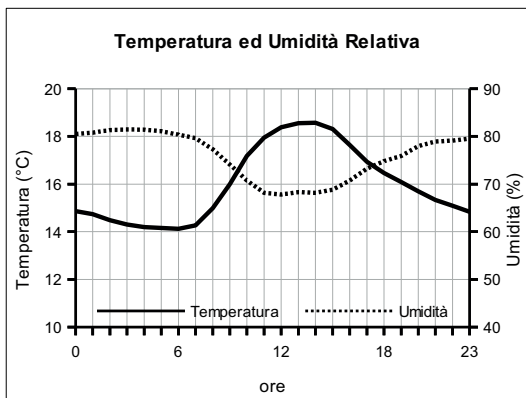
Ore	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Radiazione Solare	
	°C	%	hPa	velocità m/s	direzione	W/m²	Indice UV
0	17.4	78.3	1017.7	0.6	SW	0.0	0.0
1	17.3	78.6	1017.6	0.7	SW	0.0	0.0
2	17.0	79.0	1017.5	0.7	W	0.0	0.0
3	16.7	79.8	1017.2	0.7	N	0.0	0.0
4	16.5	80.2	1017.1	0.4	W	0.0	0.0
5	16.3	80.6	1017.0	0.4	N	0.0	0.0
6	16.2	80.4	1017.1	0.7	N	0.6	0.0
7	16.1	80.8	1017.3	0.5	N	21.5	0.7
8	16.9	78.5	1017.6	0.5	N	115.6	4.3
9	18.1	74.5	1017.9	0.9	NW	240.0	5.7
10	19.1	71.4	1018.0	1.2	SE	348.4	6.5
11	19.8	68.8	1018.0	1.7	S	400.7	7.1
12	20.0	68.0	1017.9	1.7	S	437.1	7.2
13	20.3	67.7	1017.6	1.9	S	445.5	7.4
14	20.3	67.9	1017.3	2.0	S	346.5	6.8
15	20.4	67.7	1017.1	1.8	S	290.6	6.4
16	20.3	68.6	1017.0	1.7	W	185.0	4.8
17	19.8	69.9	1017.0	1.5	W	77.5	3.0
18	19.2	71.4	1017.2	0.9	W	7.6	0.1
19	18.8	72.4	1017.4	0.9	W	0.0	0.0
20	18.5	74.0	1017.7	0.8	W	0.0	0.0
21	18.1	75.9	1017.9	0.5	SW	0.0	0.0
22	17.7	76.8	1018.1	0.5	SW	0.0	0.0
23	17.5	77.7	1018.1	0.6	SW	0.0	0.0



NOVEMBRE 2020

(medie orarie)

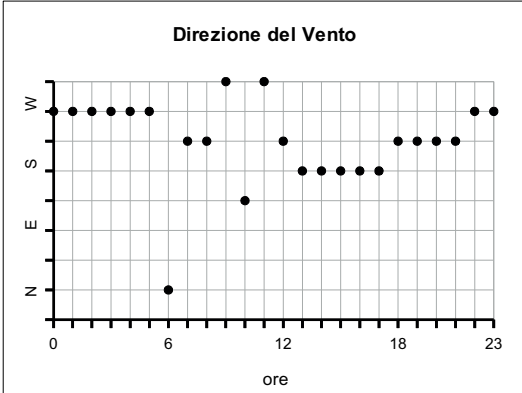
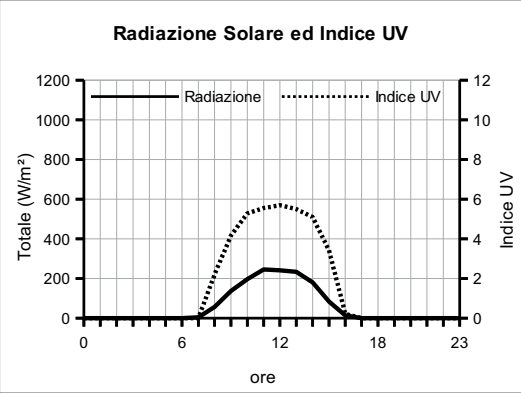
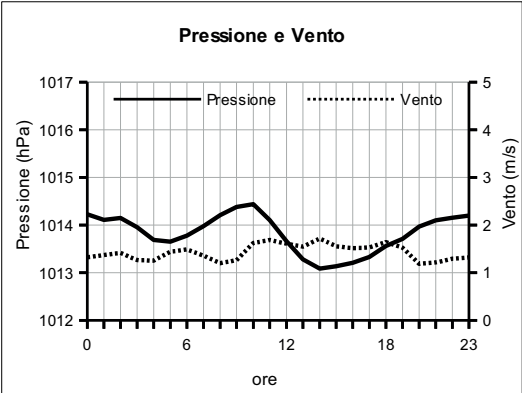
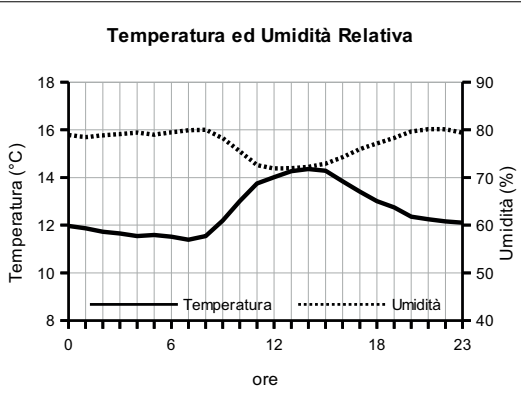
Ore	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Radiazione Solare	
	°C	%	hPa	velocità m/s	direzione	W/m²	Indice UV
0	14.9	80.5	1023.6	1.0	N	0.0	0.0
1	14.7	80.8	1023.5	1.0	N	0.0	0.0
2	14.5	81.3	1023.4	1.1	N	0.0	0.0
3	14.3	81.5	1023.1	1.0	N	0.0	0.0
4	14.2	81.4	1023.0	0.9	N	0.0	0.0
5	14.2	81.1	1023.0	1.0	W	0.0	0.0
6	14.1	80.4	1023.1	1.1	N	0.3	0.0
7	14.3	79.6	1023.4	1.2	N	28.8	0.9
8	15.0	77.3	1023.7	1.2	N	125.1	4.9
9	16.0	74.1	1023.9	1.1	N	238.0	5.7
10	17.2	70.8	1023.9	0.9	E	285.3	6.2
11	17.9	68.2	1023.7	1.3	E	347.8	6.6
12	18.4	67.8	1023.2	1.6	S	332.3	6.6
13	18.6	68.3	1022.8	1.7	S	322.2	6.1
14	18.6	68.2	1022.6	1.5	S	237.5	5.6
15	18.3	68.8	1022.6	1.4	N	123.1	4.8
16	17.6	70.7	1022.7	1.3	N	26.7	0.8
17	16.9	73.2	1022.9	1.0	N	0.2	0.0
18	16.5	74.8	1023.1	1.0	N	0.0	0.0
19	16.1	75.9	1023.3	1.0	N	0.0	0.0
20	15.7	78.0	1023.4	1.2	N	0.0	0.0
21	15.3	78.9	1023.6	1.1	N	0.0	0.0
22	15.1	79.1	1023.6	1.1	N	0.0	0.0
23	14.8	79.5	1023.6	1.0	N	0.0	0.0



DICEMBRE 2020

(medie orarie)

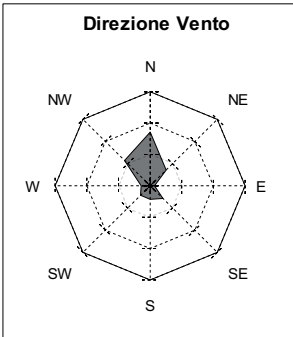
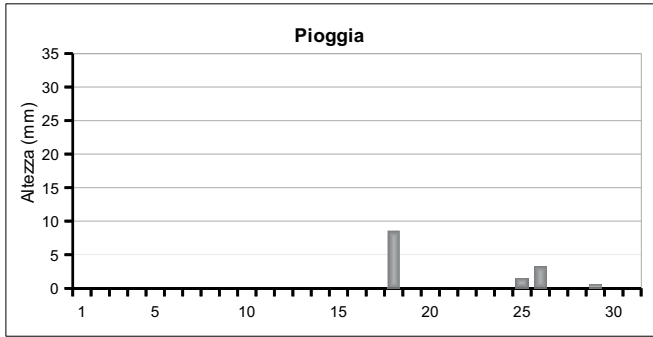
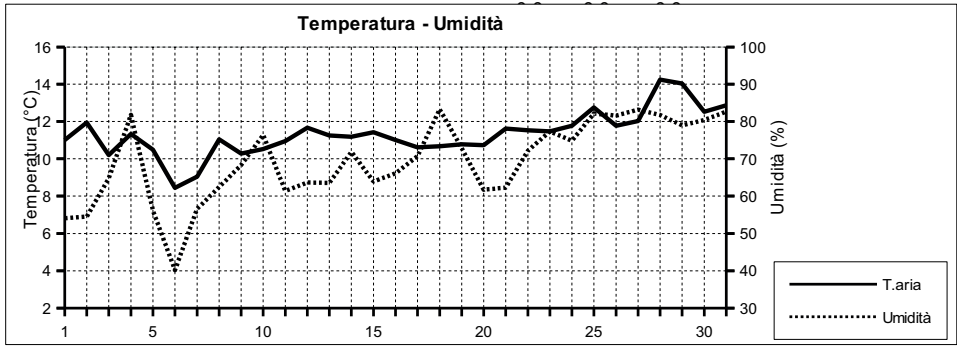
Ore	Temperatura °C	Umidità %	Pressione hPa	Vento		Radiazione Solare	
				velocità m/s	direzione	W/m²	Indice UV
0	12.0	78.9	1014.2	1.3	W	0.0	0.0
1	11.9	78.5	1014.1	1.4	W	0.0	0.0
2	11.7	78.9	1014.2	1.4	W	0.0	0.0
3	11.6	79.1	1014.0	1.3	W	0.0	0.0
4	11.5	79.4	1013.7	1.3	W	0.0	0.0
5	11.6	79.0	1013.7	1.4	W	0.0	0.0
6	11.5	79.5	1013.8	1.5	N	0.0	0.0
7	11.4	79.9	1014.0	1.4	SW	4.8	0.0
8	11.5	80.0	1014.2	1.2	SW	56.1	2.2
9	12.2	78.3	1014.4	1.3	NW	137.0	4.2
10	13.0	75.5	1014.4	1.6	SE	196.4	5.3
11	13.8	72.6	1014.1	1.7	NW	245.3	5.6
12	14.0	71.9	1013.7	1.6	SW	241.0	5.7
13	14.3	72.0	1013.3	1.5	S	234.1	5.5
14	14.4	72.2	1013.1	1.7	S	180.5	5.1
15	14.3	72.9	1013.1	1.6	S	83.8	3.4
16	13.8	74.3	1013.2	1.5	S	14.7	0.2
17	13.4	76.0	1013.3	1.5	S	0.0	0.0
18	13.0	77.2	1013.6	1.6	SW	0.0	0.0
19	12.7	78.3	1013.7	1.5	SW	0.0	0.0
20	12.4	79.7	1014.0	1.2	SW	0.0	0.0
21	12.2	80.2	1014.1	1.2	SW	0.0	0.0
22	12.2	80.1	1014.2	1.3	W	0.0	0.0
23	12.1	79.4	1014.2	1.3	W	0.0	0.0



GENNAIO 2020

(medie giornaliere)

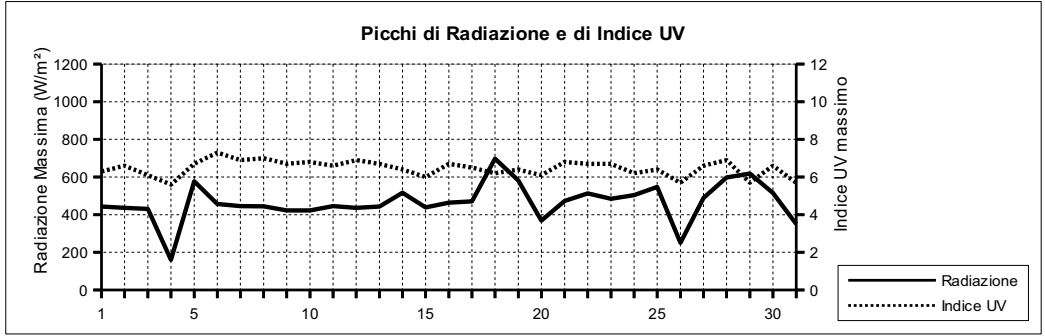
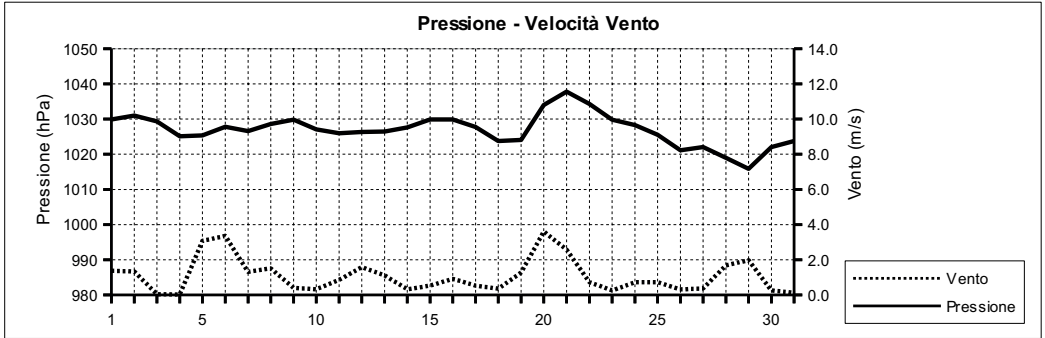
Data	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
	°C	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	(ore)
01/01/20	11.0	54.1	1029.9	1.4	N	257.9	9:30	0.0	5.4	6.3	(11:30)
02/01/20	11.9	54.5	1031.0	1.3	N	254.5	9:30	0.0	5.6	6.6	(10:50)
03/01/20	10.2	64.8	1029.3	0.0	N	230.3	9:30	0.0	5.2	6.1	(11:10)
04/01/20	11.3	81.8	1025.1	0.0	NW	68.9	9:40	0.0	4.7	5.6	(10:30)
05/01/20	10.5	56.1	1025.3	3.1	N	258.9	9:40	0.0	5.3	6.7	(10:40)
06/01/20	8.4	40.2	1027.8	3.4	N	261.2	9:40	0.0	5.6	7.3	(12:10)
07/01/20	9.1	56.6	1026.6	1.3	NW	251.4	9:30	0.0	6.0	6.9	(11:40)
08/01/20	11.0	62.4	1028.6	1.5	N	249.5	9:40	0.0	6.0	7.0	(13:00)
09/01/20	10.3	68.3	1029.8	0.4	NW	245.3	9:40	0.0	5.9	6.7	(12:30)
10/01/20	10.5	76.4	1027.1	0.3	NW	242.1	9:40	0.0	5.7	6.8	(12:10)
11/01/20	11.0	61.4	1026.0	0.9	N	255.4	9:40	0.0	6.0	6.6	(11:40)
12/01/20	11.7	63.7	1026.3	1.6	N	248.7	9:40	0.0	5.8	6.9	(11:10)
13/01/20	11.3	63.5	1026.5	1.1	NW	254.1	9:40	0.0	5.8	6.7	(11:10)
14/01/20	11.2	71.9	1027.6	0.3	SE	205.4	9:40	0.0	5.4	6.4	(12:10)
15/01/20	11.4	63.9	1029.9	0.5	N	246.3	9:50	0.0	5.7	6.0	(9:50)
16/01/20	11.0	66.1	1029.9	0.9	NW	266.5	9:40	0.0	5.6	6.7	(12:10)
17/01/20	10.6	70.7	1027.7	0.5	--	266.1	9:50	0.0	5.7	6.5	(12:50)
18/01/20	10.7	83.3	1023.8	0.4	NE	158.1	9:00	8.6	5.2	6.2	(12:00)
19/01/20	10.8	72.9	1024.1	1.3	NE	209.4	9:40	0.0	5.4	6.4	(11:10)
20/01/20	10.7	61.7	1034.0	3.6	NE	112.8	9:40	0.0	5.0	6.1	(11:10)
21/01/20	11.6	62.3	1037.8	2.6	N	275.9	10:00	0.0	5.5	6.8	(11:50)
22/01/20	11.5	72.1	1034.3	0.7	NW	274.5	9:50	0.0	5.6	6.7	(11:10)
23/01/20	11.5	77.4	1029.8	0.3	NE	267.4	10:10	0.0	5.4	6.7	(12:10)
24/01/20	11.8	74.8	1028.3	0.7	SE	261.3	10:00	0.0	5.5	6.2	(12:40)
25/01/20	12.8	82.2	1025.5	0.7	S	168.8	9:20	1.5	5.2	6.4	(12:40)
26/01/20	11.8	81.6	1021.1	0.3	N	89.9	9:50	3.3	4.7	5.7	(11:10)
27/01/20	12.0	83.2	1022.0	0.4	SW	278.0	10:10	0.0	5.4	6.6	(12:30)
28/01/20	14.2	81.8	1019.0	1.7	SW	208.4	9:30	0.0	5.1	6.9	(11:40)
29/01/20	14.0	79.0	1015.9	2.0	W	147.5	10:00	0.5	4.1	5.7	(12:30)
30/01/20	12.5	80.4	1022.1	0.3	SE	282.2	10:20	0.0	5.1	6.6	(12:20)
31/01/20	12.9	82.7	1023.8	0.1	S	117.5	10:00	0.0	4.5	5.7	(12:00)



GENNAIO 2020

(estremi giornalieri)

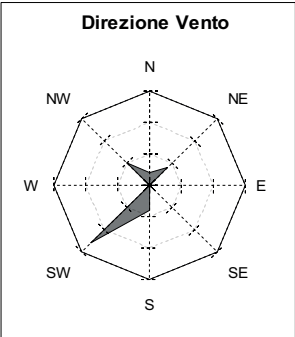
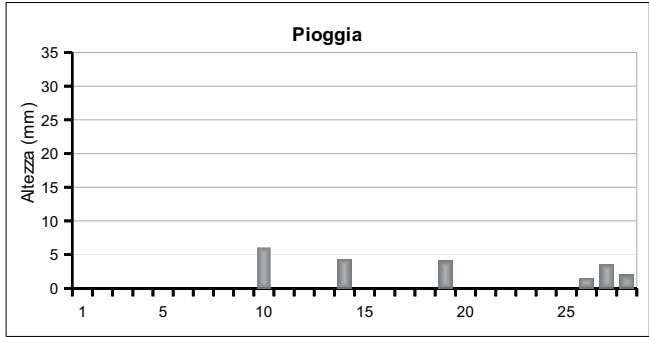
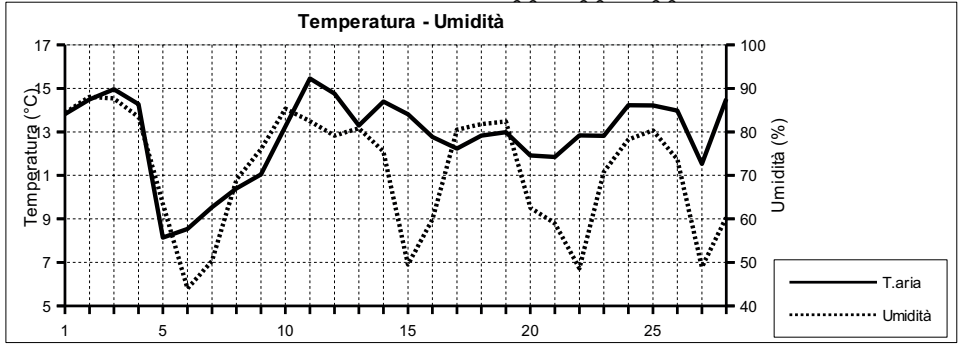
Data	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/01/20	7.1	(7:30)	15.9	(14:40)	29.0	(12:00)	72.0	(4:30)	1028.4	(14:30)	1030.8	(10:50)	6.3	(9:00)	443.0	(12:10)
02/01/20	9.8	(23:10)	15.3	(14:50)	42.0	(14:40)	66.0	(00:00)	1030.1	(4:10)	1032.1	(10:20)	7.2	(1:30)	436.0	(12:10)
03/01/20	6.2	(7:40)	14.0	(14:10)	47.0	(12:40)	77.0	(22:20)	1027.8	(23:30)	1031.2	(00:00)	2.2	(1:50)	431.0	(12:10)
04/01/20	9.4	(3:50)	12.9	(13:50)	77.0	(00:00)	87.0	(23:30)	1022.5	(23:30)	1027.9	(0:10)	2.2	(13:20)	160.0	(11:50)
05/01/20	8.2	(5:30)	14.6	(12:50)	28.0	(23:00)	90.0	(2:40)	1021.9	(4:20)	1028.9	(20:50)	17.4	(11:50)	577.0	(12:50)
06/01/20	6.9	(23:50)	10.7	(14:10)	23.0	(1:20)	58.0	(21:20)	1026.7	(14:00)	1028.6	(8:50)	14.3	(0:30)	457.0	(12:10)
07/01/20	6.1	(3:50)	12.8	(13:10)	43.0	(12:10)	66.0	(22:30)	1025.4	(17:20)	1028.0	(0:30)	6.7	(5:10)	446.0	(12:10)
08/01/20	8.7	(0:10)	14.8	(13:50)	45.0	(13:40)	73.0	(8:10)	1026.3	(00:00)	1031.2	(22:20)	6.7	(11:40)	445.0	(12:30)
09/01/20	7.0	(6:00)	14.4	(13:50)	55.0	(11:10)	80.0	(22:30)	1028.7	(14:10)	1031.1	(0:30)	3.6	(8:10)	422.0	(11:50)
10/01/20	8.0	(6:30)	14.4	(14:10)	56.0	(13:40)	86.0	(6:50)	1025.4	(15:30)	1028.9	(00:00)	4.5	(12:50)	422.0	(12:10)
11/01/20	7.4	(1:10)	16.2	(13:20)	44.0	(11:50)	82.0	(00:00)	1024.6	(15:10)	1026.9	(9:10)	5.8	(16:30)	446.0	(12:00)
12/01/20	9.0	(4:30)	15.4	(14:50)	51.0	(14:40)	74.0	(7:50)	1025.0	(14:50)	1027.3	(10:10)	6.3	(11:40)	436.0	(12:10)
13/01/20	8.7	(5:40)	15.0	(14:50)	47.0	(12:30)	73.0	(23:20)	1025.3	(15:20)	1027.4	(9:40)	4.9	(0:50)	443.0	(12:20)
14/01/20	7.5	(6:40)	14.2	(11:30)	63.0	(11:30)	80.0	(6:00)	1026.1	(3:30)	1029.5	(23:20)	3.6	(12:00)	517.0	(13:00)
15/01/20	7.2	(7:10)	16.3	(14:50)	47.0	(15:30)	76.0	(7:50)	1029.0	(3:10)	1031.2	(23:20)	3.6	(19:20)	439.0	(12:20)
16/01/20	7.4	(7:50)	15.3	(13:40)	48.0	(13:40)	76.0	(23:50)	1028.2	(16:10)	1031.3	(10:00)	5.4	(17:40)	464.0	(12:20)
17/01/20	7.1	(5:40)	14.3	(14:20)	60.0	(10:50)	78.0	(22:30)	1026.2	(16:00)	1028.9	(00:00)	6.3	(14:10)	471.0	(14:10)
18/01/20	8.3	(10:10)	12.3	(17:20)	77.0	(13:30)	92.0	(11:30)	1021.3	(17:00)	1026.9	(00:00)	11.2	(8:40)	698.0	(12:20)
19/01/20	7.9	(5:10)	14.1	(12:40)	56.0	(19:30)	90.0	(6:20)	1021.4	(4:30)	1029.1	(23:50)	11.2	(20:10)	582.0	(12:30)
20/01/20	9.9	(7:10)	11.9	(11:50)	55.0	(11:40)	66.0	(23:50)	1029.1	(00:00)	1038.6	(23:30)	11.6	(6:00)	369.0	(11:00)
21/01/20	9.3	(6:30)	15.6	(14:20)	51.0	(15:40)	68.0	(5:50)	1036.6	(17:10)	1039.2	(10:30)	8.9	(6:00)	473.0	(12:10)
22/01/20	8.6	(6:40)	16.1	(15:10)	58.0	(12:40)	86.0	(22:30)	1031.5	(22:30)	1037.0	(00:00)	5.4	(2:00)	513.0	(11:40)
23/01/20	7.8	(8:00)	15.7	(15:10)	61.0	(15:20)	89.0	(2:20)	1028.3	(14:40)	1031.6	(00:00)	3.6	(13:40)	485.0	(12:20)
24/01/20	8.7	(3:50)	15.4	(15:00)	61.0	(11:20)	83.0	(00:00)	1026.9	(17:40)	1029.6	(9:40)	7.2	(17:30)	504.0	(10:50)
25/01/20	10.2	(2:00)	15.2	(14:30)	76.0	(12:40)	89.0	(9:10)	1024.2	(23:50)	1027.0	(10:20)	7.6	(12:00)	548.0	(10:50)
26/01/20	9.7	(6:00)	13.9	(11:50)	69.0	(13:20)	91.0	(19:20)	1019.3	(15:20)	1024.1	(00:00)	5.8	(14:40)	251.0	(10:00)
27/01/20	8.7	(7:30)	15.0	(13:50)	67.0	(13:40)	91.0	(00:00)	1020.8	(1:00)	1023.1	(10:20)	6.7	(13:40)	489.0	(12:50)
28/01/20	13.1	(00:00)	15.7	(12:30)	73.0	(13:00)	88.0	(23:50)	1015.6	(23:50)	1022.1	(00:00)	8.9	(9:50)	598.0	(11:30)
29/01/20	11.8	(23:20)	15.1	(12:40)	73.0	(13:00)	88.0	(00:00)	1014.7	(3:50)	1018.3	(23:40)	11.6	(14:10)	619.0	(12:30)
30/01/20	9.2	(7:40)	15.2	(16:20)	66.0	(16:30)	89.0	(4:00)	1018.3	(00:00)	1024.5	(22:00)	4.5	(15:30)	515.0	(12:10)
31/01/20	11.1	(4:10)	14.1	(14:00)	79.0	(14:20)	87.0	(3:20)	1023.0	(16:10)	1024.9	(10:40)	3.6	(11:50)	350.0	(9:20)



FEBBRAIO 2020

(medie giornaliere)

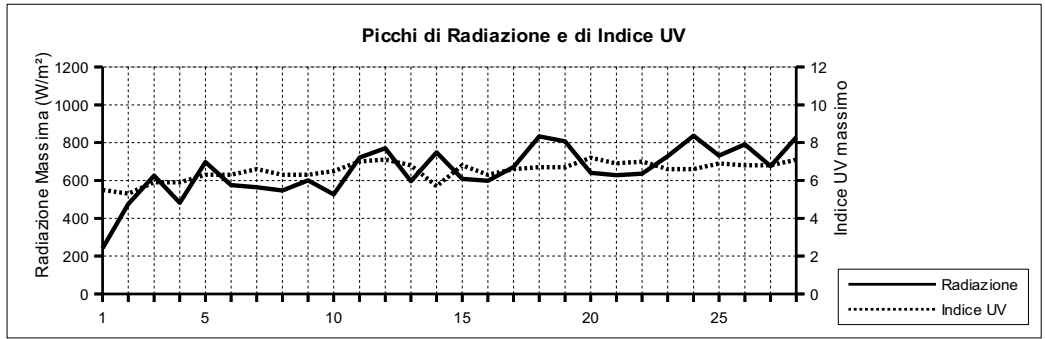
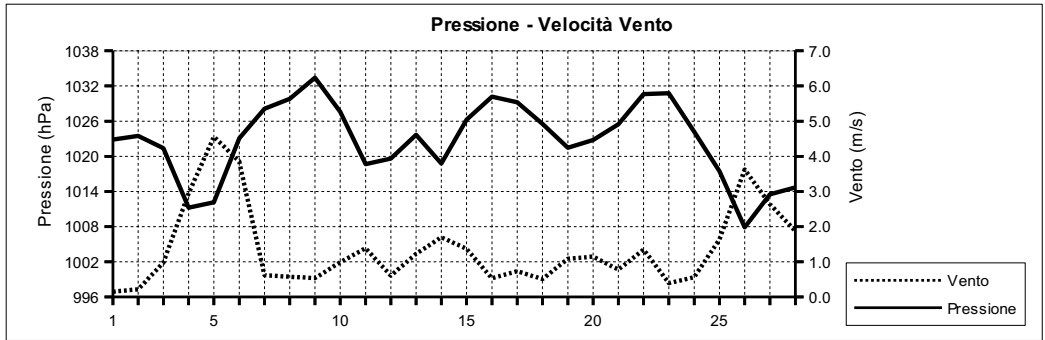
Data	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
	°C	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	(ore)
01/02/20	13.8	84.4	1022.9	0.2	S	102.7	9:40	0.0	4.6	5.5	(12:10)
02/02/20	14.5	88.1	1023.5	0.2	SW	108.7	10:00	0.0	4.3	5.3	(13:20)
03/02/20	15.0	87.7	1021.4	1.0	SW	259.7	10:10	0.0	5.0	5.9	(11:50)
04/02/20	14.3	83.4	1011.2	2.9	SW	129.0	10:20	0.0	4.6	5.9	(15:40)
05/02/20	8.1	63.4	1012.1	4.6	N	255.9	10:10	0.0	5.1	6.3	(12:50)
06/02/20	8.5	44.0	1023.1	3.9	NE	330.2	10:30	0.0	5.3	6.3	(14:20)
07/02/20	9.5	50.3	1028.1	0.6	NW	326.1	10:40	0.0	5.5	6.6	(11:20)
08/02/20	10.4	69.0	1029.8	0.6	NE	324.0	10:30	0.0	5.3	6.3	(11:30)
09/02/20	11.0	76.0	1033.4	0.5	SW	300.0	10:40	0.0	5.0	6.3	(12:30)
10/02/20	13.2	85.3	1027.6	1.0	SW	120.0	10:20	6.1	4.6	6.5	(12:10)
11/02/20	15.4	82.5	1018.7	1.4	SW	212.3	10:10	0.0	5.1	7.0	(11:50)
12/02/20	14.8	79.1	1019.6	0.6	SW	262.5	10:20	0.0	5.2	7.1	(12:20)
13/02/20	13.3	80.8	1023.6	1.2	S	258.3	10:40	0.0	5.3	6.8	(11:40)
14/02/20	14.4	75.5	1018.8	1.7	NW	229.2	10:20	4.3	4.1	5.7	(13:00)
15/02/20	13.8	49.5	1026.2	1.4	N	358.7	10:50	0.0	5.5	6.8	(11:10)
16/02/20	12.8	59.9	1030.2	0.5	NW	348.7	11:00	0.0	5.2	6.3	(12:40)
17/02/20	12.2	80.5	1029.2	0.7	SW	351.8	10:50	0.0	5.0	6.6	(12:20)
18/02/20	12.8	81.8	1025.6	0.5	SW	257.1	10:50	0.0	4.9	6.7	(12:20)
19/02/20	13.0	82.4	1021.5	1.1	SW	303.7	10:50	4.1	5.1	6.7	(12:50)
20/02/20	11.9	62.6	1022.8	1.1	NE	366.9	11:00	0.0	5.6	7.2	(12:20)
21/02/20	11.8	58.9	1025.5	0.8	--	362.5	11:10	0.0	5.5	6.9	(12:10)
22/02/20	12.8	48.6	1030.6	1.3	NE	334.4	11:10	0.0	5.4	7.0	(12:10)
23/02/20	12.8	70.8	1030.8	0.4	SW	269.0	11:20	0.0	5.2	6.6	(12:00)
24/02/20	14.2	78.3	1024.2	0.6	SW	158.7	10:40	0.0	4.6	6.6	(11:40)
25/02/20	14.2	80.3	1017.5	1.6	S	313.7	11:20	0.0	5.3	6.9	(11:50)
26/02/20	14.0	73.7	1007.9	3.6	SW	243.8	11:10	1.5	4.6	6.8	(12:30)
27/02/20	11.5	48.9	1013.5	2.6	NW	407.3	11:10	3.5	5.2	6.8	(12:20)
28/02/20	14.5	60.4	1014.7	1.9	NW	288.5	11:10	2.0	5.0	7.1	(12:20)
29/02/20	12.6	57.5	1020.7	1.1	S	370.2	11:30	0.0	5.7	7.4	(12:00)



FEBBRAIO 2020

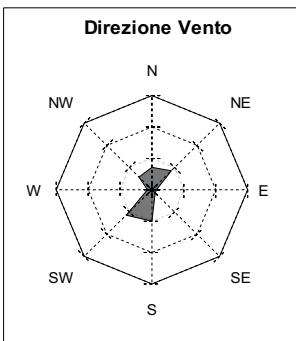
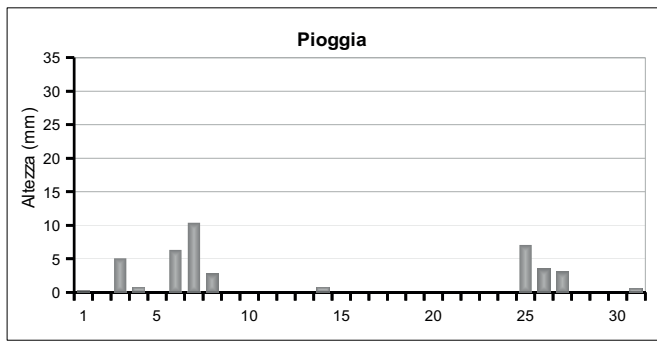
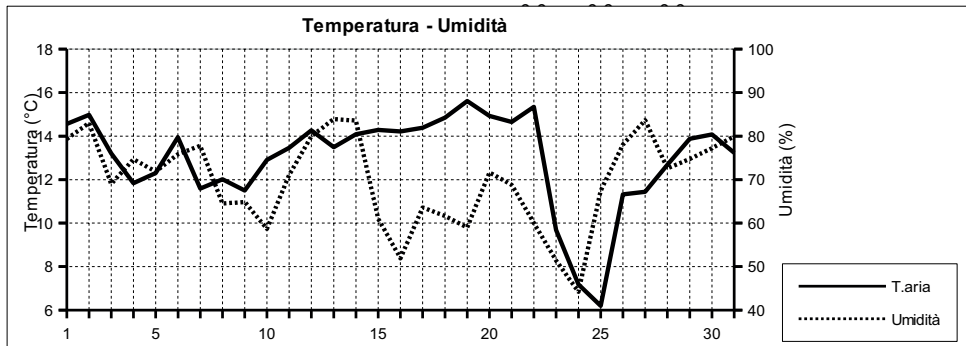
(estremi giornalieri)

Data	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/02/20	12.6	(8:00)	15.2	(13:00)	80.0	(00:00)	92.0	(22:00)	1022.1	(14:40)	1023.8	(10:00)	3.6	(13:40)	241.0	(12:50)
02/02/20	13.3	(8:20)	15.8	(13:40)	83.0	(17:10)	91.0	(00:00)	1021.6	(5:20)	1024.9	(19:10)	4.0	(14:40)	475.0	(10:00)
03/02/20	13.4	(23:50)	16.8	(13:00)	78.0	(13:10)	93.0	(7:20)	1019.3	(17:00)	1024.3	(00:00)	6.3	(11:50)	626.0	(11:50)
04/02/20	8.5	(23:50)	17.6	(15:10)	64.0	(19:40)	92.0	(9:40)	1001.6	(20:20)	1020.5	(00:00)	16.1	(20:20)	482.0	(13:40)
05/02/20	6.2	(19:20)	11.3	(14:00)	44.0	(13:50)	74.0	(3:40)	1005.3	(00:00)	1016.8	(23:50)	22.4	(12:20)	698.0	(11:40)
06/02/20	6.9	(7:40)	10.7	(14:40)	32.0	(13:10)	64.0	(00:00)	1016.8	(00:00)	1028.6	(21:40)	17.0	(13:00)	575.0	(12:40)
07/02/20	5.8	(7:20)	14.1	(15:30)	28.0	(14:40)	72.0	(23:00)	1026.6	(16:20)	1029.0	(8:50)	4.9	(16:20)	564.0	(12:20)
08/02/20	6.6	(7:50)	14.3	(15:00)	52.0	(10:30)	77.0	(23:20)	1028.2	(3:10)	1032.0	(23:40)	4.9	(13:30)	547.0	(11:50)
09/02/20	7.3	(7:20)	14.1	(15:20)	69.0	(10:30)	82.0	(7:30)	1032.0	(00:00)	1034.8	(11:10)	4.9	(14:00)	601.0	(11:50)
10/02/20	10.4	(4:20)	14.9	(12:20)	76.0	(12:30)	92.0	(6:10)	1022.6	(23:50)	1033.0	(0:10)	9.4	(12:40)	527.0	(12:10)
11/02/20	14.4	(1:20)	16.9	(11:20)	73.0	(18:40)	90.0	(5:20)	1016.5	(14:50)	1022.5	(00:00)	8.5	(18:40)	721.0	(11:50)
12/02/20	12.9	(23:40)	17.3	(13:30)	55.0	(13:10)	92.0	(5:00)	1016.9	(3:30)	1023.1	(23:50)	7.2	(13:20)	770.0	(12:30)
13/02/20	10.4	(6:10)	15.3	(11:40)	74.0	(9:50)	87.0	(3:00)	1022.6	(23:50)	1024.8	(11:00)	7.2	(12:00)	596.0	(11:40)
14/02/20	12.8	(1:50)	17.3	(16:10)	49.0	(20:40)	91.0	(6:40)	1015.3	(13:20)	1022.8	(22:50)	10.3	(11:10)	749.0	(10:50)
15/02/20	10.8	(7:10)	17.8	(14:40)	34.0	(14:20)	64.0	(6:20)	1022.9	(00:00)	1029.3	(22:40)	7.6	(00:00)	608.0	(12:10)
16/02/20	9.4	(7:50)	17.1	(14:40)	47.0	(3:10)	81.0	(23:00)	1029.2	(4:20)	1031.3	(22:50)	5.8	(14:20)	598.0	(12:20)
17/02/20	8.9	(6:20)	15.5	(14:30)	69.0	(17:10)	87.0	(6:50)	1027.3	(16:00)	1031.3	(00:00)	5.8	(13:50)	671.0	(14:20)
18/02/20	10.6	(7:00)	15.3	(14:50)	73.0	(14:20)	88.0	(4:30)	1023.8	(15:50)	1027.5	(0:10)	5.8	(14:10)	833.0	(12:40)
19/02/20	11.1	(23:30)	15.8	(13:20)	69.0	(13:30)	94.0	(4:10)	1018.8	(16:50)	1024.4	(00:00)	12.5	(16:40)	807.0	(12:20)
20/02/20	8.7	(7:00)	15.2	(14:00)	41.0	(16:20)	84.0	(5:10)	1020.0	(0:30)	1025.7	(21:40)	9.8	(12:20)	640.0	(12:30)
21/02/20	8.6	(3:50)	15.0	(15:20)	43.0	(2:00)	74.0	(23:30)	1024.1	(15:10)	1027.4	(23:10)	4.9	(14:00)	628.0	(12:20)
22/02/20	10.5	(4:00)	16.5	(14:50)	29.0	(16:20)	74.0	(00:00)	1027.4	(0:30)	1033.4	(21:40)	7.6	(12:10)	636.0	(12:30)
23/02/20	8.9	(6:20)	15.7	(14:50)	57.0	(2:10)	83.0	(20:10)	1028.1	(23:30)	1033.3	(0:10)	4.9	(12:30)	728.0	(12:00)
24/02/20	13.4	(2:40)	15.3	(13:40)	69.0	(13:10)	84.0	(2:10)	1021.9	(23:50)	1028.1	(00:00)	5.4	(12:00)	837.0	(13:00)
25/02/20	13.3	(6:50)	15.9	(13:30)	74.0	(13:30)	85.0	(1:40)	1012.0	(23:50)	1021.9	(0:10)	8.9	(19:30)	731.0	(12:40)
26/02/20	9.2	(21:40)	15.9	(12:30)	49.0	(20:00)	88.0	(6:50)	1005.5	(20:00)	1011.8	(00:00)	20.6	(20:00)	791.0	(12:20)
27/02/20	8.5	(7:20)	14.2	(14:10)	24.0	(16:20)	83.0	(21:40)	1007.8	(0:30)	1016.2	(12:10)	18.3	(0:20)	675.0	(11:50)
28/02/20	11.1	(23:40)	17.5	(14:00)	29.0	(17:00)	83.0	(5:30)	1010.4	(3:40)	1022.4	(23:20)	11.6	(1:00)	828.0	(12:20)
29/02/20	9.1	(6:20)	15.8	(14:40)	38.0	(10:10)	80.0	(22:30)	1018.0	(22:30)	1022.4	(00:00)	6.7	(16:20)	687.0	(11:30)



MARZO 2020**(medie giornaliere)**

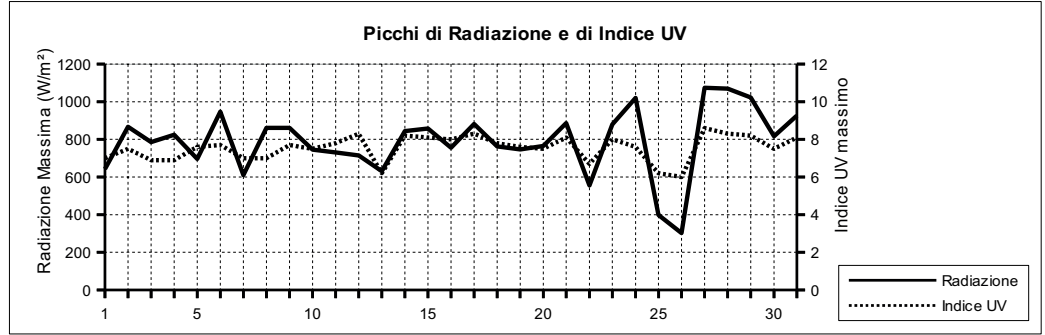
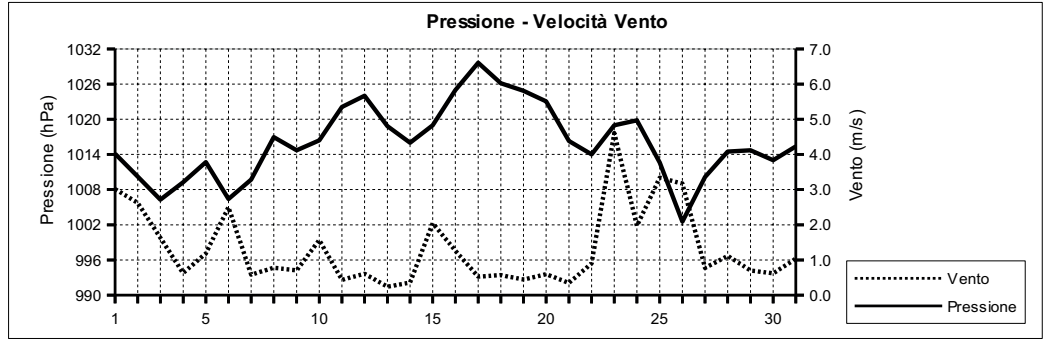
Data	Temperatura °C	Umidità %	Pressione hPa	Vento		Rad. Solare		Pioggia mm	Indice UV		
				m/s	direzione	W/m²	durata		medio	max	(ore)
01/03/20	14.6	79.3	1014.1	3.0	S	202.4	10:40	0.3	5.1	7.0	(11:40)
02/03/20	15.0	83.0	1010.2	2.6	S	274.2	11:00	0.0	5.6	7.5	(12:40)
03/03/20	13.2	69.0	1006.3	1.6	SW	248.9	11:20	5.1	4.7	6.9	(13:00)
04/03/20	11.8	74.7	1009.3	0.6	SW	288.4	11:20	0.8	5.4	6.9	(12:40)
05/03/20	12.3	71.8	1012.7	1.2	SW	411.2	11:30	0.0	5.9	7.6	(12:10)
06/03/20	14.0	75.8	1006.4	2.5	SW	270.6	11:00	6.3	5.2	7.7	(12:20)
07/03/20	11.6	77.8	1009.7	0.6	--	224.8	11:20	10.4	5.3	7.0	(11:50)
08/03/20	12.0	64.5	1017.0	0.8	N	271.3	11:40	2.8	5.1	7.0	(11:40)
09/03/20	11.5	64.9	1014.7	0.7	NW	412.8	11:40	0.0	5.7	7.7	(12:00)
10/03/20	12.9	58.7	1016.4	1.6	N	391.6	11:50	0.0	5.4	7.5	(11:40)
11/03/20	13.5	71.1	1022.1	0.4	--	376.4	11:50	0.0	5.9	7.8	(11:40)
12/03/20	14.3	80.0	1024.0	0.6	SW	423.0	11:50	0.0	6.4	8.3	(12:00)
13/03/20	13.5	83.9	1018.8	0.2	S	180.6	12:10	0.0	5.4	6.2	(11:40)
14/03/20	14.1	83.5	1016.0	0.4	SW	313.1	11:40	0.8	6.1	8.2	(13:00)
15/03/20	14.3	61.0	1019.0	2.0	NE	386.1	12:10	0.0	5.6	8.1	(11:50)
16/03/20	14.2	51.9	1025.0	1.3	--	437.0	12:10	0.0	5.8	8.0	(12:10)
17/03/20	14.4	63.6	1029.7	0.5	NW	362.4	12:00	0.0	5.6	8.3	(12:20)
18/03/20	14.9	61.7	1026.2	0.6	--	428.3	12:20	0.0	5.6	7.8	(12:50)
19/03/20	15.6	59.0	1024.9	0.4	S	430.2	12:20	0.0	5.5	7.6	(11:40)
20/03/20	14.9	71.6	1023.1	0.6	S	422.7	12:20	0.0	5.6	7.5	(11:20)
21/03/20	14.6	68.8	1016.3	0.3	S	342.3	12:20	0.0	5.5	8.1	(12:50)
22/03/20	15.3	60.0	1014.0	0.9	NE	198.9	11:50	0.0	5.1	6.7	(13:10)
23/03/20	9.7	51.4	1019.0	4.6	NE	258.9	12:20	0.0	5.6	8.0	(12:20)
24/03/20	7.2	44.2	1019.8	2.0	NE	313.6	12:30	0.0	5.3	7.6	(12:00)
25/03/20	6.2	67.4	1012.6	3.3	N	152.5	12:10	7.1	5.0	6.2	(11:00)
26/03/20	11.3	78.1	1002.5	3.2	NE	93.8	12:10	3.5	4.3	6.0	(10:30)
27/03/20	11.4	83.7	1010.1	0.8	--	242.7	12:00	3.0	5.0	8.6	(12:50)
28/03/20	12.7	72.6	1014.5	1.1	--	434.0	12:40	0.0	5.8	8.3	(13:00)
29/03/20	13.9	74.7	1014.7	0.7	SW	420.2	12:40	0.0	5.3	8.2	(13:30)
30/03/20	14.1	77.2	1013.0	0.6	NW	316.9	12:40	0.0	5.0	7.5	(13:00)
31/03/20	13.2	79.9	1015.4	1.0	N	330.7	12:30	0.5	5.3	8.1	(13:00)



MARZO 2020

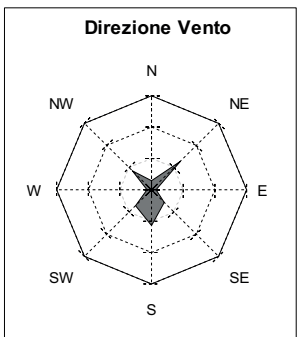
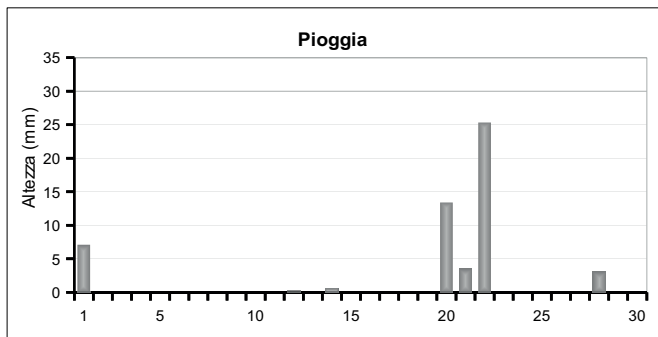
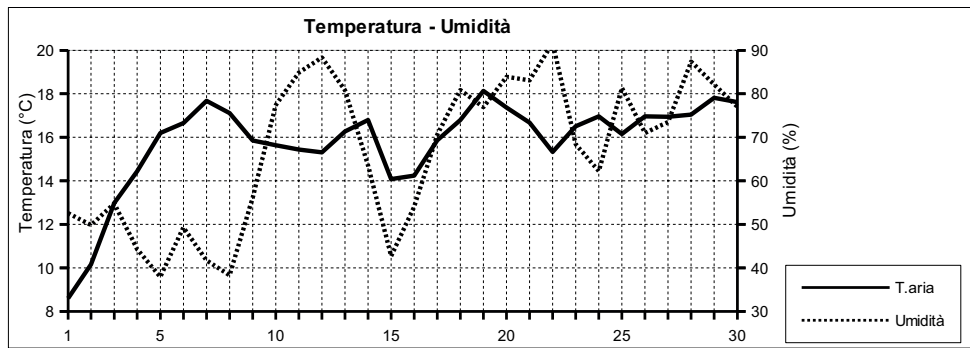
(estremi giornalieri)

Data	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/03/20	12.9	(3:40)	15.8	(16:10)	70.0	(5:50)	92.0	(21:00)	1010.8	(17:20)	1018.3	(00:00)	12.5	(13:00)	642.0	(13:40)
02/03/20	13.4	(6:10)	15.9	(11:00)	75.0	(0:30)	90.0	(8:10)	1004.5	(23:50)	1013.4	(1:00)	14.8	(19:50)	867.0	(13:00)
03/03/20	10.2	(23:50)	15.9	(0:30)	55.0	(17:20)	86.0	(1:30)	1003.9	(2:00)	1007.7	(11:10)	13.4	(18:20)	786.0	(13:00)
04/03/20	9.6	(5:30)	14.6	(14:20)	64.0	(15:50)	84.0	(5:40)	1005.6	(3:50)	1013.0	(23:10)	8.0	(17:00)	824.0	(13:40)
05/03/20	9.2	(6:50)	14.7	(15:30)	61.0	(10:10)	79.0	(00:00)	1009.9	(23:50)	1014.1	(8:50)	8.0	(23:40)	696.0	(12:10)
06/03/20	10.6	(22:40)	16.3	(13:40)	59.0	(16:50)	93.0	(9:00)	1004.5	(7:00)	1009.8	(00:00)	14.3	(5:10)	947.0	(12:00)
07/03/20	9.9	(6:10)	13.9	(16:00)	64.0	(17:00)	89.0	(1:30)	1007.4	(3:50)	1014.1	(23:40)	6.7	(18:40)	610.0	(9:50)
08/03/20	9.4	(5:30)	16.5	(13:20)	39.0	(14:00)	76.0	(00:00)	1014.1	(00:00)	1019.6	(20:20)	5.8	(12:00)	861.0	(12:40)
09/03/20	8.4	(5:40)	14.7	(15:20)	48.0	(16:00)	74.0	(00:00)	1011.8	(16:20)	1018.3	(00:00)	5.8	(12:40)	861.0	(12:30)
10/03/20	9.8	(5:50)	17.4	(14:10)	35.0	(14:20)	75.0	(23:20)	1012.3	(0:10)	1020.2	(22:20)	9.8	(16:40)	745.0	(13:00)
11/03/20	9.4	(6:30)	18.3	(15:30)	48.0	(16:30)	80.0	(3:20)	1019.9	(3:00)	1024.7	(22:00)	4.9	(14:50)	731.0	(11:40)
12/03/20	11.8	(5:30)	17.4	(14:20)	70.0	(15:10)	89.0	(7:30)	1022.0	(22:30)	1025.7	(9:20)	6.3	(13:00)	715.0	(12:20)
13/03/20	11.4	(6:20)	15.8	(15:50)	78.0	(14:00)	90.0	(6:50)	1016.7	(16:40)	1022.0	(00:00)	4.0	(15:00)	631.0	(15:10)
14/03/20	11.3	(6:20)	17.4	(14:30)	72.0	(14:30)	91.0	(7:00)	1014.7	(17:40)	1017.4	(1:00)	4.5	(11:30)	844.0	(13:00)
15/03/20	11.4	(23:40)	17.9	(12:10)	39.0	(15:40)	91.0	(3:00)	1016.2	(3:00)	1022.4	(23:50)	10.3	(16:30)	858.0	(12:40)
16/03/20	10.1	(5:00)	18.9	(13:00)	37.0	(11:30)	69.0	(23:20)	1022.4	(0:10)	1028.8	(23:50)	6.3	(9:00)	756.0	(12:20)
17/03/20	11.2	(6:00)	17.6	(15:50)	50.0	(14:20)	80.0	(23:50)	1028.4	(17:20)	1031.1	(9:10)	5.8	(12:50)	882.0	(12:20)
18/03/20	11.7	(4:40)	18.4	(16:40)	38.0	(12:40)	82.0	(0:40)	1023.7	(16:30)	1029.1	(00:00)	5.4	(13:10)	763.0	(12:00)
19/03/20	11.6	(6:30)	21.2	(15:30)	35.0	(15:20)	77.0	(00:00)	1023.3	(15:40)	1026.2	(9:10)	6.3	(16:20)	747.0	(12:20)
20/03/20	11.7	(6:30)	18.7	(17:10)	54.0	(17:00)	84.0	(6:40)	1020.5	(23:40)	1025.2	(00:00)	6.3	(15:00)	765.0	(12:20)
21/03/20	11.2	(6:10)	17.6	(13:20)	53.0	(9:50)	82.0	(19:20)	1013.4	(17:50)	1020.5	(00:00)	4.0	(14:00)	886.0	(12:50)
22/03/20	13.3	(6:50)	17.9	(12:00)	45.0	(16:10)	77.0	(1:20)	1012.9	(14:50)	1017.1	(23:50)	7.6	(17:20)	555.0	(13:10)
23/03/20	5.3	(23:20)	13.2	(00:00)	42.0	(13:10)	65.0	(2:30)	1016.9	(2:30)	1021.7	(22:50)	13.0	(10:20)	879.0	(13:00)
24/03/20	4.8	(6:20)	10.2	(15:30)	35.0	(10:30)	59.0	(23:30)	1018.5	(17:00)	1021.7	(0:20)	9.8	(0:20)	1020.0	(12:00)
25/03/20	4.2	(3:20)	8.5	(11:50)	50.0	(11:00)	88.0	(21:00)	1005.5	(23:50)	1018.5	(00:00)	9.8	(11:30)	399.0	(11:00)
26/03/20	7.2	(00:00)	14.2	(15:40)	67.0	(11:40)	90.0	(23:50)	1000.0	(6:20)	1005.9	(22:10)	13.9	(11:40)	302.0	(11:10)
27/03/20	10.1	(4:50)	13.5	(13:20)	70.0	(15:20)	93.0	(2:50)	1005.9	(00:00)	1014.1	(23:20)	6.7	(11:50)	1074.0	(13:00)
28/03/20	9.8	(4:50)	15.6	(15:30)	60.0	(10:50)	85.0	(2:40)	1013.4	(4:30)	1016.3	(22:30)	6.3	(0:50)	1069.0	(13:00)
29/03/20	10.8	(6:40)	17.2	(17:20)	60.0	(17:40)	85.0	(7:30)	1012.7	(17:20)	1016.3	(0:10)	6.3	(12:20)	1023.0	(14:00)
30/03/20	11.1	(7:00)	18.1	(14:30)	57.0	(13:40)	88.0	(6:40)	1012.0	(16:30)	1014.5	(23:20)	6.3	(15:10)	817.0	(12:10)
31/03/20	7.8	(23:50)	16.3	(12:40)	71.0	(11:40)	89.0	(6:30)	1014.4	(1:20)	1016.4	(10:40)	7.2	(22:20)	926.0	(13:50)



APRILE 2020**(medie giornaliere)**

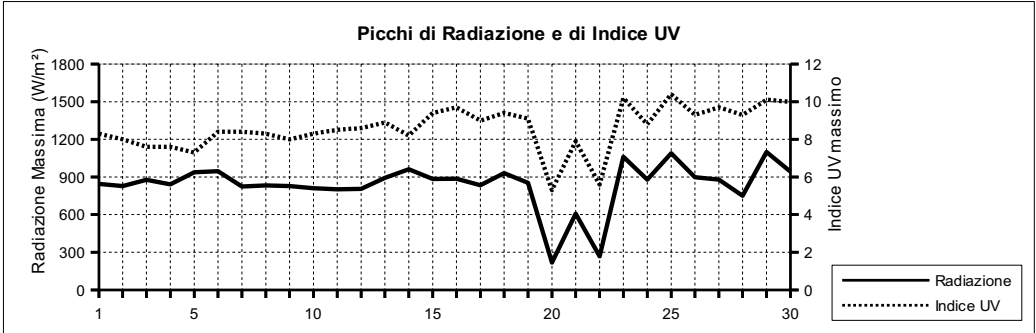
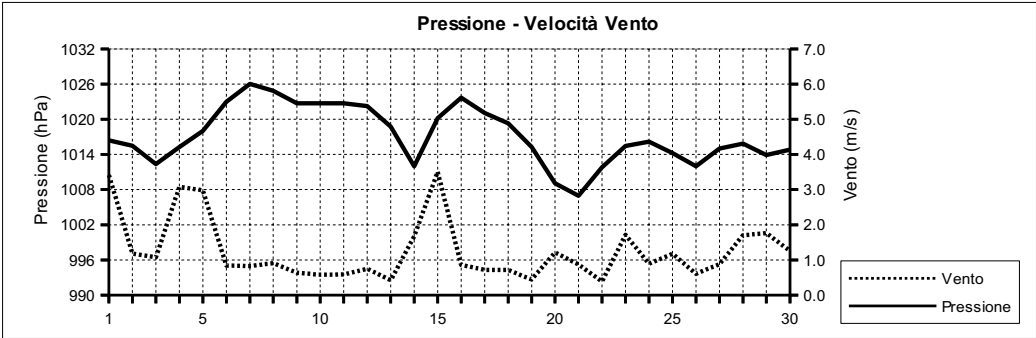
Data	Temperatura °C	Umidità %	Pressione hPa	Vento		Rad. Solare		Pioggia mm	Indice UV		
				m/s	direzione	W/m²	durata		medio	max	(ore)
01/04/20	8.6	52.6	1016.4	3.4	NE	491.2	12:40	7.1	6.1	8.3	(13:10)
02/04/20	10.2	49.8	1015.5	1.2	NW	476.9	12:50	0.0	5.8	8.0	(13:30)
03/04/20	13.0	54.8	1012.3	1.1	NE	358.5	13:00	0.0	5.3	7.6	(14:00)
04/04/20	14.4	44.3	1015.3	3.1	NE	474.7	13:00	0.0	5.6	7.6	(12:20)
05/04/20	16.2	37.9	1018.0	3.0	NE	340.3	13:00	0.0	5.1	7.3	(11:20)
06/04/20	16.7	49.3	1023.0	0.8	NE	362.2	13:00	0.0	5.4	8.4	(13:00)
07/04/20	17.7	41.7	1026.0	0.8	NE	466.9	13:10	0.0	5.7	8.4	(13:20)
08/04/20	17.1	38.3	1024.9	0.9	NW	476.4	13:10	0.0	5.7	8.3	(12:50)
09/04/20	15.9	56.1	1022.7	0.6	—	472.8	13:10	0.0	5.8	8.0	(13:00)
10/04/20	15.6	77.4	1022.7	0.6	SE	459.0	13:10	0.0	5.9	8.3	(12:50)
11/04/20	15.4	84.9	1022.7	0.6	SE	454.0	13:10	0.0	6.0	8.5	(13:00)
12/04/20	15.3	88.4	1022.3	0.7	S	441.2	13:10	0.3	6.3	8.6	(12:30)
13/04/20	16.3	80.8	1018.8	0.4	S	456.8	13:20	0.0	6.3	8.9	(13:00)
14/04/20	16.8	63.5	1012.0	1.7	N	189.3	13:10	0.5	5.1	8.2	(13:50)
15/04/20	14.1	42.7	1020.2	3.5	NE	510.1	13:30	0.0	6.2	9.4	(12:50)
16/04/20	14.2	54.0	1023.7	0.9	—	504.2	13:40	0.0	6.3	9.7	(13:20)
17/04/20	15.9	70.6	1021.1	0.7	SW	474.5	13:30	0.0	5.9	9.0	(13:10)
18/04/20	16.8	80.9	1019.3	0.7	SE	427.3	13:40	0.0	6.1	9.4	(14:00)
19/04/20	18.1	76.9	1015.3	0.4	S	382.8	13:20	0.0	5.7	9.1	(12:30)
20/04/20	17.4	83.9	1009.1	1.2	NW	72.0	12:50	13.4	4.0	5.3	(13:40)
21/04/20	16.7	83.1	1007.0	0.9	SW	208.4	13:00	3.5	5.4	7.9	(12:30)
22/04/20	15.3	91.7	1011.8	0.4	NW	67.9	13:00	25.3	3.9	5.6	(11:50)
23/04/20	16.5	68.4	1015.4	1.7	NE	381.7	13:40	0.0	6.4	10.2	(13:30)
24/04/20	17.0	62.2	1016.2	0.9	NW	504.2	13:50	0.0	6.1	8.8	(12:30)
25/04/20	16.1	81.4	1014.2	1.2	S	495.5	13:50	0.0	6.4	10.4	(13:10)
26/04/20	17.0	71.0	1012.0	0.6	SW	375.1	14:10	0.0	5.5	9.3	(12:10)
27/04/20	16.9	73.5	1015.0	0.9	S	502.1	14:00	0.0	6.4	9.7	(12:30)
28/04/20	17.0	87.4	1015.8	1.7	S	215.9	13:30	3.1	5.1	9.3	(12:20)
29/04/20	17.8	82.1	1013.9	1.8	SW	432.0	13:50	0.0	6.0	10.1	(13:00)
30/04/20	17.6	77.0	1014.8	1.3	S	503.4	14:00	0.0	6.4	10.0	(12:50)



APRILE 2020

(estremi giornalieri)

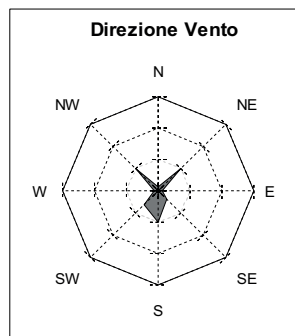
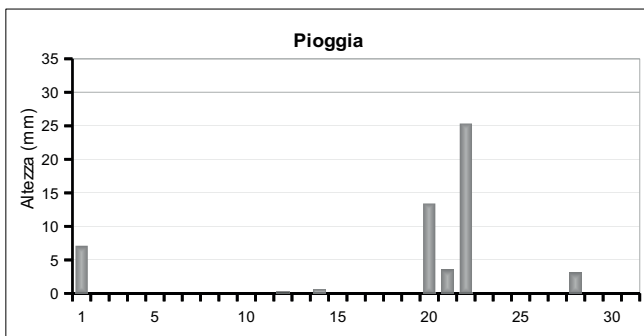
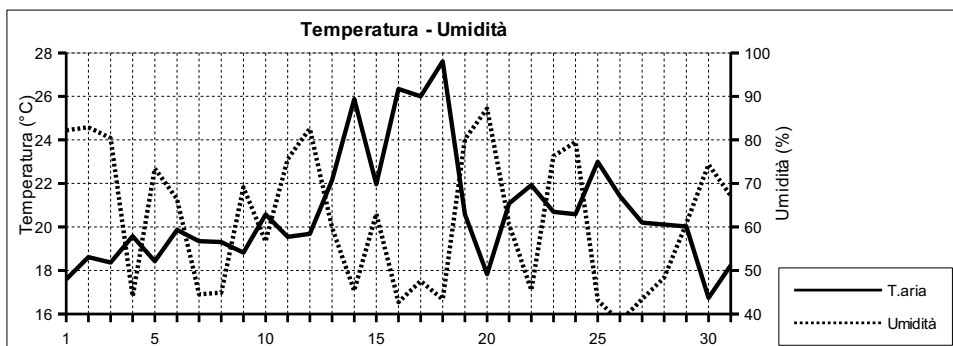
Data	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/04/20	5.6	(1:00)	12.3	(16:30)	28.0	(16:20)	90.0	(1:10)	1015.2	(4:50)	1018.2	(21:50)	12.1	(11:00)	844.0	(14:00)
02/04/20	6.7	(4:20)	13.8	(16:10)	42.0	(10:40)	67.0	(23:50)	1012.7	(19:10)	1017.7	(00:00)	6.3	(00:00)	828.0	(13:10)
03/04/20	9.5	(7:30)	17.3	(14:20)	38.0	(18:10)	69.0	(0:50)	1010.4	(17:00)	1014.3	(23:50)	8.0	(19:40)	877.0	(14:00)
04/04/20	9.6	(3:30)	19.7	(15:00)	25.0	(16:50)	64.0	(5:30)	1013.7	(5:40)	1017.9	(22:10)	12.5	(17:00)	842.0	(13:10)
05/04/20	12.9	(7:10)	20.2	(14:30)	31.0	(14:40)	45.0	(7:20)	1016.8	(4:40)	1020.8	(23:20)	12.5	(14:20)	937.0	(14:40)
06/04/20	13.6	(7:00)	19.8	(12:20)	39.0	(11:40)	63.0	(20:20)	1020.8	(2:40)	1026.0	(22:00)	8.9	(11:50)	947.0	(14:20)
07/04/20	13.9	(5:20)	22.2	(15:40)	27.0	(12:10)	66.0	(20:00)	1024.8	(17:30)	1026.7	(7:50)	6.3	(10:50)	824.0	(13:10)
08/04/20	13.8	(5:40)	20.8	(16:30)	22.0	(16:20)	58.0	(22:50)	1022.8	(17:00)	1026.8	(1:00)	7.6	(16:40)	833.0	(12:50)
09/04/20	12.0	(6:50)	19.9	(17:20)	39.0	(9:10)	79.0	(23:50)	1021.1	(17:10)	1023.8	(1:10)	5.4	(14:40)	828.0	(12:50)
10/04/20	12.1	(7:20)	21.6	(16:50)	41.0	(16:10)	89.0	(23:10)	1021.3	(16:50)	1023.8	(9:50)	6.7	(14:40)	810.0	(13:00)
11/04/20	12.4	(6:10)	17.8	(13:10)	74.0	(13:10)	92.0	(23:30)	1021.6	(16:30)	1023.8	(10:30)	5.8	(13:50)	802.0	(13:10)
12/04/20	13.4	(6:50)	17.7	(13:40)	78.0	(14:10)	94.0	(9:40)	1020.1	(20:20)	1023.5	(8:00)	6.7	(14:10)	805.0	(13:00)
13/04/20	13.0	(6:50)	19.2	(12:40)	63.0	(12:40)	92.0	(5:30)	1014.7	(23:50)	1021.1	(00:00)	6.7	(14:00)	893.0	(13:40)
14/04/20	13.2	(23:40)	22.3	(13:50)	35.0	(13:50)	87.0	(00:00)	1009.0	(16:20)	1014.7	(00:00)	13.0	(21:40)	962.0	(14:10)
15/04/20	10.2	(6:40)	18.2	(15:30)	29.0	(13:50)	67.0	(00:00)	1014.8	(00:00)	1023.5	(23:00)	13.4	(8:50)	884.0	(13:10)
16/04/20	10.1	(5:30)	17.3	(15:20)	29.0	(10:20)	75.0	(22:30)	1022.2	(19:10)	1025.0	(8:20)	7.2	(16:20)	886.0	(13:00)
17/04/20	12.2	(6:20)	20.6	(16:00)	44.0	(16:20)	84.0	(23:30)	1019.2	(18:40)	1023.1	(0:30)	5.8	(13:30)	835.0	(13:00)
18/04/20	14.8	(1:20)	19.6	(16:10)	71.0	(16:20)	88.0	(1:40)	1017.5	(18:50)	1020.7	(10:10)	6.3	(13:40)	930.0	(13:30)
19/04/20	15.9	(2:20)	21.9	(14:40)	44.0	(15:20)	91.0	(7:50)	1011.7	(23:20)	1018.4	(00:00)	5.4	(15:00)	854.0	(13:10)
20/04/20	15.2	(18:30)	20.3	(14:20)	67.0	(00:00)	94.0	(19:40)	1006.7	(21:00)	1012.7	(0:20)	7.6	(7:40)	218.0	(13:50)
21/04/20	14.4	(22:50)	18.5	(12:40)	71.0	(17:00)	94.0	(00:00)	1004.7	(3:10)	1009.9	(23:50)	6.7	(1:30)	608.0	(12:30)
22/04/20	14.3	(23:10)	17.2	(12:50)	86.0	(13:00)	94.0	(18:10)	1009.9	(00:00)	1014.1	(22:20)	4.5	(10:50)	267.0	(12:00)
23/04/20	14.1	(0:20)	20.2	(16:10)	49.0	(16:10)	92.0	(00:00)	1013.7	(2:40)	1017.9	(23:30)	8.5	(14:20)	1062.0	(14:20)
24/04/20	13.2	(5:50)	21.3	(15:30)	44.0	(14:30)	78.0	(23:50)	1014.1	(18:20)	1017.7	(00:00)	6.3	(14:10)	879.0	(13:10)
25/04/20	14.4	(6:40)	18.3	(15:20)	75.0	(15:30)	89.0	(6:10)	1012.2	(18:20)	1015.5	(00:00)	6.7	(13:10)	1088.0	(13:30)
26/04/20	14.1	(5:40)	19.9	(16:20)	47.0	(16:00)	88.0	(6:00)	1010.9	(6:30)	1014.1	(23:50)	7.6	(13:10)	898.0	(12:20)
27/04/20	14.0	(6:10)	20.1	(15:00)	60.0	(00:00)	88.0	(23:10)	1014.0	(1:50)	1016.4	(22:20)	6.3	(12:10)	879.0	(13:10)
28/04/20	15.8	(4:10)	18.3	(13:40)	83.0	(6:50)	93.0	(21:00)	1014.7	(23:50)	1017.1	(10:50)	8.9	(20:20)	751.0	(14:30)
29/04/20	16.3	(1:10)	20.0	(12:30)	64.0	(12:40)	95.0	(7:10)	1013.1	(5:20)	1014.9	(0:50)	11.6	(13:30)	1100.0	(13:50)
30/04/20	15.9	(6:10)	20.1	(16:10)	62.0	(16:30)	88.0	(00:00)	1013.4	(5:20)	1016.6	(22:00)	7.6	(13:30)	942.0	(12:50)



MAGGIO 2020

(medie giornaliere)

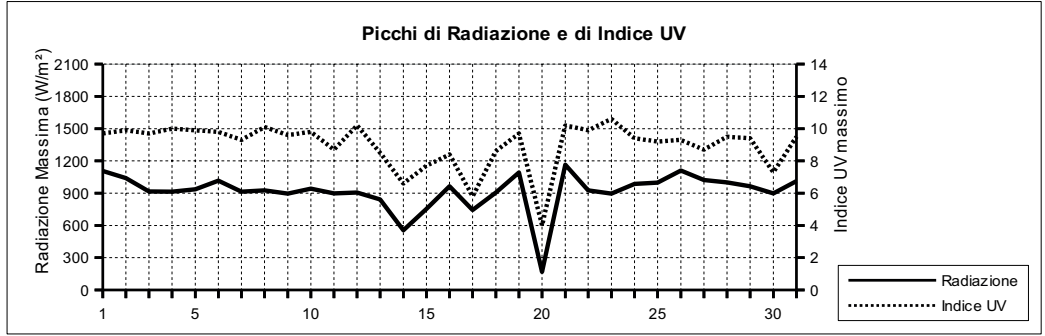
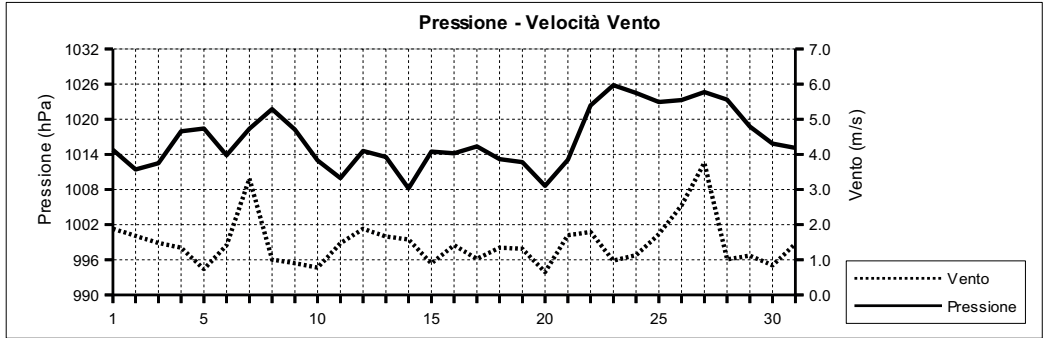
Data	Temperatura °C	Umidità %	Pressione hPa	Vento m/s	direzione	Rad. Solare W/m²	durata	Pioggia mm	Indice UV medio	max	(ore)
01/05/20	17.6	82.2	1014.8	1.9	S	251.7	13:40	0.0	5.2	9.7	(13:00)
02/05/20	18.6	82.9	1011.4	1.7	S	364.3	13:50	0.0	5.5	9.9	(13:20)
03/05/20	18.4	80.4	1012.5	1.5	S	442.4	14:00	0.0	6.5	9.7	(12:30)
04/05/20	19.6	44.0	1018.0	1.3	NE	521.6	14:20	0.0	6.5	10.0	(12:50)
05/05/20	18.4	73.4	1018.4	0.7	S	497.7	14:10	0.0	6.5	9.9	(12:50)
06/05/20	19.9	66.4	1013.8	1.4	--	470.3	14:10	0.0	6.1	9.8	(12:50)
07/05/20	19.3	44.5	1018.4	3.3	NE	524.9	14:20	0.0	6.1	9.3	(12:30)
08/05/20	19.3	44.9	1021.7	1.0	--	517.4	14:20	0.0	6.2	10.1	(13:00)
09/05/20	18.8	69.1	1018.2	0.9	S	503.1	14:20	0.0	6.2	9.6	(12:50)
10/05/20	20.6	56.7	1013.0	0.8	SW	306.0	14:10	0.0	5.3	9.8	(13:20)
11/05/20	19.5	75.6	1009.9	1.5	SW	248.1	14:20	0.0	5.0	8.7	(11:30)
12/05/20	19.7	82.6	1014.6	1.9	S	514.7	14:20	0.0	6.4	10.2	(13:50)
13/05/20	22.2	59.9	1013.6	1.7	--	308.9	14:00	0.0	5.0	8.5	(12:00)
14/05/20	25.9	45.3	1008.2	1.6	SW	235.7	14:30	0.0	4.3	6.6	(13:00)
15/05/20	22.0	63.0	1014.5	0.9	SW	199.2	14:10	0.0	4.5	7.7	(12:10)
16/05/20	26.3	42.7	1014.2	1.4	NW	350.0	14:20	0.0	5.0	8.4	(12:30)
17/05/20	26.0	47.6	1015.4	1.0	NW	180.0	14:10	0.0	3.8	5.8	(10:20)
18/05/20	27.6	43.4	1013.2	1.3	NW	402.5	14:40	0.0	5.0	8.6	(13:10)
19/05/20	20.6	80.2	1012.7	1.3	S	412.1	14:20	0.0	5.8	9.7	(12:50)
20/05/20	17.8	87.2	1008.6	0.7	NW	78.1	13:50	13.9	3.0	4.0	(15:20)
21/05/20	21.1	60.6	1013.1	1.7	NE	460.3	14:40	0.3	6.0	10.2	(12:00)
22/05/20	21.9	45.5	1022.4	1.8	NE	511.2	14:40	0.0	6.1	9.9	(12:40)
23/05/20	20.7	76.3	1025.8	1.0	SE	504.2	14:50	0.0	6.1	10.6	(12:50)
24/05/20	20.6	79.5	1024.5	1.1	SE	481.8	14:50	0.0	5.8	9.4	(11:40)
25/05/20	23.0	43.1	1022.9	1.7	NE	496.6	14:50	0.0	5.9	9.2	(13:40)
26/05/20	21.4	38.3	1023.3	2.5	NE	473.6	14:40	0.0	5.8	9.3	(13:40)
27/05/20	20.2	43.4	1024.6	3.8	NE	507.8	15:00	0.0	5.6	8.7	(13:10)
28/05/20	20.1	48.4	1023.3	1.0	NW	470.7	15:00	0.0	5.7	9.5	(12:40)
29/05/20	20.0	60.8	1018.7	1.1	--	409.6	14:40	0.0	5.5	9.4	(13:10)
30/05/20	16.7	74.3	1015.9	0.8	NW	168.4	14:30	4.0	4.4	7.3	(11:00)
31/05/20	18.2	67.2	1015.1	1.5	NW	479.7	15:00	1.3	6.1	9.5	(13:50)



MAGGIO 2020

(estremi giornalieri)

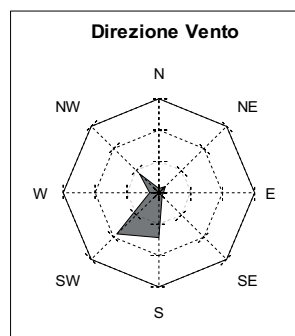
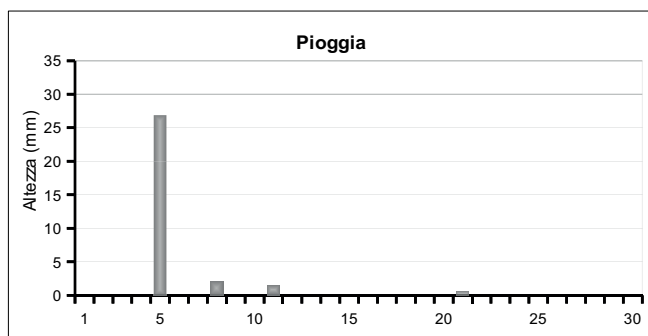
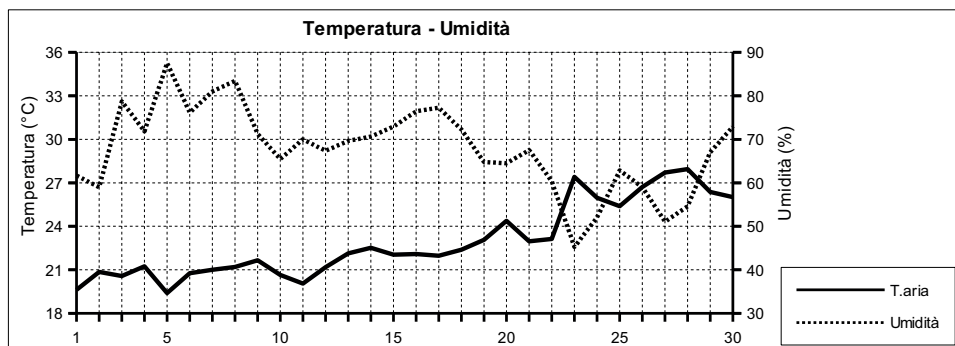
Data	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/05/20	16.2	(3:30)	20.2	(15:30)	65.0	(15:30)	89.0	(22:30)	1014.1	(5:40)	1016.5	(00:00)	8.5	(13:20)	1106.0	(12:20)
02/05/20	17.1	(00:00)	21.3	(14:20)	70.0	(11:40)	93.0	(5:20)	1009.9	(17:20)	1014.4	(00:00)	8.9	(3:20)	1039.0	(13:20)
03/05/20	16.8	(6:30)	20.6	(17:10)	51.0	(23:40)	89.0	(00:00)	1010.6	(5:40)	1016.2	(23:50)	8.0	(14:30)	916.0	(12:50)
04/05/20	15.3	(6:10)	24.3	(15:30)	28.0	(15:20)	65.0	(23:50)	1016.1	(0:40)	1019.2	(10:50)	8.0	(12:10)	914.0	(13:20)
05/05/20	16.2	(5:10)	20.7	(11:40)	62.0	(10:40)	87.0	(23:50)	1017.1	(23:30)	1019.4	(12:30)	6.3	(15:00)	935.0	(13:00)
06/05/20	16.3	(7:10)	24.2	(16:40)	37.0	(10:20)	87.0	(00:00)	1011.5	(18:50)	1017.3	(00:00)	11.6	(23:30)	1016.0	(12:10)
07/05/20	16.1	(5:40)	22.9	(16:20)	33.0	(15:40)	68.0	(0:20)	1014.5	(00:00)	1022.1	(23:50)	12.1	(6:30)	914.0	(12:40)
08/05/20	15.1	(6:10)	22.1	(12:20)	31.0	(9:30)	70.0	(23:00)	1020.4	(19:00)	1022.9	(10:00)	7.2	(14:20)	925.0	(13:40)
09/05/20	15.4	(6:00)	22.6	(14:50)	45.0	(11:40)	81.0	(3:30)	1015.6	(18:10)	1020.8	(00:00)	5.8	(13:20)	895.0	(12:50)
10/05/20	17.6	(3:50)	25.3	(14:40)	31.0	(14:30)	81.0	(2:20)	1009.5	(23:30)	1015.9	(0:10)	5.4	(14:50)	942.0	(13:30)
11/05/20	18.2	(23:00)	21.2	(1:00)	40.0	(0:50)	90.0	(15:10)	1008.1	(8:20)	1012.7	(23:10)	8.9	(10:10)	898.0	(11:40)
12/05/20	17.8	(1:50)	22.4	(13:20)	64.0	(18:20)	93.0	(6:50)	1011.8	(1:40)	1017.5	(22:10)	8.5	(3:00)	907.0	(13:10)
13/05/20	17.3	(5:20)	27.3	(12:30)	33.0	(11:40)	86.0	(00:00)	1010.3	(17:50)	1017.2	(00:00)	13.9	(18:00)	842.0	(12:30)
14/05/20	21.0	(2:10)	28.3	(8:10)	30.0	(8:10)	74.0	(2:10)	1005.7	(7:40)	1013.5	(0:20)	11.6	(0:20)	555.0	(13:00)
15/05/20	19.8	(20:10)	24.9	(00:00)	43.0	(12:50)	86.0	(6:40)	1009.3	(0:10)	1018.1	(22:50)	7.6	(0:10)	754.0	(15:30)
16/05/20	19.2	(6:00)	34.6	(16:20)	25.0	(12:40)	67.0	(1:00)	1011.2	(18:50)	1017.9	(1:20)	7.6	(11:50)	963.0	(12:30)
17/05/20	23.8	(6:40)	28.8	(15:20)	39.0	(10:20)	54.0	(1:40)	1012.6	(1:20)	1018.0	(21:50)	9.4	(16:30)	744.0	(10:20)
18/05/20	23.7	(23:50)	32.7	(15:40)	31.0	(12:30)	62.0	(23:50)	1010.0	(18:20)	1016.9	(00:00)	8.0	(21:30)	905.0	(15:00)
19/05/20	18.8	(23:40)	23.6	(00:00)	62.0	(00:00)	87.0	(7:50)	1010.4	(23:50)	1015.3	(9:20)	9.4	(0:50)	1092.0	(12:40)
20/05/20	17.0	(10:10)	18.7	(00:00)	83.0	(0:20)	90.0	(9:40)	1007.7	(5:30)	1010.5	(0:30)	6.3	(16:50)	169.0	(13:20)
21/05/20	17.4	(6:30)	25.8	(18:10)	35.0	(14:50)	86.0	(5:40)	1009.7	(1:00)	1019.1	(23:50)	11.6	(14:20)	1165.0	(11:50)
22/05/20	17.8	(5:30)	27.3	(16:30)	30.0	(14:20)	72.0	(23:40)	1019.2	(00:00)	1025.7	(22:30)	10.3	(9:30)	926.0	(13:00)
23/05/20	18.1	(5:30)	24.0	(17:30)	60.0	(17:20)	87.0	(23:40)	1025.0	(18:50)	1027.0	(12:20)	7.6	(13:30)	896.0	(13:00)
24/05/20	18.7	(5:50)	23.2	(15:20)	58.0	(16:10)	90.0	(1:50)	1023.2	(18:00)	1025.9	(00:00)	5.8	(11:30)	986.0	(12:00)
25/05/20	19.6	(5:10)	26.7	(16:50)	24.0	(17:00)	69.0	(2:50)	1021.2	(18:40)	1024.0	(00:00)	8.9	(8:30)	997.0	(12:50)
26/05/20	18.3	(6:00)	24.6	(13:30)	32.0	(0:20)	46.0	(7:20)	1022.2	(17:00)	1024.8	(23:10)	11.6	(12:30)	1111.0	(13:50)
27/05/20	16.8	(6:00)	23.9	(17:10)	32.0	(17:30)	57.0	(6:20)	1023.8	(17:50)	1026.2	(23:20)	14.8	(9:10)	1021.0	(12:30)
28/05/20	16.3	(6:10)	23.1	(15:50)	36.0	(11:00)	65.0	(22:40)	1020.7	(23:50)	1026.3	(0:40)	8.0	(15:20)	1000.0	(13:00)
29/05/20	17.2	(6:10)	22.2	(12:30)	44.0	(12:00)	71.0	(6:10)	1016.8	(23:10)	1020.7	(00:00)	7.2	(12:40)	963.0	(13:30)
30/05/20	14.3	(4:20)	19.1	(17:50)	63.0	(00:00)	88.0	(4:50)	1014.4	(18:50)	1017.2	(3:20)	8.9	(2:30)	898.0	(16:30)
31/05/20	14.6	(5:30)	23.3	(15:30)	43.0	(13:30)	79.0	(18:10)	1013.9	(15:30)	1016.1	(22:00)	9.8	(16:30)	1011.0	(14:00)



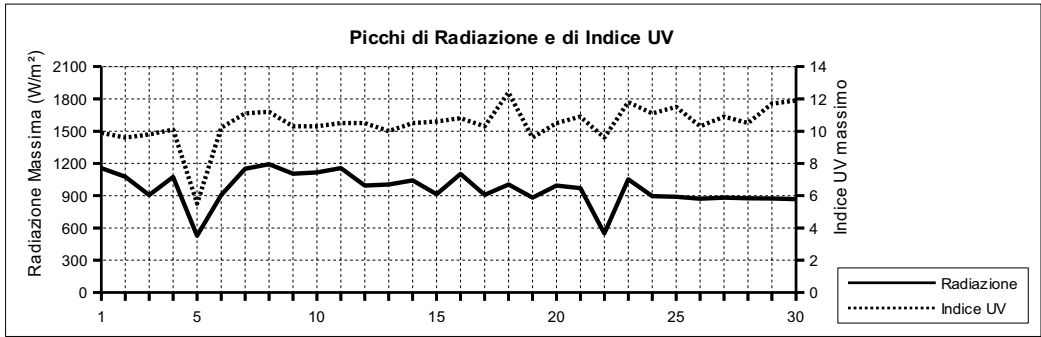
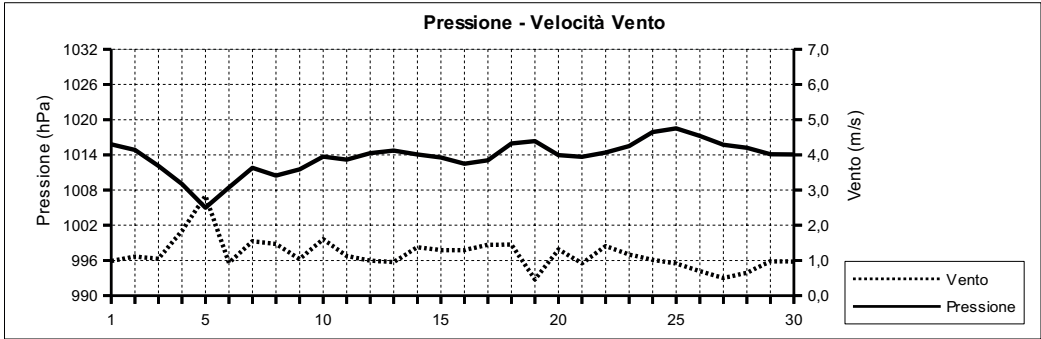
GIUGNO 2020

(medie giornaliere)

Data	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
	°C	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	(ore)
01/06/20	19.6	61.7	1015.8	1.0	NW	393.4	14:50	0.0	5.3	9.9	(13:10)
02/06/20	20.9	59.0	1014.9	1.1	NW	472.7	15:10	0.0	5.8	9.6	(13:40)
03/06/20	20.6	78.7	1012.1	1.0	S	515.6	15:00	0.0	6.4	9.8	(12:50)
04/06/20	21.2	71.8	1009.0	1.8	S	497.7	15:00	0.0	6.3	10.1	(12:00)
05/06/20	19.4	87.6	1005.0	2.8	S	92.9	14:50	26.9	3.6	5.5	(10:10)
06/06/20	20.8	76.1	1008.4	0.9	SW	511.5	15:10	0.0	6.5	10.2	(13:00)
07/06/20	21.0	81.0	1011.8	1.5	S	530.4	14:50	0.0	6.5	11.1	(13:20)
08/06/20	21.2	83.4	1010.5	1.5	S	352.9	15:00	2.0	6.2	11.2	(13:00)
09/06/20	21.7	71.2	1011.5	1.0	SW	493.5	15:10	0.0	6.5	10.3	(12:30)
10/06/20	20.6	65.5	1013.7	1.6	W	398.9	15:10	0.0	5.6	10.3	(13:40)
11/06/20	20.1	70.0	1013.2	1.1	SW	400.5	14:50	1.5	5.9	10.5	(13:10)
12/06/20	21.2	67.4	1014.3	1.0	SW	522.3	15:10	0.0	6.6	10.5	(12:40)
13/06/20	22.1	69.6	1014.7	1.0	SW	447.3	15:00	0.0	6.2	10.0	(13:20)
14/06/20	22.5	70.6	1014.1	1.4	SW	485.4	15:10	0.0	6.3	10.5	(12:40)
15/06/20	22.0	72.9	1013.6	1.3	SW	500.0	15:10	0.0	6.3	10.6	(13:20)
16/06/20	22.1	76.4	1012.5	1.3	SW	469.0	15:10	0.0	6.3	10.8	(13:00)
17/06/20	22.0	77.3	1013.1	1.4	SW	499.1	15:10	0.0	6.7	10.3	(12:50)
18/06/20	22.4	72.3	1015.9	1.4	SW	508.5	15:10	0.0	7.8	12.4	(13:10)
19/06/20	23.1	64.8	1016.4	0.5	NW	289.4	15:10	0.0	6.0	9.6	(14:50)
20/06/20	24.4	64.5	1014.0	1.3	NW	487.0	15:10	0.0	6.8	10.5	(12:30)
21/06/20	23.0	67.5	1013.6	0.9	—	460.9	14:40	0.6	6.8	10.9	(13:20)
22/06/20	23.1	60.3	1014.4	1.4	NW	169.7	15:10	0.0	5.2	9.6	(14:10)
23/06/20	27.4	45.3	1015.5	1.2	NE	477.0	15:00	0.0	7.2	11.8	(12:20)
24/06/20	26.0	52.1	1017.9	1.0	—	496.4	15:10	0.0	6.9	11.1	(12:50)
25/06/20	25.4	62.9	1018.5	0.9	S	490.7	15:10	0.0	6.9	11.5	(13:40)
26/06/20	26.7	59.0	1017.2	0.7	SW	487.7	15:10	0.0	6.4	10.3	(12:50)
27/06/20	27.7	51.1	1015.7	0.5	S	490.6	15:10	0.0	6.6	10.9	(13:20)
28/06/20	28.0	54.6	1015.2	0.6	S	489.9	15:10	0.0	6.7	10.5	(13:10)
29/06/20	26.4	67.0	1014.1	1.0	SW	485.5	15:10	0.0	7.1	11.7	(12:50)
30/06/20	26.0	72.9	1014.1	1.0	S	481.9	15:10	0.0	7.7	11.9	(12:50)



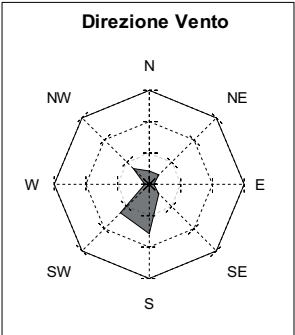
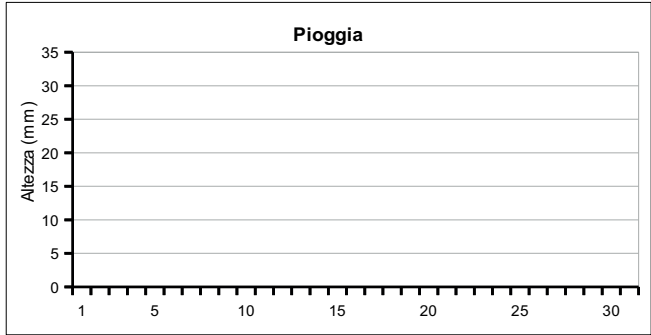
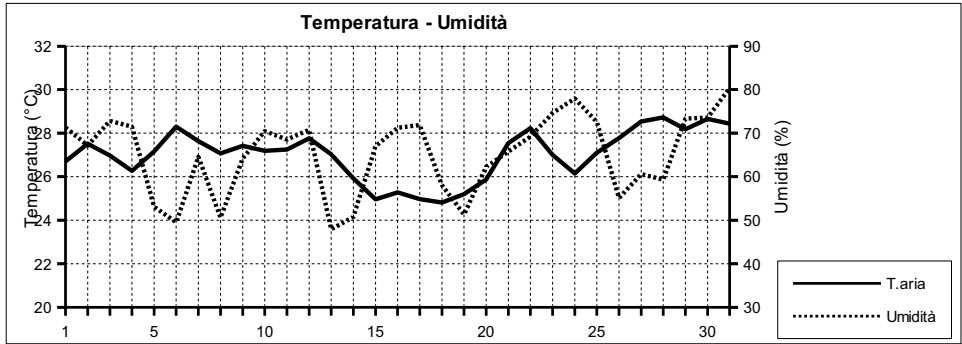
Data	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/06/20	16.3	(5:50)	23.0	(17:40)	42.0	(10:20)	78.0	(0:50)	1015.2	(19:30)	1016.6	(23:50)	7.2	(10:30)	1157.0	(14:10)
02/06/20	17.2	(5:10)	24.8	(14:00)	44.0	(16:10)	78.0	(23:50)	1012.9	(19:40)	1017.3	(1:10)	9.4	(16:20)	1076.0	(12:50)
03/06/20	18.2	(5:30)	23.2	(15:40)	64.0	(15:30)	87.0	(4:30)	1011.2	(17:50)	1013.2	(00:00)	7.6	(13:00)	905.0	(12:40)
04/06/20	18.9	(5:20)	23.6	(21:00)	50.0	(21:00)	86.0	(4:00)	1005.0	(23:40)	1011.7	(0:10)	10.7	(23:10)	1074.0	(12:00)
05/06/20	16.9	(14:50)	22.9	(00:00)	66.0	(00:00)	93.0	(15:40)	1003.8	(9:30)	1005.9	(22:00)	17.0	(10:00)	527.0	(17:30)
06/06/20	16.6	(5:50)	24.9	(15:00)	58.0	(18:30)	91.0	(5:40)	1005.6	(0:30)	1011.7	(23:50)	8.9	(16:20)	907.0	(13:30)
07/06/20	19.4	(5:10)	22.9	(17:00)	69.0	(21:10)	88.0	(4:20)	1010.3	(20:10)	1013.4	(12:10)	6.7	(12:10)	1151.0	(11:40)
08/06/20	19.7	(22:30)	22.6	(13:10)	78.0	(13:50)	90.0	(22:30)	1009.4	(18:50)	1011.5	(1:30)	8.9	(8:50)	1192.0	(13:00)
09/06/20	19.4	(3:30)	24.6	(13:50)	50.0	(10:40)	91.0	(2:10)	1010.2	(4:20)	1013.5	(22:30)	7.6	(16:00)	1104.0	(11:50)
10/06/20	18.9	(22:20)	22.9	(14:40)	55.0	(14:40)	74.0	(21:50)	1013.0	(3:50)	1014.5	(13:40)	9.8	(15:50)	1116.0	(13:20)
11/06/20	16.9	(6:50)	22.1	(14:00)	56.0	(18:00)	84.0	(6:30)	1012.0	(6:20)	1014.2	(23:40)	11.2	(6:40)	1157.0	(13:10)
12/06/20	17.9	(5:40)	24.3	(18:40)	52.0	(19:00)	79.0	(5:40)	1013.5	(3:10)	1015.0	(11:00)	7.2	(14:40)	993.0	(11:50)
13/06/20	18.9	(5:30)	27.7	(12:30)	41.0	(12:20)	84.0	(21:20)	1013.4	(11:20)	1016.4	(8:10)	9.8	(13:20)	1005.0	(13:20)
14/06/20	20.6	(5:50)	25.3	(14:30)	53.0	(18:00)	85.0	(3:20)	1013.2	(17:50)	1014.5	(8:50)	9.4	(17:50)	1042.0	(13:00)
15/06/20	19.8	(6:20)	24.8	(18:10)	58.0	(17:40)	82.0	(22:00)	1012.8	(17:30)	1014.4	(00:00)	8.0	(14:50)	914.0	(10:50)
16/06/20	20.1	(6:40)	24.4	(18:50)	64.0	(18:00)	85.0	(6:00)	1011.8	(16:00)	1013.6	(00:00)	8.5	(12:40)	1102.0	(14:30)
17/06/20	20.3	(5:20)	24.4	(16:50)	60.0	(18:30)	87.0	(4:20)	1011.7	(4:30)	1015.3	(23:20)	8.5	(17:40)	909.0	(14:10)
18/06/20	20.1	(5:30)	24.5	(17:00)	61.0	(14:40)	82.0	(5:10)	1014.3	(4:30)	1017.0	(23:30)	7.6	(1:10)	1004.0	(13:10)
19/06/20	19.9	(5:00)	26.8	(17:50)	46.0	(18:00)	77.0	(12:20)	1014.4	(19:20)	1017.9	(12:30)	6.3	(12:30)	882.0	(15:00)
20/06/20	20.9	(5:00)	28.0	(13:50)	44.0	(16:40)	84.0	(4:10)	1013.0	(17:30)	1015.8	(00:00)	11.2	(16:20)	993.0	(12:40)
21/06/20	20.2	(21:40)	26.7	(15:30)	52.0	(9:50)	83.0	(21:40)	1012.5	(15:20)	1014.2	(0:30)	11.6	(16:20)	969.0	(12:40)
22/06/20	20.3	(3:30)	27.2	(18:10)	45.0	(18:20)	77.0	(00:00)	1013.2	(5:00)	1015.4	(23:10)	8.9	(18:20)	550.0	(17:30)
23/06/20	23.2	(7:00)	31.7	(16:20)	34.0	(19:30)	64.0	(6:50)	1014.7	(16:10)	1017.5	(23:30)	8.0	(11:40)	1053.0	(12:10)
24/06/20	23.5	(23:10)	28.9	(17:50)	38.0	(9:30)	77.0	(20:10)	1017.1	(3:00)	1019.0	(22:20)	6.7	(15:50)	896.0	(13:10)
25/06/20	22.3	(6:00)	28.3	(15:40)	49.0	(11:50)	75.0	(17:00)	1017.5	(18:50)	1019.4	(13:00)	6.7	(13:40)	889.0	(13:10)
26/06/20	22.6	(5:20)	31.3	(16:00)	31.0	(16:50)	78.0	(22:00)	1015.7	(19:10)	1018.6	(00:00)	6.7	(15:40)	872.0	(13:40)
27/06/20	23.1	(5:40)	33.1	(17:10)	31.0	(17:40)	74.0	(22:40)	1014.3	(19:40)	1016.9	(9:00)	5.8	(15:10)	882.0	(13:00)
28/06/20	24.2	(5:50)	32.3	(18:40)	37.0	(16:10)	74.0	(22:20)	1014.1	(20:30)	1016.2	(11:30)	6.3	(14:40)	875.0	(13:00)
29/06/20	23.6	(5:30)	30.4	(15:50)	44.0	(16:20)	84.0	(10:00)	1012.9	(18:10)	1015.1	(0:40)	6.7	(14:20)	874.0	(13:20)
30/06/20	23.3	(5:50)	29.7	(15:50)	57.0	(17:10)	83.0	(5:10)	1013.3	(19:30)	1014.9	(10:00)	6.7	(13:00)	868.0	(13:00)



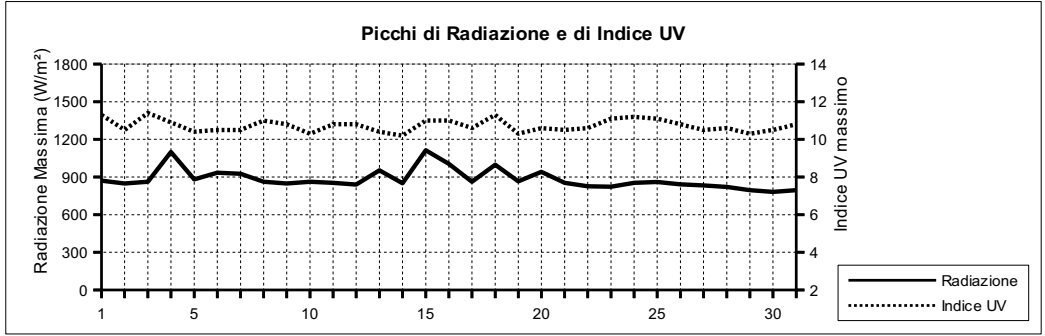
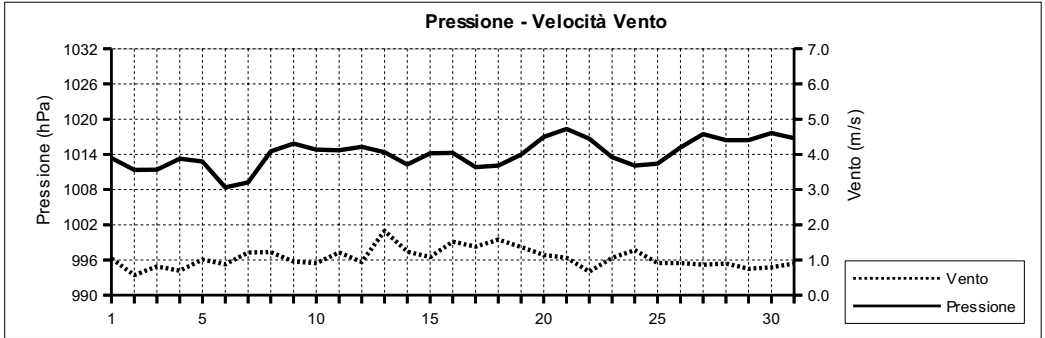
LUGLIO 2020

(medie giornaliere)

Data	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
	°C	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	(ore)
01/07/20	26.7	71.3	1013.4	1.0	S	479.2	15:10	0.0	7.4	11.3	(13:20)
02/07/20	27.5	67.2	1011.3	0.6	S	470.0	15:10	0.0	7.1	10.5	(13:00)
03/07/20	27.0	72.8	1011.4	0.8	S	472.5	15:10	0.0	7.5	11.4	(13:00)
04/07/20	26.3	71.5	1013.3	0.7	NE	270.6	15:20	0.0	5.8	10.9	(13:10)
05/07/20	27.2	53.1	1012.8	1.0	NW	465.7	15:10	0.0	6.5	10.4	(13:00)
06/07/20	28.3	49.5	1008.4	0.9	NW	472.2	15:10	0.0	6.8	10.5	(13:20)
07/07/20	27.6	64.6	1009.2	1.2	SE	459.2	15:00	0.0	6.8	10.5	(12:50)
08/07/20	27.1	50.6	1014.5	1.2	N	478.4	15:00	0.0	6.8	11.0	(13:00)
09/07/20	27.4	64.2	1015.8	1.0	SW	466.8	15:00	0.0	6.9	10.8	(13:10)
10/07/20	27.2	70.5	1014.8	0.9	S	471.4	15:00	0.0	7.0	10.3	(13:20)
11/07/20	27.3	68.5	1014.7	1.2	SW	469.8	15:00	0.0	7.1	10.8	(12:50)
12/07/20	27.8	70.8	1015.3	0.9	--	460.8	14:50	0.0	7.1	10.8	(13:40)
13/07/20	27.0	47.9	1014.4	1.8	NE	412.4	15:00	0.0	6.2	10.4	(12:40)
14/07/20	25.9	50.8	1012.3	1.2	--	468.3	15:00	0.0	6.6	10.2	(12:50)
15/07/20	25.0	67.0	1014.2	1.1	SW	438.5	15:00	0.0	6.8	11.0	(13:30)
16/07/20	25.3	71.2	1014.2	1.5	SW	451.0	15:00	0.0	7.1	11.0	(13:20)
17/07/20	25.0	71.9	1011.8	1.4	--	466.7	14:40	0.0	7.1	10.6	(12:20)
18/07/20	24.8	58.1	1012.1	1.6	N	461.5	14:50	0.0	7.0	11.3	(13:00)
19/07/20	25.2	51.3	1014.0	1.4	NW	470.2	14:40	0.0	6.7	10.3	(12:40)
20/07/20	25.9	62.3	1017.0	1.1	SW	453.0	14:40	0.0	6.9	10.6	(12:50)
21/07/20	27.5	65.8	1018.3	1.1	SW	465.0	14:40	0.0	6.6	10.5	(12:40)
22/07/20	28.2	69.2	1016.7	0.7	S	459.3	14:40	0.0	7.1	10.6	(13:10)
23/07/20	27.0	74.7	1013.5	1.1	S	453.9	14:40	0.0	7.6	11.1	(13:20)
24/07/20	26.1	78.0	1012.1	1.3	S	436.3	14:40	0.0	7.9	11.2	(12:50)
25/07/20	27.1	72.6	1012.4	0.9	S	465.1	14:40	0.0	7.5	11.1	(12:50)
26/07/20	27.8	55.1	1015.2	0.9	NW	464.6	14:40	0.0	7.1	10.8	(13:20)
27/07/20	28.5	60.6	1017.4	0.9	SW	447.3	14:40	0.0	7.0	10.5	(13:50)
28/07/20	28.7	59.3	1016.4	0.9	SW	450.4	14:40	0.0	7.2	10.6	(13:30)
29/07/20	28.2	73.4	1016.4	0.7	S	440.2	14:30	0.0	7.1	10.3	(12:30)
30/07/20	28.7	73.6	1017.6	0.8	SE	437.0	14:20	0.0	7.3	10.5	(13:00)
31/07/20	28.4	80.4	1016.7	0.9	S	441.2	14:20	0.0	7.4	10.8	(13:20)

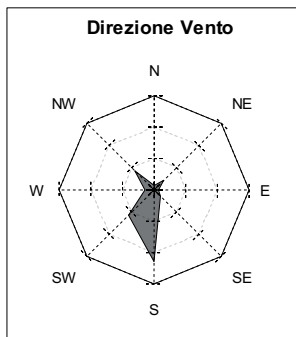
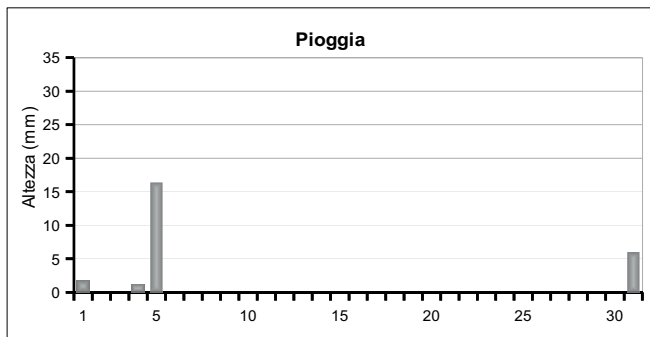
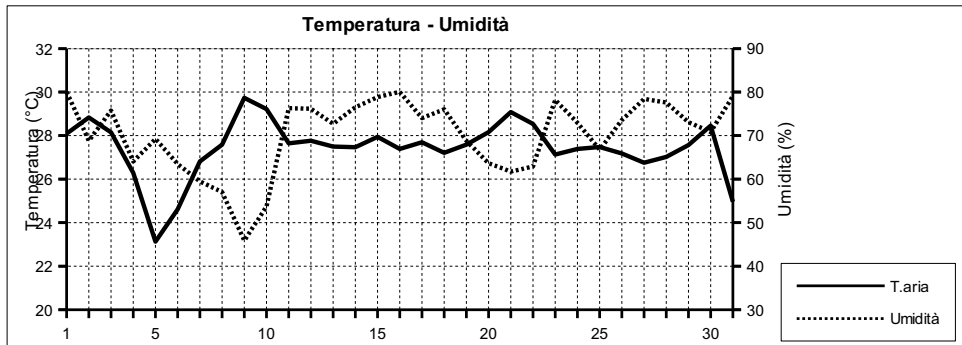


Data	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/07/20	24.2	(5:50)	30.1	(17:40)	50.0	(17:30)	84.0	(6:00)	1012.1	(20:30)	1014.2	(00:00)	7.2	(12:50)	870.0	(13:20)
02/07/20	24.3	(5:50)	32.8	(18:10)	38.0	(17:40)	79.0	(20:40)	1009.7	(17:50)	1013.0	(00:00)	6.3	(16:10)	849.0	(14:00)
03/07/20	24.7	(6:00)	30.0	(14:30)	59.0	(14:10)	82.0	(23:40)	1010.4	(4:30)	1013.4	(23:40)	6.7	(14:30)	863.0	(13:20)
04/07/20	24.4	(11:10)	29.2	(13:40)	47.0	(19:50)	87.0	(2:40)	1012.0	(19:20)	1014.4	(11:30)	8.5	(16:30)	1100.0	(11:50)
05/07/20	23.2	(6:00)	32.3	(15:40)	40.0	(15:20)	65.0	(5:40)	1010.8	(18:30)	1014.5	(0:20)	8.5	(18:00)	881.0	(14:50)
06/07/20	24.1	(5:40)	32.4	(16:10)	39.0	(14:00)	61.0	(00:00)	1005.9	(18:40)	1011.9	(00:00)	9.4	(18:30)	935.0	(14:00)
07/07/20	24.7	(5:50)	31.6	(17:30)	43.0	(17:50)	85.0	(5:40)	1006.7	(2:20)	1013.4	(23:50)	8.9	(20:00)	926.0	(13:30)
08/07/20	23.7	(5:50)	30.4	(17:20)	44.0	(10:00)	58.0	(23:40)	1013.1	(3:00)	1016.0	(23:50)	7.2	(0:10)	863.0	(13:30)
09/07/20	24.6	(6:20)	32.1	(16:30)	43.0	(18:50)	77.0	(6:10)	1014.8	(19:10)	1016.8	(10:50)	7.2	(17:00)	849.0	(13:10)
10/07/20	24.8	(4:50)	30.7	(18:40)	50.0	(19:30)	82.0	(6:20)	1013.7	(17:50)	1015.9	(00:00)	7.2	(14:50)	863.0	(13:20)
11/07/20	24.6	(4:50)	31.7	(15:00)	41.0	(14:50)	84.0	(7:40)	1014.1	(3:30)	1015.4	(22:50)	7.6	(15:20)	853.0	(13:40)
12/07/20	24.7	(5:10)	31.8	(18:20)	53.0	(16:30)	84.0	(2:40)	1014.3	(3:40)	1016.5	(22:20)	7.2	(22:30)	840.0	(13:50)
13/07/20	24.2	(6:00)	30.7	(15:10)	38.0	(19:00)	59.0	(00:00)	1012.1	(18:10)	1016.0	(00:00)	9.8	(8:50)	953.0	(14:20)
14/07/20	23.1	(5:40)	29.0	(17:10)	40.0	(9:30)	71.0	(20:00)	1011.2	(17:10)	1013.4	(23:30)	8.9	(14:10)	851.0	(13:30)
15/07/20	22.5	(6:00)	27.2	(14:40)	57.0	(19:50)	72.0	(6:10)	1012.8	(4:00)	1015.4	(23:40)	7.6	(12:50)	1113.0	(13:50)
16/07/20	23.5	(5:20)	28.0	(12:30)	53.0	(12:10)	78.0	(10:40)	1013.2	(17:30)	1015.4	(00:00)	8.5	(14:30)	1004.0	(13:20)
17/07/20	22.6	(23:30)	27.6	(12:50)	61.0	(18:50)	79.0	(6:20)	1010.7	(15:40)	1013.6	(00:00)	9.4	(19:20)	863.0	(12:00)
18/07/20	22.5	(2:00)	28.4	(16:30)	46.0	(15:10)	74.0	(0:50)	1011.2	(15:40)	1013.7	(23:50)	12.1	(17:10)	998.0	(13:00)
19/07/20	21.8	(6:00)	29.2	(16:20)	33.0	(13:40)	71.0	(23:50)	1012.9	(4:10)	1015.9	(23:40)	8.9	(17:30)	865.0	(13:20)
20/07/20	22.7	(4:10)	30.2	(16:10)	43.0	(16:30)	75.0	(23:50)	1015.7	(3:40)	1019.0	(23:50)	8.5	(17:40)	942.0	(13:40)
21/07/20	23.6	(6:20)	32.7	(15:20)	39.0	(19:30)	82.0	(23:30)	1016.9	(18:10)	1019.4	(11:10)	8.5	(17:50)	853.0	(13:20)
22/07/20	24.9	(6:00)	33.7	(17:30)	39.0	(17:20)	83.0	(4:40)	1014.5	(20:00)	1018.1	(0:20)	6.7	(13:30)	826.0	(13:00)
23/07/20	24.8	(5:30)	29.8	(19:30)	47.0	(23:00)	86.0	(2:00)	1011.9	(20:10)	1015.3	(00:00)	8.0	(13:40)	823.0	(13:10)
24/07/20	23.8	(6:20)	28.2	(14:00)	54.0	(00:00)	86.0	(21:40)	1011.4	(18:30)	1012.8	(12:50)	7.2	(13:40)	853.0	(15:20)
25/07/20	25.3	(6:10)	29.9	(17:00)	50.0	(18:50)	86.0	(00:00)	1011.6	(5:20)	1014.2	(23:50)	8.0	(12:50)	861.0	(14:20)
26/07/20	24.1	(6:00)	31.5	(15:00)	37.0	(11:10)	70.0	(23:00)	1013.9	(1:10)	1017.2	(23:40)	8.9	(17:00)	842.0	(13:10)
27/07/20	24.6	(5:50)	33.4	(16:30)	38.0	(17:40)	78.0	(5:00)	1016.5	(17:50)	1018.5	(10:00)	7.2	(16:40)	833.0	(13:40)
28/07/20	25.5	(6:00)	33.9	(16:30)	36.0	(18:30)	73.0	(13:50)	1015.2	(18:30)	1017.5	(00:00)	6.7	(15:00)	821.0	(13:10)
29/07/20	24.7	(6:10)	33.8	(17:10)	46.0	(17:30)	86.0	(5:30)	1015.6	(3:10)	1017.5	(11:10)	6.3	(13:50)	796.0	(13:10)
30/07/20	26.2	(4:20)	33.1	(17:50)	59.0	(00:00)	89.0	(22:30)	1016.6	(18:00)	1018.9	(11:20)	6.3	(12:50)	782.0	(13:00)
31/07/20	26.2	(3:50)	32.2	(16:50)	61.0	(17:10)	89.0	(00:00)	1015.1	(17:30)	1018.0	(0:10)	6.3	(14:40)	795.0	(13:00)



AGOSTO 2020**(medie giornaliere)**

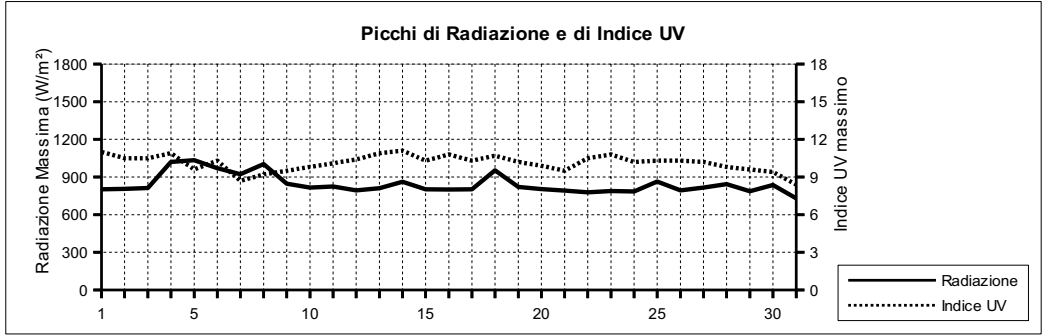
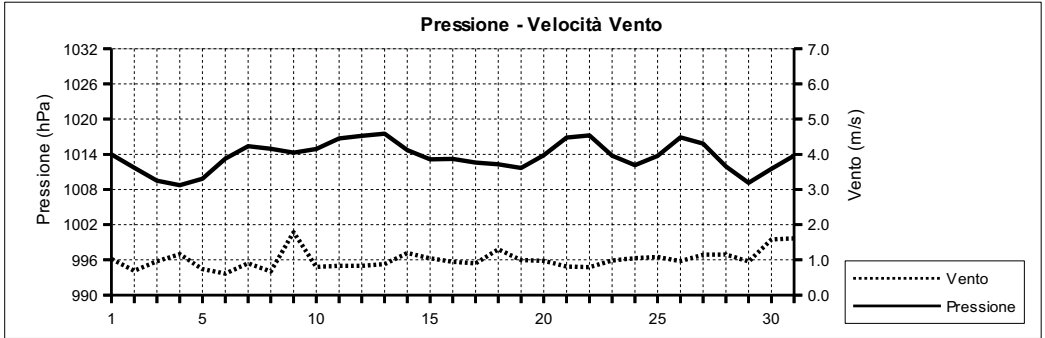
Data	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
	°C	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	(ore)
01/08/20	28.1	80.0	1014.0	1.0	S	435.4	13:50	1.8	7.9	11.0	(12:50)
02/08/20	28.8	68.8	1011.7	0.7	S	445.6	14:20	0.0	7.2	10.5	(12:20)
03/08/20	28.2	75.8	1009.5	1.0	S	433.0	14:20	0.0	7.2	10.5	(13:00)
04/08/20	26.3	64.1	1008.7	1.2	W	378.6	14:10	1.2	6.2	10.9	(13:10)
05/08/20	23.1	69.3	1009.8	0.7	NW	262.4	14:10	16.4	5.7	9.6	(13:50)
06/08/20	24.6	63.5	1013.2	0.6	NW	412.5	13:50	0.0	6.4	10.3	(12:50)
07/08/20	26.8	59.5	1015.4	0.9	NW	307.0	14:10	0.0	5.3	8.7	(15:00)
08/08/20	27.6	57.0	1014.9	0.7	NE	278.3	14:10	0.0	5.4	9.2	(12:50)
09/08/20	29.7	45.9	1014.3	1.8	NE	453.0	14:00	0.0	6.4	9.5	(13:00)
10/08/20	29.2	53.7	1014.9	0.8	SW	458.2	14:00	0.0	6.5	9.8	(12:40)
11/08/20	27.6	76.3	1016.7	0.8	S	453.7	14:00	0.0	6.4	10.1	(13:20)
12/08/20	27.8	76.2	1017.2	0.8	S	441.0	14:00	0.0	6.5	10.4	(13:30)
13/08/20	27.5	72.7	1017.5	0.9	S	448.9	13:50	0.0	6.7	10.9	(13:20)
14/08/20	27.5	76.5	1014.7	1.2	S	367.8	13:50	0.0	6.5	11.1	(12:50)
15/08/20	27.9	78.8	1013.1	1.0	SW	441.3	13:50	0.0	7.0	10.3	(12:20)
16/08/20	27.4	80.0	1013.2	0.9	SE	442.5	13:50	0.0	7.4	10.8	(12:50)
17/08/20	27.7	74.0	1012.6	0.9	SW	428.3	13:50	0.0	7.3	10.3	(12:40)
18/08/20	27.2	76.0	1012.3	1.3	SW	405.1	13:40	0.0	6.8	10.7	(13:00)
19/08/20	27.6	68.8	1011.7	1.0	SW	451.3	13:50	0.0	7.2	10.2	(13:10)
20/08/20	28.2	63.7	1013.8	1.0	SW	446.6	13:50	0.0	7.0	9.9	(13:00)
21/08/20	29.1	61.8	1016.8	0.8	S	449.7	13:30	0.0	6.8	9.5	(12:40)
22/08/20	28.5	62.9	1017.2	0.8	S	435.2	13:40	0.0	7.1	10.5	(13:00)
23/08/20	27.1	78.2	1013.8	1.0	S	444.0	13:30	0.0	7.3	10.8	(13:00)
24/08/20	27.4	73.0	1012.2	1.0	SW	409.0	13:20	0.0	7.0	10.2	(12:40)
25/08/20	27.5	66.8	1013.7	1.1	NW	443.7	13:30	0.0	6.9	10.3	(12:30)
26/08/20	27.2	73.6	1016.9	1.0	S	433.1	13:30	0.0	7.2	10.3	(13:00)
27/08/20	26.8	78.4	1015.8	1.1	S	436.2	13:30	0.0	7.3	10.2	(12:40)
28/08/20	27.0	77.6	1011.9	1.2	S	434.5	13:20	0.0	7.0	9.8	(13:20)
29/08/20	27.6	73.1	1009.1	1.0	S	435.2	13:20	0.0	6.7	9.6	(13:00)
30/08/20	28.5	70.8	1011.5	1.6	S	373.0	13:20	0.0	6.4	9.4	(13:20)
31/08/20	25.0	79.1	1013.8	1.6	NW	171.3	13:00	6.0	5.1	8.4	(12:00)



AGOSTO 2020

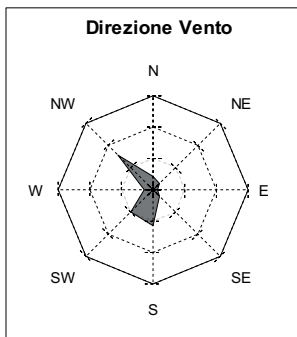
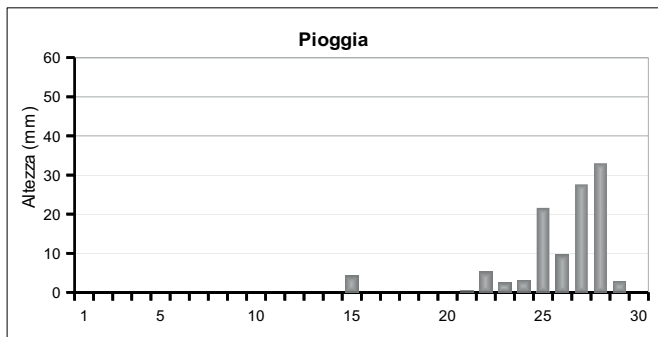
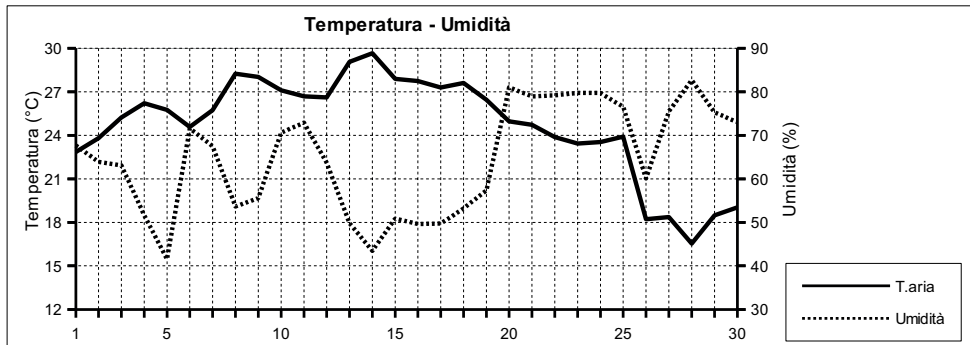
(estremi giornalieri)

Data	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/08/20	26.1	(7:20)	31.4	(16:40)	61.0	(20:30)	89.0	(4:40)	1011.9	(16:50)	1016.4	(00:00)	7.6	(20:20)	802.0	(13:20)
02/08/20	25.8	(6:10)	32.4	(18:20)	50.0	(20:40)	77.0	(12:00)	1010.6	(19:00)	1012.9	(0:20)	7.6	(15:10)	805.0	(13:20)
03/08/20	26.4	(4:00)	30.2	(12:20)	66.0	(00:00)	84.0	(20:50)	1007.2	(19:40)	1011.4	(0:20)	8.0	(15:30)	812.0	(13:10)
04/08/20	24.0	(23:50)	28.5	(14:00)	49.0	(17:00)	80.0	(7:10)	1007.5	(5:20)	1009.8	(22:30)	10.7	(3:30)	1020.0	(13:30)
05/08/20	19.3	(16:30)	27.2	(11:50)	50.0	(11:40)	83.0	(16:50)	1008.2	(5:50)	1012.3	(23:40)	11.6	(15:30)	1035.0	(13:50)
06/08/20	20.7	(3:30)	29.6	(14:50)	47.0	(14:30)	74.0	(3:20)	1011.8	(2:20)	1015.4	(23:50)	9.8	(16:00)	970.0	(13:10)
07/08/20	23.6	(6:30)	29.7	(17:30)	47.0	(11:40)	73.0	(6:20)	1014.7	(4:20)	1016.2	(22:00)	7.6	(17:20)	923.0	(15:00)
08/08/20	23.5	(6:20)	30.8	(12:00)	44.0	(11:30)	77.0	(4:40)	1013.9	(16:50)	1015.8	(00:00)	6.7	(12:20)	1004.0	(13:30)
09/08/20	25.4	(5:10)	34.8	(15:40)	33.0	(16:10)	55.0	(5:10)	1012.9	(17:30)	1015.3	(9:20)	10.3	(13:40)	847.0	(13:40)
10/08/20	25.4	(6:30)	33.9	(15:50)	36.0	(18:10)	81.0	(23:50)	1014.1	(16:40)	1016.2	(23:50)	6.7	(17:00)	817.0	(13:30)
11/08/20	25.2	(5:30)	29.9	(15:10)	60.0	(14:20)	85.0	(0:30)	1016.2	(0:40)	1017.5	(12:00)	7.2	(15:40)	824.0	(13:00)
12/08/20	24.9	(5:20)	31.5	(18:20)	50.0	(22:40)	92.0	(3:50)	1016.4	(3:40)	1018.0	(11:20)	6.7	(12:50)	793.0	(13:00)
13/08/20	25.2	(6:30)	29.8	(13:40)	56.0	(00:00)	82.0	(22:10)	1016.3	(19:20)	1018.4	(10:20)	7.2	(15:00)	810.0	(13:30)
14/08/20	24.8	(6:00)	30.8	(10:10)	49.0	(10:00)	88.0	(23:50)	1012.5	(19:20)	1017.2	(0:30)	9.4	(13:20)	863.0	(14:30)
15/08/20	25.9	(4:10)	30.8	(17:00)	69.0	(17:00)	90.0	(1:50)	1012.2	(16:50)	1013.9	(10:40)	8.0	(14:30)	802.0	(13:00)
16/08/20	25.6	(6:20)	29.7	(13:10)	71.0	(16:50)	87.0	(6:20)	1012.5	(4:30)	1014.2	(10:40)	8.0	(14:30)	800.0	(13:00)
17/08/20	24.9	(6:00)	30.3	(13:20)	55.0	(17:40)	86.0	(5:00)	1011.7	(18:00)	1013.7	(23:30)	6.7	(15:40)	802.0	(14:40)
18/08/20	25.5	(6:30)	30.0	(15:20)	61.0	(14:50)	85.0	(4:00)	1011.1	(18:50)	1013.8	(0:20)	9.8	(16:20)	954.0	(13:00)
19/08/20	25.2	(6:40)	30.4	(14:40)	49.0	(14:20)	83.0	(2:30)	1011.0	(16:20)	1012.5	(22:30)	9.4	(15:10)	821.0	(13:10)
20/08/20	24.8	(5:40)	32.0	(16:10)	49.0	(21:30)	73.0	(1:40)	1012.4	(3:50)	1015.6	(22:30)	7.6	(16:20)	803.0	(13:30)
21/08/20	25.8	(6:40)	33.7	(17:50)	41.0	(19:20)	71.0	(4:00)	1015.6	(00:00)	1018.3	(23:50)	6.7	(15:40)	791.0	(13:10)
22/08/20	25.8	(5:20)	32.6	(16:50)	35.0	(17:40)	79.0	(11:50)	1015.4	(19:20)	1018.4	(7:50)	6.7	(11:40)	779.0	(13:30)
23/08/20	24.5	(6:40)	30.3	(15:20)	65.0	(0:30)	86.0	(6:20)	1012.0	(19:00)	1015.6	(0:10)	7.2	(15:40)	789.0	(13:10)
24/08/20	25.7	(6:50)	30.3	(12:00)	52.0	(13:50)	87.0	(3:30)	1011.2	(18:30)	1013.0	(00:00)	7.6	(15:40)	784.0	(13:10)
25/08/20	24.4	(6:30)	31.3	(15:50)	50.0	(16:50)	80.0	(6:00)	1012.1	(4:10)	1016.6	(23:40)	8.0	(13:50)	865.0	(12:40)
26/08/20	25.1	(5:40)	29.8	(17:20)	59.0	(17:20)	84.0	(23:20)	1016.2	(2:40)	1017.9	(11:10)	7.6	(14:50)	793.0	(13:10)
27/08/20	24.9	(5:30)	29.4	(16:20)	69.0	(16:30)	84.0	(00:00)	1014.3	(23:50)	1017.3	(00:00)	7.6	(13:00)	817.0	(14:10)
28/08/20	25.2	(6:30)	29.3	(13:40)	71.0	(15:50)	84.0	(5:20)	1009.9	(19:20)	1014.3	(00:00)	7.6	(16:00)	844.0	(11:30)
29/08/20	24.1	(5:50)	31.2	(14:00)	53.0	(14:30)	85.0	(3:30)	1008.4	(14:20)	1010.0	(00:00)	9.4	(14:30)	786.0	(13:10)
30/08/20	26.4	(4:30)	30.7	(11:20)	55.0	(8:10)	88.0	(23:10)	1009.1	(3:40)	1014.6	(23:40)	9.8	(11:20)	837.0	(14:00)
31/08/20	19.4	(19:40)	29.8	(12:10)	57.0	(12:30)	91.0	(2:30)	1010.8	(15:10)	1014.9	(0:10)	19.2	(16:30)	731.0	(11:00)



SETTEMBRE 2020**(medie giornaliere)**

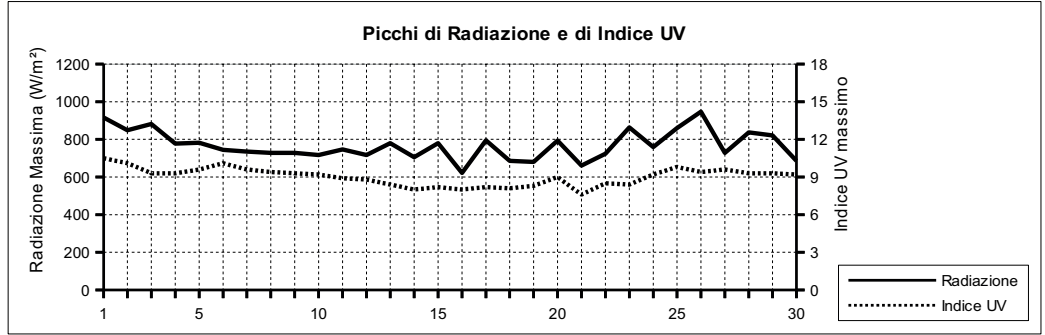
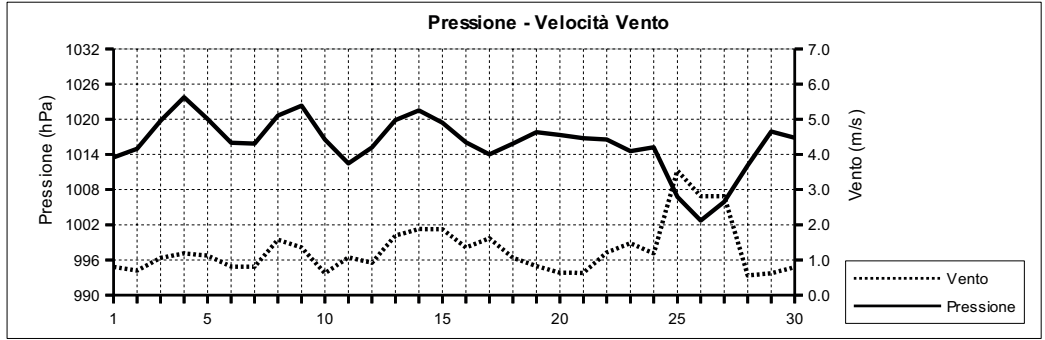
Data	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
	aria (°C)	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	(ore)
01/09/20	22.9	67.7	1013.5	0.8	S	448.5	13:10	0.0	6.7	10.5	(13:30)
02/09/20	23.8	63.9	1014.9	0.7	SW	429.3	13:00	0.0	6.9	10.1	(13:20)
03/09/20	25.2	63.1	1019.7	1.1	NW	420.8	13:10	0.0	6.1	9.3	(12:30)
04/09/20	26.2	51.6	1023.7	1.2	NW	444.6	13:00	0.0	6.4	9.3	(13:10)
05/09/20	25.8	41.5	1020.0	1.1	NW	444.5	13:00	0.0	6.6	9.6	(12:50)
06/09/20	24.6	71.6	1016.0	0.8	S	425.9	13:00	0.0	7.2	10.1	(12:40)
07/09/20	25.7	67.5	1015.8	0.8	NW	414.2	13:00	0.0	6.5	9.6	(13:10)
08/09/20	28.2	53.6	1020.6	1.6	N	407.4	12:50	0.0	6.3	9.4	(12:50)
09/09/20	28.0	55.6	1022.3	1.4	NW	416.9	12:40	0.0	6.4	9.3	(12:50)
10/09/20	27.1	70.6	1016.6	0.6	S	415.2	12:30	0.0	6.4	9.2	(13:00)
11/09/20	26.7	72.9	1012.5	1.1	SW	335.2	12:50	0.0	6.2	8.9	(12:10)
12/09/20	26.6	63.7	1015.2	0.9	--	399.9	12:40	0.0	6.4	8.8	(12:30)
13/09/20	29.1	49.8	1019.9	1.7	NE	389.1	12:40	0.0	5.9	8.4	(12:20)
14/09/20	29.7	43.5	1021.5	1.9	N	399.7	12:40	0.0	6.0	8.0	(13:10)
15/09/20	27.9	50.8	1019.4	1.9	NW	323.0	12:20	4.2	5.7	8.2	(12:30)
16/09/20	27.7	49.6	1016.1	1.4	NW	309.2	12:40	0.0	5.7	8.0	(12:30)
17/09/20	27.3	49.7	1014.0	1.6	NW	321.7	12:20	0.0	5.8	8.2	(13:50)
18/09/20	27.6	53.2	1015.8	1.1	NW	389.7	12:20	0.0	5.6	8.1	(13:00)
19/09/20	26.5	57.4	1017.8	0.8	--	384.2	12:20	0.0	6.2	8.3	(12:10)
20/09/20	25.0	81.0	1017.3	0.6	S	360.9	12:10	0.0	6.3	9.0	(12:50)
21/09/20	24.7	78.9	1016.8	0.6	S	232.1	12:20	0.4	5.2	7.6	(14:00)
22/09/20	23.9	79.2	1016.5	1.2	S	284.8	12:10	5.2	6.0	8.5	(13:00)
23/09/20	23.4	79.7	1014.5	1.5	SE	281.5	12:10	2.4	5.8	8.4	(13:00)
24/09/20	23.5	79.8	1015.2	1.2	S	361.4	12:10	3.0	6.4	9.2	(12:20)
25/09/20	23.9	76.5	1006.8	3.5	SW	234.2	12:00	21.6	5.7	9.8	(13:10)
26/09/20	18.2	60.1	1002.7	2.8	W	269.7	11:40	9.6	6.1	9.4	(13:50)
27/09/20	18.4	75.5	1005.9	2.8	SW	130.0	11:30	27.6	5.8	9.6	(11:40)
28/09/20	16.5	82.7	1012.1	0.6	SW	103.5	11:30	33.0	5.9	9.3	(12:50)
29/09/20	18.5	75.3	1017.9	0.6	NW	379.6	12:00	2.8	7.3	9.3	(12:40)
30/09/20	19.0	73.1	1016.8	0.8	SW	385.6	12:00	0.0	7.4	9.2	(12:20)



SETTEMBRE 2020

(estremi giornalieri)

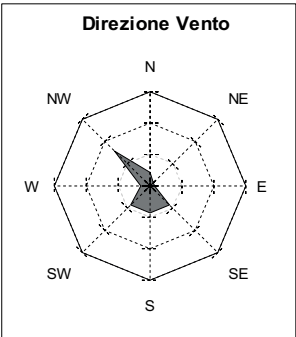
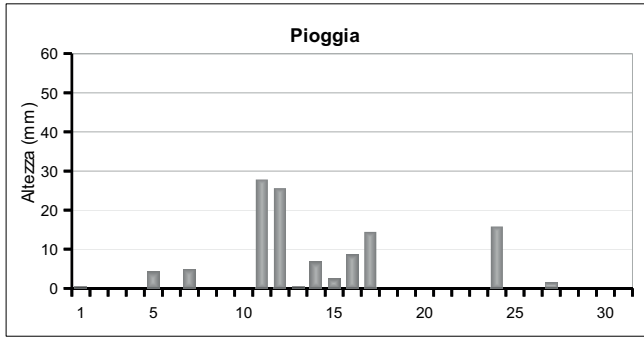
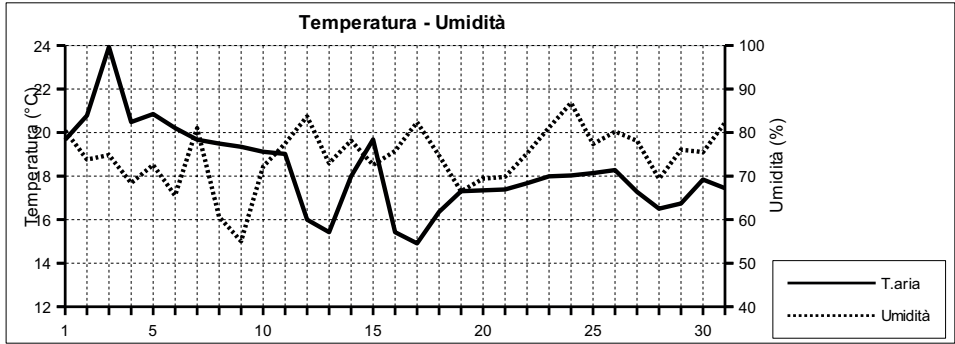
Data	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/09/20	19.3	(6:20)	26.4	(16:10)	45.0	(18:10)	83.0	(0:40)	1012.3	(16:50)	1014.7	(00:00)	6.7	(14:20)	916.0	(14:00)
02/09/20	20.8	(6:20)	26.4	(15:10)	57.0	(9:40)	69.0	(5:20)	1013.1	(3:50)	1017.7	(23:50)	6.7	(13:20)	849.0	(13:40)
03/09/20	22.6	(6:30)	28.4	(15:20)	45.0	(15:30)	73.0	(23:20)	1017.1	(4:00)	1023.4	(22:50)	9.4	(15:40)	882.0	(13:30)
04/09/20	22.6	(6:40)	31.1	(15:50)	29.0	(15:30)	73.0	(00:00)	1022.4	(18:40)	1025.3	(10:30)	10.7	(15:40)	777.0	(12:50)
05/09/20	22.4	(6:40)	29.6	(16:20)	28.0	(13:20)	65.0	(23:50)	1017.6	(23:50)	1023.1	(00:00)	6.3	(11:40)	782.0	(13:10)
06/09/20	21.9	(6:30)	27.3	(16:30)	64.0	(19:20)	79.0	(11:40)	1014.7	(19:00)	1017.7	(0:10)	7.2	(14:10)	745.0	(13:00)
07/09/20	22.1	(5:20)	30.9	(16:40)	46.0	(16:20)	83.0	(6:50)	1014.7	(5:40)	1017.9	(23:10)	5.4	(13:00)	735.0	(13:10)
08/09/20	25.3	(6:10)	32.8	(14:40)	39.0	(12:30)	65.0	(21:20)	1017.9	(00:00)	1023.7	(23:00)	7.6	(12:40)	728.0	(13:10)
09/09/20	25.1	(5:10)	32.4	(16:40)	44.0	(14:40)	70.0	(23:50)	1020.0	(19:20)	1024.0	(10:10)	7.6	(17:30)	729.0	(13:20)
10/09/20	23.8	(6:20)	31.4	(16:10)	53.0	(17:30)	83.0	(3:40)	1012.9	(17:40)	1020.1	(00:00)	5.8	(11:10)	717.0	(13:00)
11/09/20	23.8	(6:20)	30.8	(16:20)	54.0	(15:00)	88.0	(3:50)	1011.0	(5:40)	1014.1	(22:50)	9.8	(20:50)	747.0	(12:30)
12/09/20	24.2	(4:40)	29.9	(12:20)	43.0	(12:10)	82.0	(21:50)	1013.3	(3:10)	1018.4	(23:50)	6.3	(15:30)	717.0	(13:00)
13/09/20	25.0	(6:40)	34.1	(15:50)	36.0	(16:20)	71.0	(00:00)	1018.3	(00:00)	1022.4	(23:20)	8.0	(18:50)	780.0	(13:20)
14/09/20	25.8	(6:50)	34.4	(15:20)	29.0	(16:00)	54.0	(23:10)	1019.7	(16:50)	1022.5	(10:10)	7.2	(11:00)	705.0	(13:20)
15/09/20	23.9	(20:40)	32.9	(14:10)	35.0	(12:50)	74.0	(21:50)	1017.4	(17:30)	1021.5	(00:00)	12.1	(20:40)	780.0	(12:50)
16/09/20	24.4	(5:50)	31.7	(16:00)	37.0	(12:40)	64.0	(00:00)	1013.5	(19:00)	1018.5	(1:00)	8.0	(16:40)	622.0	(10:50)
17/09/20	25.2	(7:00)	29.8	(15:30)	43.0	(10:50)	58.0	(23:10)	1012.7	(5:20)	1015.7	(22:50)	5.4	(7:00)	795.0	(13:50)
18/09/20	23.7	(7:10)	32.5	(15:50)	40.0	(15:50)	67.0	(2:00)	1014.5	(3:40)	1018.1	(23:30)	7.2	(18:50)	686.0	(12:50)
19/09/20	24.1	(6:00)	29.4	(17:10)	47.0	(10:50)	89.0	(23:30)	1016.4	(17:00)	1019.0	(10:30)	5.8	(16:10)	680.0	(12:50)
20/09/20	23.2	(5:30)	27.1	(13:40)	72.0	(11:40)	91.0	(1:10)	1016.0	(16:20)	1018.1	(9:20)	6.7	(14:00)	793.0	(12:30)
21/09/20	23.1	(7:10)	26.3	(16:10)	69.0	(9:50)	88.0	(00:00)	1016.0	(17:40)	1017.9	(11:20)	7.2	(15:40)	661.0	(14:40)
22/09/20	21.4	(1:10)	26.1	(16:10)	71.0	(15:20)	87.0	(4:00)	1015.0	(19:10)	1017.6	(2:00)	7.6	(1:00)	724.0	(13:00)
23/09/20	20.3	(15:40)	26.4	(15:00)	70.0	(12:40)	86.0	(4:00)	1013.4	(14:50)	1015.4	(2:20)	14.3	(15:30)	863.0	(14:40)
24/09/20	19.8	(4:00)	26.2	(14:50)	70.0	(12:30)	88.0	(3:20)	1013.4	(23:50)	1016.5	(10:30)	12.1	(1:30)	759.0	(14:20)
25/09/20	19.2	(13:00)	26.9	(10:30)	54.0	(23:10)	90.0	(12:50)	1001.7	(18:50)	1013.3	(00:00)	29.5	(12:40)	860.0	(13:10)
26/09/20	14.1	(9:40)	20.6	(0:40)	44.0	(16:00)	82.0	(8:40)	998.8	(7:00)	1007.3	(23:50)	17.4	(1:10)	947.0	(12:50)
27/09/20	15.8	(2:20)	21.6	(12:10)	59.0	(12:10)	90.0	(17:30)	1002.0	(18:00)	1008.0	(23:50)	21.9	(16:20)	729.0	(12:00)
28/09/20	15.4	(4:20)	18.3	(10:40)	69.0	(10:30)	90.0	(19:50)	1008.1	(00:00)	1016.0	(23:40)	7.6	(0:20)	837.0	(13:10)
29/09/20	15.0	(5:00)	22.4	(16:10)	43.0	(15:40)	92.0	(4:30)	1015.6	(3:20)	1019.5	(22:30)	5.8	(14:10)	821.0	(12:30)
30/09/20	15.5	(6:50)	22.2	(16:10)	63.0	(17:30)	82.0	(4:10)	1014.8	(23:40)	1019.0	(00:00)	6.7	(16:50)	686.0	(13:20)



OTTOBRE 2020

(medie giornaliere)

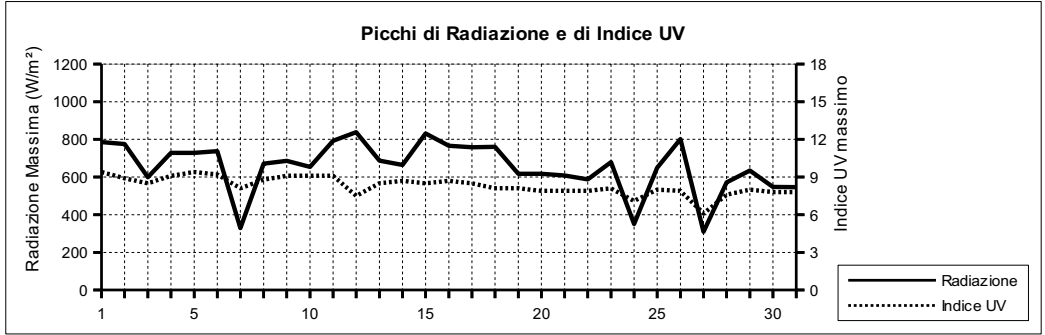
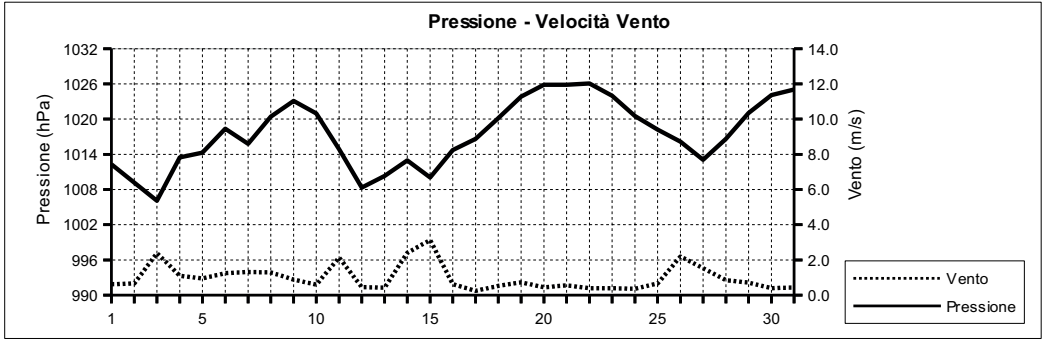
Data	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
	°C	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	(ore)
01/10/20	19.7	80.4	1012.3	0.6	SW	206.1	11:30	0.4	6.3	9.4	(14:00)
02/10/20	20.8	73.8	1009.2	0.7	S	363.5	11:40	0.0	7.2	8.9	(12:40)
03/10/20	23.9	74.9	1006.1	2.4	S	207.8	11:40	0.0	6.5	8.5	(12:50)
04/10/20	20.5	68.4	1013.5	1.1	S	391.2	11:40	0.0	7.4	9.1	(12:40)
05/10/20	20.8	72.6	1014.3	0.9	SW	202.1	11:30	4.2	6.9	9.4	(13:10)
06/10/20	20.2	65.6	1018.4	1.2	NW	370.7	11:30	0.0	7.4	9.2	(12:40)
07/10/20	19.7	81.1	1015.8	1.3	SW	103.1	10:50	4.8	6.0	8.1	(13:50)
08/10/20	19.5	60.7	1020.4	1.3	N	380.8	11:40	0.0	6.5	8.8	(12:20)
09/10/20	19.3	55.1	1023.1	0.9	NW	376.0	11:40	0.0	7.1	9.1	(12:20)
10/10/20	19.1	72.2	1021.0	0.6	SE	354.2	11:30	0.0	7.2	9.1	(12:50)
11/10/20	19.0	77.5	1014.9	2.1	SE	176.8	10:20	27.8	6.4	9.1	(12:00)
12/10/20	16.0	83.7	1008.3	0.5	N	171.2	11:10	25.6	5.6	7.5	(11:50)
13/10/20	15.4	73.0	1010.3	0.4	NW	179.4	11:00	0.4	5.8	8.5	(13:10)
14/10/20	18.0	78.2	1013.0	2.4	SE	287.6	11:10	6.8	6.6	8.7	(12:40)
15/10/20	19.7	72.6	1010.1	3.1	SW	225.7	10:40	2.4	6.4	8.5	(13:30)
16/10/20	15.4	75.8	1014.7	0.6	NW	197.4	11:20	8.6	6.1	8.7	(13:00)
17/10/20	14.9	82.4	1016.6	0.2	--	219.2	11:10	14.4	6.5	8.5	(12:00)
18/10/20	16.4	74.7	1020.2	0.5	NW	304.8	11:10	0.0	6.8	8.1	(12:10)
19/10/20	17.3	66.5	1023.9	0.7	NW	348.2	11:10	0.0	6.8	8.1	(12:10)
20/10/20	17.4	69.4	1025.9	0.4	NW	338.0	11:10	0.0	6.6	7.9	(12:30)
21/10/20	17.4	69.9	1025.9	0.6	--	350.3	11:00	0.0	6.6	7.9	(12:40)
22/10/20	17.7	75.3	1026.1	0.4	S	342.6	10:50	0.0	6.7	7.9	(12:30)
23/10/20	18.0	81.2	1024.0	0.4	SE	264.1	10:50	0.0	6.8	8.1	(13:10)
24/10/20	18.0	86.8	1020.5	0.4	SW	80.8	10:20	15.8	5.3	7.1	(11:00)
25/10/20	18.1	77.4	1018.2	0.7	W	317.1	10:50	0.0	6.7	8.0	(11:40)
26/10/20	18.3	80.2	1016.2	2.2	SE	244.9	10:30	0.0	6.1	7.9	(11:40)
27/10/20	17.3	78.1	1013.1	1.5	NW	94.9	10:30	1.4	5.5	6.1	(14:10)
28/10/20	16.5	69.4	1016.6	0.8	NW	177.5	10:30	0.0	6.3	7.6	(11:50)
29/10/20	16.7	76.1	1021.1	0.7	NW	261.2	10:30	0.0	6.8	8.0	(11:00)
30/10/20	17.8	75.5	1024.1	0.4	--	289.4	10:30	0.0	6.7	7.8	(11:30)
31/10/20	17.5	82.3	1025.0	0.4	S	302.0	10:40	0.0	6.9	7.8	(11:30)



OTTOBRE 2020

(estremi giornalieri)

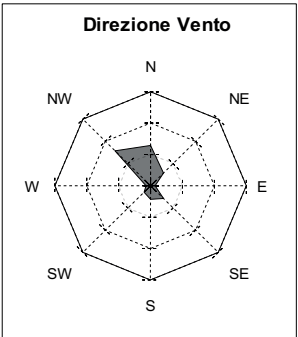
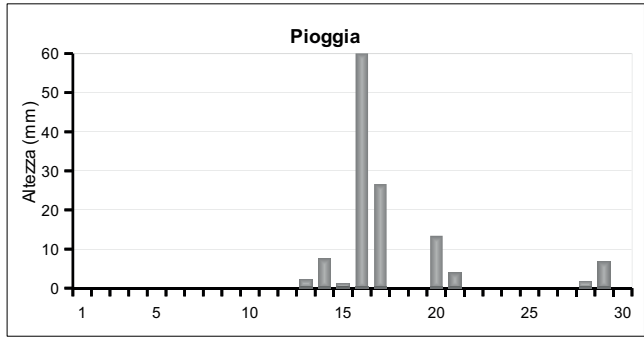
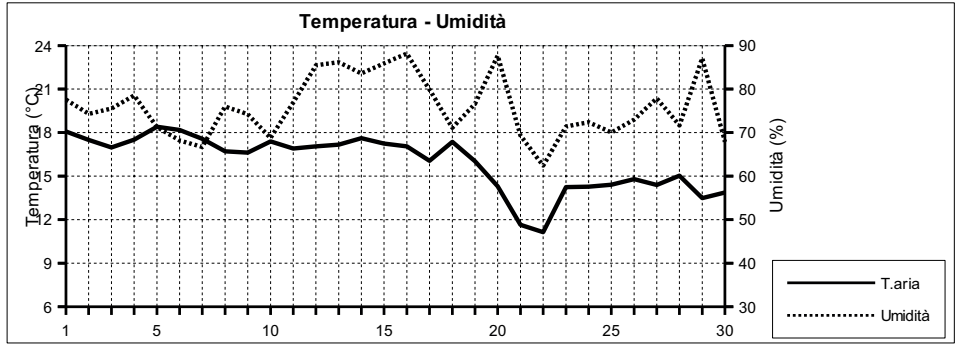
Data	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/10/20	17.9	(7:30)	22.3	(16:00)	67.0	(18:10)	86.0	(7:30)	1011.0	(16:50)	1014.8	(00:00)	6.7	(14:30)	786.0	(14:00)
02/10/20	16.7	(6:10)	24.3	(14:10)	53.0	(13:50)	90.0	(6:10)	1007.3	(18:00)	1011.8	(00:00)	6.3	(19:40)	775.0	(13:30)
03/10/20	20.4	(0:40)	27.0	(12:10)	61.0	(8:10)	88.0	(18:20)	1004.5	(15:40)	1010.2	(23:50)	14.8	(10:50)	599.0	(12:40)
04/10/20	18.0	(5:10)	22.8	(15:20)	58.0	(13:50)	81.0	(3:10)	1010.1	(0:50)	1015.0	(11:10)	10.7	(1:30)	728.0	(11:10)
05/10/20	18.3	(6:40)	23.2	(14:20)	61.0	(15:40)	86.0	(12:20)	1012.5	(5:00)	1017.2	(23:00)	7.6	(10:50)	729.0	(13:50)
06/10/20	17.6	(6:30)	23.0	(14:10)	49.0	(15:00)	74.0	(7:30)	1017.0	(00:00)	1019.6	(20:50)	7.6	(12:40)	737.0	(12:00)
07/10/20	17.6	(23:50)	22.2	(16:00)	72.0	(00:00)	90.0	(23:10)	1013.1	(16:00)	1019.3	(00:00)	14.8	(17:20)	329.0	(13:50)
08/10/20	16.2	(7:30)	23.5	(16:00)	39.0	(16:00)	89.0	(00:00)	1015.8	(00:00)	1024.0	(23:30)	8.5	(17:40)	671.0	(12:40)
09/10/20	15.4	(5:50)	23.9	(16:00)	35.0	(16:00)	75.0	(23:50)	1022.1	(15:40)	1024.1	(00:00)	5.4	(14:50)	686.0	(12:40)
10/10/20	15.3	(7:40)	21.9	(13:50)	57.0	(19:10)	85.0	(7:30)	1019.2	(23:50)	1022.4	(00:00)	5.8	(14:30)	654.0	(12:40)
11/10/20	16.3	(23:20)	20.9	(12:20)	67.0	(19:00)	92.0	(23:00)	1010.9	(23:50)	1019.1	(00:00)	12.1	(19:50)	793.0	(11:20)
12/10/20	13.5	(11:20)	17.9	(11:00)	72.0	(14:10)	92.0	(00:00)	1006.3	(17:40)	1010.6	(00:00)	13.4	(11:10)	838.0	(13:50)
13/10/20	13.3	(7:40)	17.5	(16:30)	64.0	(19:50)	80.0	(12:40)	1007.8	(1:00)	1013.9	(23:20)	5.4	(7:30)	687.0	(11:00)
14/10/20	13.7	(7:10)	21.6	(14:30)	56.0	(14:50)	91.0	(7:30)	1010.5	(23:50)	1014.4	(11:00)	15.2	(22:20)	664.0	(14:30)
15/10/20	16.6	(22:10)	21.8	(00:00)	64.0	(16:20)	84.0	(7:10)	1006.0	(6:40)	1013.4	(23:30)	22.8	(6:50)	831.0	(13:20)
16/10/20	13.3	(22:10)	19.2	(12:20)	53.0	(12:20)	86.0	(16:40)	1013.4	(00:00)	1016.4	(22:40)	15.2	(13:50)	766.0	(12:20)
17/10/20	12.6	(8:10)	17.9	(13:10)	72.0	(13:20)	91.0	(8:40)	1015.2	(4:50)	1018.8	(23:00)	5.8	(14:10)	758.0	(12:00)
18/10/20	13.0	(7:40)	20.1	(12:30)	60.0	(15:40)	88.0	(2:10)	1018.7	(1:00)	1022.8	(23:40)	4.9	(16:00)	761.0	(13:20)
19/10/20	14.3	(6:10)	21.4	(15:50)	47.0	(12:30)	78.0	(00:00)	1022.7	(00:00)	1025.4	(23:20)	4.9	(14:50)	617.0	(12:30)
20/10/20	13.8	(5:40)	21.6	(13:00)	54.0	(13:00)	82.0	(4:30)	1025.1	(16:10)	1027.0	(11:10)	4.9	(15:10)	617.0	(13:30)
21/10/20	14.1	(6:50)	21.2	(15:20)	58.0	(11:00)	79.0	(23:50)	1025.1	(19:10)	1026.9	(9:50)	5.4	(13:30)	608.0	(12:40)
22/10/20	14.3	(7:30)	21.3	(16:30)	64.0	(13:50)	85.0	(7:40)	1024.9	(16:10)	1027.5	(9:30)	4.0	(14:00)	587.0	(13:30)
23/10/20	14.0	(7:30)	20.8	(16:30)	73.0	(10:50)	88.0	(6:30)	1022.3	(17:10)	1025.8	(0:20)	4.5	(13:10)	679.0	(13:20)
24/10/20	17.0	(15:00)	19.7	(12:00)	76.0	(21:40)	93.0	(14:10)	1018.9	(20:40)	1022.8	(0:30)	7.6	(12:10)	350.0	(11:00)
25/10/20	15.2	(5:10)	21.1	(14:00)	64.0	(12:10)	89.0	(7:00)	1017.2	(4:10)	1019.1	(22:30)	7.2	(12:50)	650.0	(12:50)
26/10/20	15.6	(3:10)	20.1	(11:40)	70.0	(12:20)	89.0	(7:30)	1013.2	(23:40)	1018.9	(00:00)	10.3	(22:20)	802.0	(12:40)
27/10/20	14.8	(23:50)	19.8	(00:00)	68.0	(16:10)	88.0	(4:50)	1010.6	(3:10)	1014.7	(23:30)	15.6	(3:20)	309.0	(14:40)
28/10/20	13.8	(1:30)	20.2	(15:30)	54.0	(14:00)	82.0	(1:20)	1013.8	(3:40)	1019.5	(22:10)	4.5	(4:10)	571.0	(11:10)
29/10/20	13.2	(4:40)	19.9	(13:50)	61.0	(12:20)	84.0	(4:50)	1019.4	(0:30)	1023.0	(23:30)	9.8	(15:30)	635.0	(11:10)
30/10/20	14.8	(6:00)	21.4	(16:00)	59.0	(14:50)	87.0	(23:40)	1022.2	(3:50)	1026.1	(23:30)	4.5	(12:20)	548.0	(11:20)
31/10/20	14.7	(4:40)	20.6	(14:00)	72.0	(10:00)	89.0	(0:30)	1024.0	(16:10)	1026.0	(8:20)	4.9	(13:30)	547.0	(11:40)



NOVEMBRE 2020

(medie giornaliere)

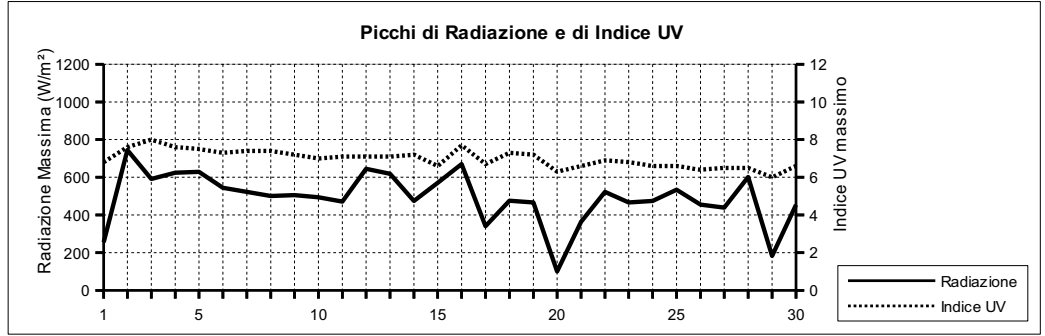
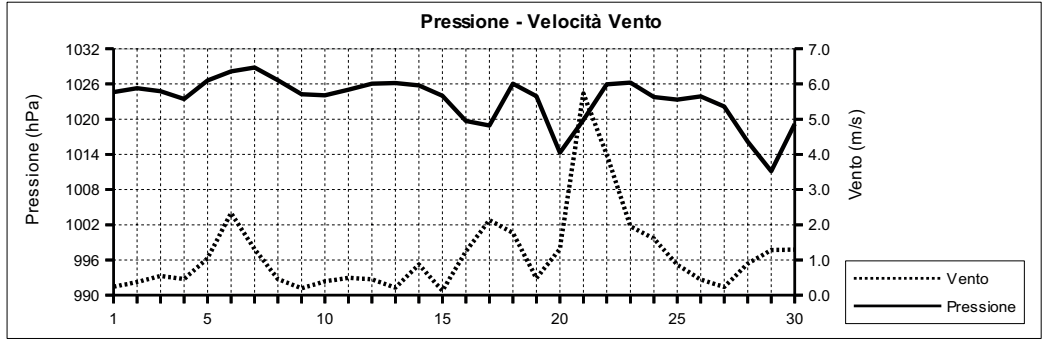
Data	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
	°C	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	(ore)
01/11/20	18.1	77.6	1024.6	0.2	NW	98.9	10:00	0.0	5.9	6.8	(10:30)
02/11/20	17.5	74.3	1025.3	0.4	NW	154.4	10:20	0.0	6.4	7.6	(12:20)
03/11/20	17.0	75.5	1024.8	0.5	NW	310.1	10:20	0.0	6.7	8.0	(11:50)
04/11/20	17.5	78.5	1023.5	0.5	NW	268.8	10:20	0.0	6.5	7.6	(11:30)
05/11/20	18.4	71.3	1026.6	1.0	N	206.4	10:20	0.0	6.3	7.5	(11:30)
06/11/20	18.2	68.2	1028.2	2.3	N	255.7	10:20	0.0	6.4	7.3	(11:10)
07/11/20	17.6	66.7	1028.8	1.3	NW	292.7	10:20	0.0	6.5	7.4	(11:30)
08/11/20	16.7	76.0	1026.6	0.5	N	280.7	10:20	0.0	6.5	7.4	(11:30)
09/11/20	16.6	74.2	1024.2	0.2	SE	279.5	10:20	0.0	6.4	7.2	(11:10)
10/11/20	17.4	68.8	1024.1	0.4	--	279.8	10:10	0.0	6.4	7.0	(10:40)
11/11/20	16.9	76.9	1025.0	0.5	--	266.5	10:10	0.0	6.5	7.1	(10:50)
12/11/20	17.1	85.5	1026.0	0.4	SW	199.3	10:00	0.0	6.2	7.1	(11:50)
13/11/20	17.2	86.2	1026.2	0.2	S	174.4	9:50	2.2	6.1	7.1	(11:30)
14/11/20	17.6	83.6	1025.7	0.9	S	217.8	9:50	7.6	6.5	7.2	(10:50)
15/11/20	17.2	85.9	1024.0	0.1	SE	123.5	9:50	1.2	6.0	6.6	(13:50)
16/11/20	17.1	88.2	1019.7	1.2	SE	67.4	9:50	60.0	5.2	7.7	(10:50)
17/11/20	16.1	79.9	1018.9	2.1	NE	88.4	9:40	26.6	5.8	6.7	(12:20)
18/11/20	17.4	71.1	1026.0	1.8	N	263.0	10:00	0.0	6.5	7.3	(10:50)
19/11/20	16.0	76.6	1023.9	0.5	NW	260.8	10:00	0.0	6.4	7.2	(11:40)
20/11/20	14.3	87.7	1014.3	1.3	NE	41.1	9:40	13.4	4.5	6.3	(9:20)
21/11/20	11.6	69.3	1019.9	5.7	NE	103.5	9:30	4.0	5.9	6.6	(12:00)
22/11/20	11.1	62.4	1025.9	4.0	N	202.6	9:50	0.0	6.1	6.9	(11:00)
23/11/20	14.2	71.4	1026.3	2.0	NW	262.1	9:40	0.0	6.2	6.8	(11:30)
24/11/20	14.3	72.4	1023.8	1.6	NW	238.6	9:50	0.0	6.0	6.6	(11:00)
25/11/20	14.4	70.0	1023.3	0.9	NW	252.0	9:40	0.0	5.8	6.6	(11:50)
26/11/20	14.8	73.0	1023.9	0.4	NW	249.2	9:40	0.0	5.7	6.4	(11:40)
27/11/20	14.4	77.9	1022.2	0.2	--	237.0	9:50	0.0	5.8	6.5	(11:40)
28/11/20	15.0	71.7	1016.2	0.9	N	226.9	9:20	1.8	5.7	6.5	(10:40)
29/11/20	13.5	87.1	1011.1	1.3	N	61.1	9:10	6.8	5.0	6.0	(12:50)
30/11/20	13.9	67.9	1019.2	1.3	N	246.3	9:40	0.0	5.9	6.6	(12:10)



NOVEMBRE 2020

(estremi giornalieri)

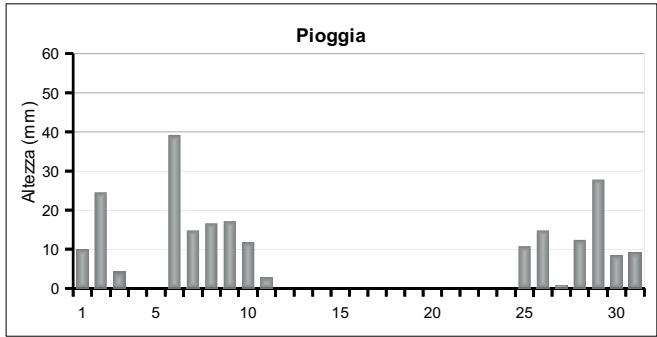
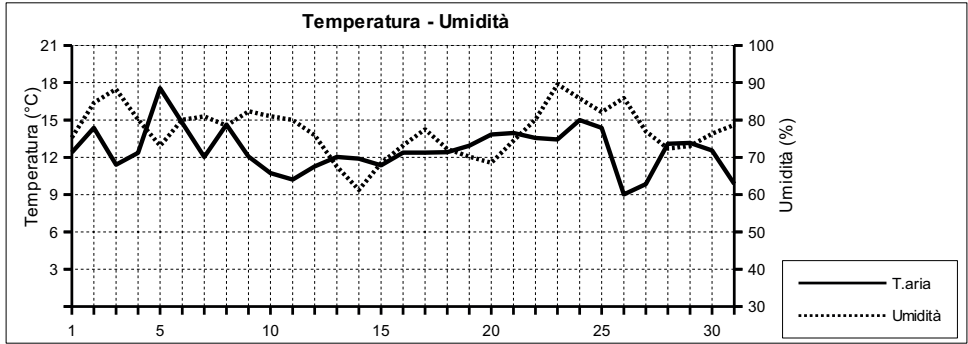
Data	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/11/20	16.7	(00:00)	19.3	(11:30)	69.0	(14:20)	88.0	(00:00)	1024.0	(4:30)	1025.5	(10:50)	4.0	(12:10)	255.0	(10:30)
02/11/20	15.4	(23:30)	19.5	(15:00)	61.0	(12:40)	83.0	(6:00)	1024.4	(3:20)	1026.3	(10:40)	4.5	(11:50)	745.0	(12:40)
03/11/20	14.4	(7:10)	20.4	(14:00)	62.0	(14:00)	85.0	(23:30)	1023.8	(14:10)	1025.8	(9:50)	4.9	(7:40)	591.0	(12:20)
04/11/20	15.1	(5:50)	20.9	(14:20)	63.0	(11:10)	85.0	(00:00)	1022.5	(14:10)	1025.4	(23:00)	4.9	(15:20)	624.0	(11:20)
05/11/20	16.1	(3:10)	22.1	(12:40)	58.0	(12:50)	86.0	(00:00)	1025.4	(00:00)	1027.9	(22:20)	7.2	(19:20)	629.0	(12:30)
06/11/20	15.9	(4:40)	21.9	(12:40)	58.0	(12:40)	73.0	(4:40)	1027.3	(3:50)	1029.1	(21:50)	6.3	(12:40)	545.0	(11:20)
07/11/20	15.0	(7:00)	20.9	(14:00)	52.0	(12:40)	78.0	(22:30)	1028.2	(15:10)	1029.7	(10:00)	5.4	(00:00)	522.0	(11:30)
08/11/20	13.7	(6:00)	20.7	(13:50)	61.0	(14:40)	88.0	(22:10)	1024.7	(15:20)	1028.9	(1:10)	4.5	(16:30)	501.0	(11:30)
09/11/20	12.7	(7:00)	21.3	(15:00)	51.0	(11:00)	89.0	(1:40)	1023.2	(14:50)	1024.9	(00:00)	3.1	(13:40)	506.0	(11:20)
10/11/20	13.4	(4:50)	22.5	(14:20)	50.0	(16:50)	82.0	(0:20)	1022.9	(14:10)	1025.0	(22:10)	4.0	(15:00)	494.0	(12:20)
11/11/20	13.6	(6:30)	20.6	(14:50)	62.0	(11:10)	88.0	(22:50)	1023.8	(15:00)	1026.1	(22:20)	4.9	(14:20)	471.0	(11:40)
12/11/20	15.4	(3:10)	19.5	(13:50)	78.0	(15:50)	90.0	(3:00)	1025.3	(14:40)	1026.7	(10:20)	5.4	(15:00)	645.0	(13:20)
13/11/20	15.8	(6:40)	18.9	(13:10)	79.0	(12:40)	93.0	(8:20)	1025.4	(14:50)	1026.9	(9:00)	3.1	(11:30)	619.0	(11:40)
14/11/20	15.7	(1:50)	20.0	(13:50)	72.0	(10:40)	90.0	(23:50)	1024.8	(17:10)	1026.8	(00:00)	7.6	(22:40)	475.0	(11:30)
15/11/20	15.5	(3:20)	19.8	(15:20)	78.0	(15:20)	91.0	(2:00)	1023.2	(17:50)	1025.3	(0:20)	2.7	(13:20)	570.0	(13:50)
16/11/20	15.6	(6:10)	18.2	(11:50)	81.0	(9:30)	93.0	(23:40)	1016.4	(23:30)	1023.4	(00:00)	11.6	(23:50)	670.0	(11:30)
17/11/20	14.4	(2:00)	17.4	(12:50)	68.0	(13:40)	94.0	(0:40)	1014.9	(5:50)	1024.0	(23:30)	11.6	(00:00)	341.0	(12:30)
18/11/20	15.2	(23:50)	20.9	(13:20)	59.0	(12:50)	79.0	(2:10)	1023.9	(00:00)	1027.4	(22:00)	8.9	(9:10)	476.0	(11:30)
19/11/20	13.0	(5:30)	19.7	(14:10)	62.0	(14:30)	85.0	(23:00)	1019.0	(23:50)	1027.1	(00:00)	4.0	(2:50)	466.0	(11:40)
20/11/20	12.1	(21:20)	16.3	(8:10)	74.0	(23:50)	94.0	(13:20)	1012.0	(17:50)	1018.8	(00:00)	13.9	(22:10)	100.0	(13:00)
21/11/20	10.2	(20:10)	13.3	(0:20)	59.0	(23:30)	82.0	(3:10)	1015.2	(00:00)	1024.7	(22:40)	17.9	(2:30)	364.0	(10:10)
22/11/20	8.6	(7:00)	14.6	(14:20)	54.0	(11:00)	74.0	(23:00)	1023.9	(0:40)	1028.0	(22:20)	12.1	(13:30)	522.0	(10:50)
23/11/20	10.5	(00:00)	19.8	(13:30)	57.0	(13:10)	82.0	(22:50)	1024.8	(15:30)	1027.9	(00:00)	7.2	(1:40)	466.0	(11:40)
24/11/20	11.9	(6:30)	18.6	(12:40)	56.0	(12:30)	83.0	(1:00)	1022.6	(14:20)	1025.2	(00:00)	5.8	(6:10)	475.0	(11:40)
25/11/20	12.0	(2:50)	18.5	(13:30)	59.0	(14:10)	75.0	(2:40)	1022.5	(14:00)	1024.3	(23:30)	4.0	(2:10)	534.0	(12:30)
26/11/20	12.1	(6:00)	19.2	(13:00)	60.0	(13:00)	80.0	(23:50)	1022.9	(14:50)	1024.9	(8:40)	3.6	(3:20)	455.0	(11:40)
27/11/20	11.0	(6:40)	18.6	(11:50)	62.0	(11:50)	86.0	(22:00)	1020.5	(23:40)	1023.8	(00:00)	4.0	(13:40)	439.0	(11:40)
28/11/20	12.5	(2:00)	19.2	(13:40)	56.0	(14:10)	87.0	(2:00)	1011.8	(23:50)	1020.5	(00:00)	8.0	(19:50)	601.0	(13:10)
29/11/20	12.7	(4:40)	14.4	(12:30)	79.0	(23:10)	91.0	(4:20)	1009.1	(7:50)	1015.2	(23:30)	10.7	(21:00)	183.0	(11:50)
30/11/20	10.9	(23:20)	16.8	(12:30)	57.0	(12:00)	78.0	(00:00)	1015.1	(0:10)	1021.5	(22:30)	8.9	(0:30)	454.0	(11:40)



DICEMBRE 2020

(medie giornaliere)

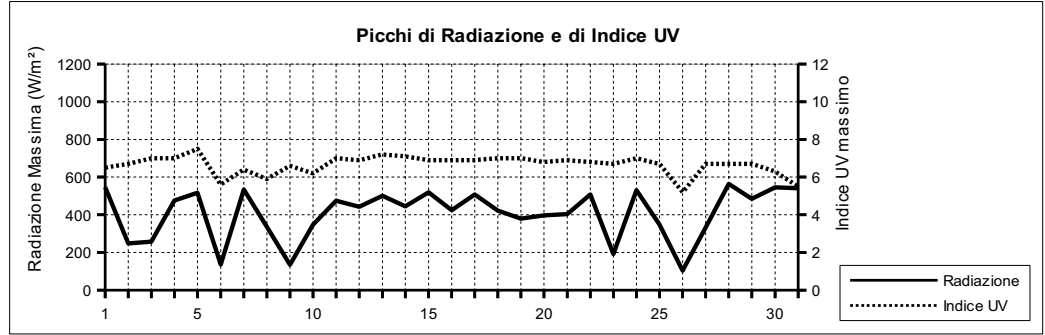
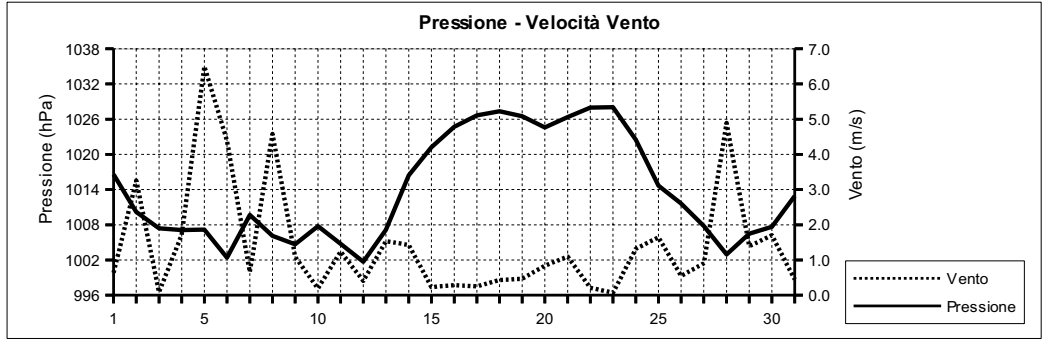
Data	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
	°C	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	ora
01/12/20	12.4	75.3	1016.6	0.6	NW	193.4	8:50	10.0	5.7	6.5	(12:20)
02/12/20	14.4	84.6	1010.2	3.3	SE	84.8	9:20	24.6	5.5	6.7	(12:30)
03/12/20	11.4	88.3	1007.4	0.1	NW	82.9	9:10	4.2	5.8	7.0	(12:10)
04/12/20	12.4	80.1	1007.1	1.7	SE	146.0	9:30	0.0	6.1	7.0	(12:10)
05/12/20	17.5	73.1	1007.2	6.5	SE	218.4	9:30	0.0	5.5	7.5	(12:40)
06/12/20	14.8	80.0	1002.4	4.4	SE	39.0	7:10	39.2	3.8	5.6	(13:10)
07/12/20	12.0	81.0	1009.7	0.7	S	189.5	9:10	14.8	5.0	6.4	(12:40)
08/12/20	14.6	78.5	1006.1	4.6	S	75.1	8:50	16.6	4.2	5.9	(10:40)
09/12/20	12.1	82.3	1004.7	1.1	SW	59.5	8:10	17.2	4.7	6.6	(13:20)
10/12/20	10.7	81.0	1007.7	0.2	SW	88.4	9:20	11.8	4.3	6.2	(12:50)
11/12/20	10.2	80.0	1004.7	1.2	N	166.1	9:00	2.8	6.1	7.0	(12:30)
12/12/20	11.3	75.9	1001.7	0.4	NW	219.4	9:20	0.0	6.5	6.9	(12:00)
13/12/20	12.0	67.5	1007.1	1.5	N	228.6	9:20	0.0	6.2	7.2	(11:00)
14/12/20	11.9	61.3	1016.4	1.4	NW	241.4	9:30	0.0	6.4	7.1	(11:40)
15/12/20	11.3	68.4	1021.2	0.2	NW	175.7	9:30	0.0	6.2	6.9	(11:10)
16/12/20	12.4	73.2	1024.7	0.3	NE	235.8	9:20	0.0	6.4	6.9	(11:10)
17/12/20	12.4	77.5	1026.7	0.2	N	182.4	9:20	0.0	5.9	6.9	(12:20)
18/12/20	12.4	72.2	1027.3	0.4	N	206.5	9:20	0.0	6.5	7.0	(11:10)
19/12/20	12.9	70.2	1026.5	0.5	NW	174.1	9:20	0.0	6.6	7.0	(11:50)
20/12/20	13.8	68.5	1024.6	0.8	NW	209.6	9:20	0.0	6.5	6.8	(10:00)
21/12/20	13.9	74.4	1026.3	1.1	NW	216.3	9:20	0.0	6.3	6.9	(11:20)
22/12/20	13.6	80.2	1028.0	0.2	NW	185.9	9:40	0.0	6.2	6.8	(12:00)
23/12/20	13.4	89.6	1028.0	0.1	E	67.2	8:50	0.0	5.7	6.7	(12:20)
24/12/20	15.0	85.8	1022.5	1.3	S	163.6	9:20	0.0	6.1	7.0	(12:00)
25/12/20	14.4	82.1	1014.7	1.6	SW	74.9	8:50	10.8	5.3	6.7	(10:40)
26/12/20	9.0	85.9	1011.6	0.5	NE	32.4	8:10	14.8	4.0	5.2	(14:30)
27/12/20	9.8	76.9	1007.8	0.9	NW	129.7	9:20	0.8	5.7	6.7	(12:10)
28/12/20	13.1	72.3	1003.0	4.9	S	87.6	9:20	12.4	4.8	6.7	(11:20)
29/12/20	13.1	73.1	1006.5	1.4	SW	137.3	8:40	27.8	3.8	6.7	(12:30)
30/12/20	12.5	76.3	1007.7	1.7	SW	160.9	8:50	8.4	4.4	6.3	(12:40)
31/12/20	9.9	78.7	1012.9	0.4	W	204.0	9:30	9.2	4.6	5.5	(13:10)



DICEMBRE 2020

(estremi giornalieri)

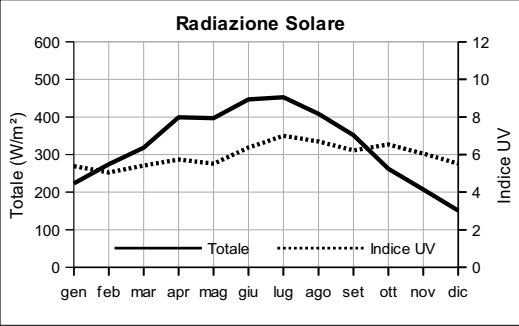
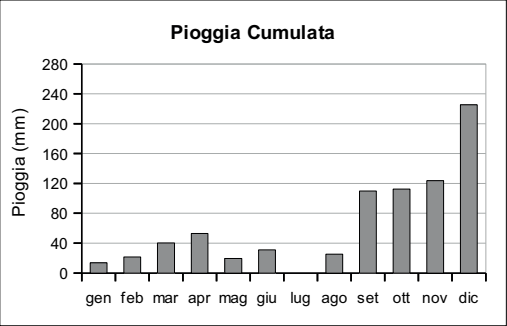
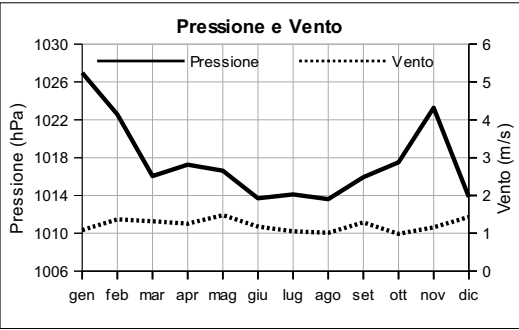
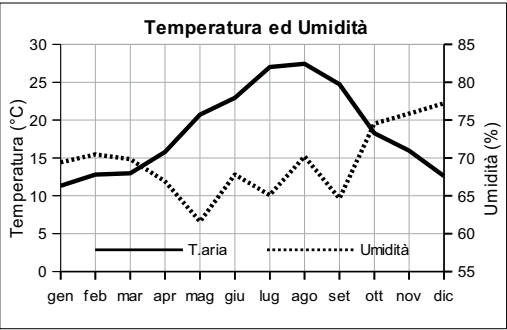
Data	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/12/20	10.3	(5:10)	15.3	(14:10)	64.0	(0:40)	91.0	(19:50)	1012.7	(23:50)	1021.1	(00:00)	6.7	(17:30)	547.0	(13:00)
02/12/20	12.1	(5:10)	17.8	(19:00)	72.0	(18:10)	93.0	(21:20)	1006.9	(17:50)	1012.6	(00:00)	17.9	(18:00)	248.0	(14:40)
03/12/20	9.9	(23:40)	13.4	(00:00)	82.0	(12:30)	92.0	(5:50)	1006.0	(15:40)	1008.8	(2:20)	4.0	(1:00)	257.0	(11:20)
04/12/20	8.4	(5:50)	16.6	(23:10)	64.0	(23:50)	91.0	(00:00)	1006.3	(3:10)	1008.1	(10:50)	13.4	(23:10)	476.0	(11:30)
05/12/20	15.8	(0:50)	18.7	(12:50)	64.0	(00:00)	79.0	(17:50)	1005.6	(23:50)	1008.0	(10:20)	16.5	(22:50)	517.0	(12:40)
06/12/20	11.6	(23:00)	19.1	(6:40)	68.0	(1:00)	93.0	(8:40)	1000.0	(6:50)	1006.3	(23:40)	21.5	(7:10)	135.0	(13:10)
07/12/20	9.3	(6:30)	14.9	(23:50)	71.0	(22:30)	89.0	(7:50)	1006.4	(00:00)	1011.3	(20:00)	9.8	(23:50)	534.0	(12:40)
08/12/20	12.2	(23:00)	16.3	(11:00)	64.0	(10:30)	89.0	(14:20)	1002.4	(22:30)	1010.5	(00:00)	18.8	(12:40)	336.0	(9:30)
09/12/20	10.6	(9:00)	14.1	(2:40)	72.0	(23:40)	88.0	(9:20)	1002.4	(7:00)	1008.5	(23:30)	12.5	(0:10)	134.0	(11:50)
10/12/20	9.4	(9:40)	12.1	(6:40)	67.0	(1:10)	89.0	(21:30)	1006.8	(13:50)	1008.5	(00:00)	7.6	(7:30)	348.0	(11:00)
11/12/20	9.2	(7:20)	12.7	(14:30)	68.0	(14:00)	89.0	(0:50)	1002.9	(13:30)	1007.8	(00:00)	7.2	(11:50)	475.0	(12:40)
12/12/20	8.9	(6:40)	14.3	(14:20)	66.0	(12:50)	84.0	(6:30)	1000.2	(13:30)	1003.0	(2:00)	3.1	(00:00)	443.0	(13:00)
13/12/20	10.1	(23:20)	15.2	(14:00)	58.0	(15:10)	75.0	(1:50)	1002.3	(00:00)	1013.0	(23:00)	6.7	(10:10)	501.0	(12:50)
14/12/20	9.0	(7:30)	15.8	(14:10)	48.0	(14:00)	72.0	(7:30)	1012.7	(00:00)	1019.2	(22:00)	4.9	(3:30)	445.0	(11:40)
15/12/20	8.8	(3:20)	15.1	(11:50)	53.0	(11:40)	78.0	(21:50)	1019.0	(0:20)	1023.6	(23:20)	4.5	(13:30)	519.0	(11:40)
16/12/20	9.0	(7:10)	16.2	(14:50)	63.0	(11:50)	84.0	(21:40)	1023.4	(00:00)	1026.4	(22:50)	3.1	(13:40)	424.0	(11:50)
17/12/20	9.6	(3:30)	16.6	(13:20)	64.0	(13:10)	85.0	(3:30)	1026.1	(1:20)	1027.6	(22:50)	3.6	(10:50)	508.0	(12:30)
18/12/20	9.3	(4:10)	16.9	(15:30)	58.0	(13:40)	85.0	(0:20)	1026.6	(14:10)	1028.3	(10:20)	3.6	(5:10)	422.0	(12:40)
19/12/20	10.5	(4:40)	15.9	(12:30)	59.0	(12:30)	76.0	(4:50)	1025.7	(14:20)	1027.4	(8:50)	3.1	(23:10)	380.0	(11:20)
20/12/20	10.9	(7:30)	18.2	(14:30)	56.0	(14:30)	77.0	(6:10)	1023.5	(14:40)	1026.0	(00:00)	6.3	(23:20)	397.0	(12:50)
21/12/20	11.4	(7:00)	18.5	(14:40)	63.0	(14:50)	83.0	(23:40)	1024.9	(00:00)	1027.9	(21:30)	4.5	(2:20)	404.0	(11:50)
22/12/20	11.1	(6:50)	16.7	(14:30)	67.0	(14:20)	89.0	(7:10)	1027.1	(14:20)	1028.7	(20:30)	4.0	(14:40)	508.0	(12:20)
23/12/20	11.9	(4:00)	14.5	(11:20)	84.0	(11:10)	93.0	(15:20)	1026.9	(23:50)	1029.1	(10:00)	2.7	(23:10)	192.0	(12:50)
24/12/20	13.7	(6:00)	16.8	(11:40)	75.0	(14:10)	92.0	(00:00)	1017.9	(23:40)	1026.8	(00:00)	8.0	(21:00)	531.0	(12:50)
25/12/20	9.7	(23:10)	16.2	(10:40)	69.0	(10:40)	87.0	(21:40)	1012.3	(20:10)	1017.8	(00:00)	9.8	(22:40)	348.0	(10:40)
26/12/20	7.9	(17:50)	10.6	(4:20)	76.0	(4:40)	91.0	(20:10)	1010.4	(14:20)	1013.3	(00:00)	6.7	(12:20)	104.0	(14:20)
27/12/20	7.8	(3:10)	12.2	(14:40)	61.0	(14:40)	90.0	(0:50)	1005.9	(14:00)	1010.9	(00:00)	6.3	(21:40)	332.0	(12:20)
28/12/20	10.4	(0:30)	15.1	(18:10)	63.0	(5:30)	89.0	(20:40)	997.3	(19:30)	1008.7	(00:00)	25.9	(18:40)	563.0	(11:10)
29/12/20	11.1	(19:30)	15.6	(11:40)	58.0	(12:30)	92.0	(21:20)	1003.6	(00:00)	1007.9	(10:00)	10.3	(14:20)	485.0	(12:30)
30/12/20	9.2	(22:40)	14.9	(12:30)	63.0	(13:40)	88.0	(20:20)	1006.6	(0:10)	1009.6	(22:40)	12.5	(8:40)	545.0	(13:30)
31/12/20	7.8	(8:20)	12.4	(15:30)	64.0	(14:40)	90.0	(2:00)	1009.3	(00:00)	1016.1	(23:00)	13.0	(5:30)	541.0	(13:00)



MEDIE MENSILI 2020

Mese	Temperatura		Umidità	Pressione	Vento		Radiazione Solare		Pioggia
	°C				m/s	direzione	W/m²	Indice UV	
Gennaio	11.3		69.4	1027.0	1.1	NE	223.0	5.4	13.9
Febbraio	12.8		70.5	1022.6	1.4	N	274.3	5.1	21.5
Marzo	13.0		69.8	1016.0	1.3	SW	318.1	5.4	40.4
Aprile	15.8		66.9	1017.2	1.3	SW	399.2	5.7	53.1
Maggio	20.7		61.6	1016.6	1.5	SW	396.5	5.5	19.4
Giugno	22.9		67.8	1013.7	1.2	S	446.6	6.4	31.0
Luglio	27.0		65.1	1014.1	1.1	SW	452.2	7.0	0.0
Agosto	27.4		70.2	1013.6	1.0	SW	408.2	6.7	25.4
Settembre	24.7		64.6	1015.9	1.3	SW	351.4	6.2	109.8
Ottobre	18.3		74.5	1017.5	1.0	--	262.2	6.5	112.6
Novembre	16.0		75.9	1023.3	1.2	N	206.9	6.1	123.6
Dicembre	12.6		77.2	1013.8	1.4	N	150.9	5.5	225.4
Anno	18.5		69.5	1017.6	1.2	SW	324.1	6.0	776.2

Mese	Temperatura (°C)		Umidità (%)		Pressione (hPa)		Raffiche	Radiazione Massima	
	min	max	min	max	min	max		W/m²	Indice UV
Gennaio	8.6	14.6	55.7	80.4	1025.1	1028.9	6.9	466.1	6.5
Febbraio	10.1	15.5	55.2	83.5	1019.5	1025.8	9.1	650.7	6.5
Marzo	10.0	16.1	54.9	83.0	1013.5	1018.8	8.1	789.7	7.5
Aprile	12.9	19.2	50.2	81.8	1015.3	1019.2	8.0	837.1	8.6
Maggio	17.7	24.2	43.9	77.7	1014.4	1019.2	9.0	916.3	9.0
Giugno	20.1	26.2	51.0	81.8	1012.4	1015.0	8.5	964.6	10.5
Luglio	24.1	30.9	45.9	77.9	1012.8	1015.7	7.9	882.8	10.7
Agosto	24.6	30.7	53.5	82.0	1012.3	1015.1	8.5	842.7	10.1
Settembre	21.6	28.2	49.9	78.5	1013.8	1018.2	9.3	768.4	9.0
Ottobre	15.3	21.3	60.6	85.8	1015.5	1019.7	8.7	655.2	8.3
Novembre	13.6	19.1	63.2	85.1	1021.5	1025.2	6.8	491.3	7.0
Dicembre	10.2	15.4	65.3	86.5	1011.6	1016.2	9.0	406.4	6.7
Anno	15.7	21.8	54.1	82.0	1015.6	1019.8	8.3	722.6	8.4



Istruzioni e modello

ISTRUZIONI PER LA REALIZZAZIONE DEI DATTILOSCRITTI

Il *Rendiconto* pubblica le comunicazioni fatte dai soci in una delle adunanze ordinarie dell'Accademia. I soci possono presentare anche lavori di altri autori. In questo caso l'accettazione della *Nota* per la pubblicazione è condizionata al parere favorevole di una commissione designata dall'Accademia.

Le Note dovranno essere inviate al segretario per posta elettronica sia in formato doc che pdf. Il file pdf dovrà incorporare tutti i font utilizzati nel documento originario.

La stesura dovrà essere conforme al modello che è riportato di seguito, riprodotto sotto forma di *template* sul sito web dell'Accademia: Non sono ammesse modifiche al modello fornito.

Layout di pagina. Margine superiore: 5,8 - margine inferiore: 4,8 - margine sinistro e margine destro: 4,25.

Spaziatura prima e dopo: 0; interlinea: singola. Sillabazione automatica.

I riferimenti bibliografici sono indicati nel testo tra parentesi (cognome primo autore, anno di pubblicazione). Se gli autori sono due si indicheranno entrambi, se più di due si indicherà il primo autore seguito da '*et al.*' Nella sezione Bibliografia, i riferimenti bibliografici dovranno riportare quanto indicato nei seguenti esempi per periodici e libri:

Cognome A.B., Cognome C.D. [...] e Cognome E.F. (anno) Titolo. Rivista (corsivo). Numero volume (grassetto), numeri pagina iniziale-finale.

Cognome G.H. and Cognome I.L. (anno) Titolo. Casa editrice, città, stato, numeri pagina iniziale-finale.

Le illustrazioni dovranno avere una risoluzione minima di 300 dpi e dimensioni non superiori a mm 125x180 comprensive dell'eventuale didascalia. Le fotografie a mezzi toni e quelle a colori, devono rispondere a criteri di riproducibilità ed essere utilizzate solo se necessarie per la completezza dell'esposizione.

Saranno forniti gratuitamente 50 estratti, senza copertina, di ciascuna *Nota*, anche nel caso in cui il numero degli autori dovesse essere superiore a uno. Ulteriori estratti e/o la richiesta di una copertina personalizzata saranno a carico degli autori, che ne dovranno fare esplicita richiesta all'atto della presentazione del dattiloscritto all'Editore, che inoltrerà agli interessati un preventivo di spesa.

Composizione del manoscritto in Word

Prima pagina (vedi modello .doc sul sito web dell'Accademia) 7 righe vuote

Titolo: centrato, Times New Roman (TNR) 13, grassetto. Rigo vuoto.

Autori della nota: centrato, TNR 11. Gli apici numerici per indicare indirizzi e affiliazioni di ciascun autore sono da precisare a fondo pagina. La formula da adottare è: "Nota del socio e di..." oppure "Nota dei soci..." ovvero "Nota di Nome e Cognome (1), Nome e Cognome (2)..."

Rigo vuoto.

Presentatore: centrato, TNR 10. (“Presentata dal socio...”)

Data adunanza: centrato, in parentesi, TNR 10. La data dell’adunanza va posta direttamente sotto gli autori, ovvero sotto il presentatore, senza lasciare spazi.

Due righi vuoti.

Keywords: in inglese, TNR 10. Rigovuoto.

Abstract: in inglese, TNR 10. Rigovuoto.

Riassunto: in italiano, TNR 10. Due righi vuoti.

1 - INTRODUZIONE, TNR 10, grassetto maiuscolo Rigovuoto.

Testo, TNR 11, giustificato, indentatura paragrafi 6 mm Rigovuoto.

Altri titoli (tutti numerati in sequenza), TNR 10, grassetto maiuscolo Rigov-
uoto.

Altro testo, TNR 11, giustificato, indentatura paragrafi 6 mm Rigovuoto.

Bibliografia (numerata in sequenza), TNR 10, grassetto maiuscolo

Testo della bibliografia, TNR 10. Primo rigo intero, secondo ed altri: inden-
tatura 6 mm

Rigo vuoto Ringraziamenti, TNR 10.

ISTRUZIONI SPECIALI PER GLI UTILIZZATORI DEL PROGRAMMA LaTeX

[Sono disponibili istruzioni in formato .tex (inviare richiesta a carmine.colella@unina.it)]

```
\documentclass[a4paper, 14pt, oneside, openright]{article}
\usepackage{geometry}
```

```
\usepackage[latin1]{inputenc}
\usepackage[italian,english]{babel}
\usepackage{amsmath, amsfonts, amsthm}
\usepackage{paralist, times, indentfirst}
\usepackage[T1]{fontenc}
\usepackage{amsthm}
\usepackage{mathptmx}
```

```
\geometry{a4paper}
```

```
\setcounter{secnumdepth}{0}
```

```
\newtheorem{prop}{Proposition}
\newtheorem{lem}{Lemma}
\newtheorem{thm}{Theorem}
\newtheorem{theorem}{Theorem}
\newtheorem{cor}{Corollary}
\newtheorem{obs}{Observation}
\newtheorem{exa}{Example}
\newtheorem{defn}{Definition}
\theoremstyle{remark}
\newtheorem{rem}{Notation}
\newenvironment{istema}%
{\left\lbrace\begin{array}{@{}l@{}}}%
{\end{array}\right.}
```

```
\linespread{1.00}
```

```
\title{titolo}
\textwidth = 12.4 cm
\textheight = 19.5 cm
\topmargin = 2 cm
\oddsidemargin = 2 cm
```

```

\begin{document}

\vspace*{20 mm}

\pagestyle{empty}

\begin{center}
{\fontsize{13}{14}\selectfont \textbf
{Titolo}\\}

\bigskip

\fontsize{12}{11}\selectfont

Nota di Autore \footnote{\fontsize{10}{10}\selectfont Dipartimento di ...,
Universit\`a di ..., Via
..., cap, Citt\`a, Nazione. e-mail: ...@...}\\

\vspace{11pt}

{\fontsize{10}{10}\selectfont Presentata dal socio ... \linebreak (Adunanza
del ...)}
\end{center}

\vspace{11pt}

\fontsize{10}{10}\selectfont \noindent \emph{Key words:} Qui bisogna
mettere le parole chiave\\

\fontsize{10}{11}\selectfont \noindent
\textbf{Abstract -- }
qui bisogna mettere il riassunto in inglese\\

\fontsize{10}{11}\selectfont \noindent
\textbf{Riassunto -- }
e qui il riassunto in italiano

\vspace{11pt}

\section{\fontsize{10}{12}\selectfont \bf 1 -INTRODUCTION}
{\fontsize{11}{12} \selectfont

```

```
\section{\fontsize{10}{10}\selectfont \bf2-    }
```

```
{\fontsize{11}{12}\selectfont
```

```
\section{\fontsize{10}{10}\selectfont \bf 3 - REFERENCES}
```

```
\noindent Il primo rigo di ciascuna referenza non deve rientrare, gli altri s`i.
```

```
{\fontsize{10}{11}\selectfont
```

```
\noindent
```

```
\noindent
```

```
\end{document}
```

SEGUE MODELLO DI TESTO
(riprodotto in word sul sito web dell'Accademia)

Un breve ricordo di Guido Barone (1937-2016) e dei suoi cinquant'anni di vita accademica

Nota del socio Lelio Mazzarella¹
(Adunanza del 16 giugno 2017)

Keywords: Proprietà termodinamiche, macromolecole, Società Chimica, effetto idrofobico, ambiente, clima, effetto serra.

Abstract - Guido Barone graduated in Industrial Chemistry in 1961 and has carried out research activity in the field of thermodynamics of synthetic and biological macromolecules, paying particular attention to the hydrophobic effect. He has promoted new and interesting scientific initiatives and contributed to the dynamic of the university politics. In the final part of his activity, he got deeply interested in the environmental risks and in the human impact on the climate, with particular emphasis on the release of greenhouse gases.

Riassunto - Laureato in Chimica Industriale nel 1961, Guido Barone ha svolto attività di ricerca nel campo della termodinamica delle soluzioni di macromolecole sintetiche e biologiche, con particolare riferimento all'effetto idrofobico, promuovendo iniziative scientifiche di grande prestigio. Ha anche dato contributi fondamentali nella dinamica della politica universitaria e del rapporto docenti-studenti. Nella parte finale della sua attività di docente si è estesamente interessato ai rischi ambientali ed all'impatto antropico sul clima, con particolare riferimento agli effetti della potenziale liberazione di grosse masse di gas serra.

1 - INTRODUZIONE

Mi è stato affidato il compito di delineare, alla distanza di un anno dalla sua scomparsa, un breve ritratto di Guido Barone (Fig. 1), socio di questa Accademia,

¹ Dipartimento di Scienze Chimiche, Università Federico II di Napoli, Complesso Universitario di Monte S. Angelo, via Cinthia, 80129 Napoli e Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche della Società Nazionale di Scienze, Lettere e Arti in Napoli, via Mezzocannone 8, 80134 Napoli

alla cui vita ha contribuito con la pubblicazione di diversi lavori sui Rendiconti, e con la partecipazione attiva alle riunioni mensili ed alle discussioni sui temi presentati dai vari relatori (vedi i primi 14 titoli della Bibliografia). Compito che ho assunto con tristezza, unita a nostalgia, per la lunga comunanza che mi ha legato a Guido sul piano umano e familiare e sul piano degli interessi culturali e scientifici, anche se non abbiamo mai pubblicato insieme, a parte, negli ultimi tempi, alcune ricostruzioni storiche riguardanti figure e avvenimenti che appartengono ai nostri anni giovanili.



Fig. 1 – Guido Barone nel suo studio.

Il ritratto non scorre però facile dalla mia penna, perché Guido è stato tutt'altro che una persona monocorde, ma, al contrario, è stato capace di adattarsi, interpretare, partecipare attivamente alle complesse evoluzioni del mondo scientifico e del mondo accademico, nei suoi aspetti organizzativi, politici e sociali. Questa ricostruzione della sua figura non vuole essere puramente e vanamente agiografica, ma far conoscere la persona, e, soprattutto, porre l'accento sull'importanza di un impegno a partecipare e contribuire con idee e lavoro allo sviluppo

della nostra società; impegno di cui Guido è stato un luminoso esempio. È per questo che cercherò di ripercorrere alcuni degli avvenimenti occorsi nel trascorrere della sua vita accademica che ritengo importanti per lo sviluppo della sua personalità.

2 - GLI ANNI DELLA FORMAZIONE

Guido Barone era nato ad Avellino il 14/04/1937 da una famiglia della media borghesia, che si era trasferita a Napoli, dove il padre lavorava in banca e dove Guido aveva conseguito la licenza liceale nel Liceo classico Gian Battista Vico. Si era iscritto all'Università di Napoli in Chimica Industriale nel 1955. È lì che ci siamo incontrati per la prima volta, verso il terzo anno, nelle aule dei corsi afferenti alla laurea in Chimica Industriale, che a noi pareva all'epoca quella che fornisse migliori prospettive e sbocchi professionali.

Erano anni in cui seguire un corso di laurea, di per sé non facile, era un'impresa non proprio trascurabile. Da un lato si richiedeva una frequentazione assidua, dall'altra si era quasi respinti dalle strutture universitarie. I meno motivati spesso ci rinunciavano. Il rapporto tra docenti e studenti era del tutto carente. Lo sviluppo del corso di studio era ostacolato da regolamentazioni estremamente rigide: bastava una sciocchezza, una non accorta pianificazione degli studi, un impedimento imprevisto perché si perdesse un anno; e i professori non facevano sconti. Fu quello che successe a Guido, che però ne approfittò per capire a fondo l'ambiente in cui si trovava ed acquisire un'esperienza ed una sensibilità verso la condizione studentesca che gli risulterà utile per comprendere le istanze che saranno poi sollevate dagli studenti nelle agitazioni, che avrebbero di lì a poco preso il via. Ci trovammo a seguire insieme i corsi del triennio applicativo della Chimica Industriale allora svolti insieme agli ingegneri chimici. Essi a loro volta stavano vivendo un profondo rivolgimento, catalizzato dall'arrivo di Leopoldo Massimilla prima e, poco dopo, di Gianni Astarita, due giovani e brillanti ricercatori, freschi dei loro studi all'estero. Fummo così coinvolti nella progettazione dell'impiantistica chimica: i reattori catalitici, i processi a letto fluido in fase eterogenea, un po' a disagio rispetto agli iscritti in ingegneria chimica, che venivano da una preparazione più specifica. Ci riunivamo in gruppo per affrontare le difficoltà ed è lì che incominciò ad emergere la figura di Guido, favorita anche, fisicamente, da un aspetto imponente e da un vistoso paio di baffi che lo rendevano subito riconoscibile da lontano, carico al solito di una quantità enorme di carte. Incominciò subito a stendere la sua rete socializzante, prodigo di consigli per quelli più giovani ma anche di grosso aiuto per quelli molto più anziani. Allora era facile che gli studenti impiegassero otto-dieci anni per laurearsi: si risentivano ancora gli sconvolgimenti della guerra, i soldi erano pochi, molti venivano da sedi lontane - in quell'epoca il triennio applicativo della Chimica Industriale di Napoli era l'unico in tutto il CentroSud - e soggiornavano a Napoli in condizioni

6 – CONCLUSIONI

Guido faceva parte di numerosi gruppi di discussione, non c'era riunione in cui non intervenisse: di fronte a problemi nuovi in cui si cercava di valutare quale posizione prendere, il suo intervento, di solito lucido e ben ponderato, apriva spesso una via.

Negli ultimi anni avevamo avviato assieme un'attività di tipo storico riguardante la chimica napoletana: abbiamo così pubblicato insieme a Pietro Greco (Greco *et al.*, 2014) un libro su quella irripetibile stagione scientifica che aveva caratterizzato Napoli agli inizi degli anni sessanta del secolo scorso, e di cui ho fatto un fugace cenno all'inizio di questo mio intervento. Abbiamo anche insieme preparato due note, presentate ai convegni sulla storia dell'Ingegneria, riguardanti la nascita e sviluppo dell'Elettrochimica a Napoli nel corso della prima metà del secolo scorso (Barone e Mazzarella, 2016), e la figura di Francesco Giordani (Barone e Mazzarella, 2016), un personaggio importante non solo nell'ambito delle vicende scientifiche italiane ma anche, e forse soprattutto, per il suo contributo alla rinascita economica italiana del dopoguerra. Altre iniziative erano in programma, inesorabilmente chiuse dalla sua improvvisa dipartita.

Guido è intervenuto più volte anche sul Blog di Climalteranti e quello della Chimica, un sito quest'ultimo organizzato e condotto sul web da Claudio della Volpe, un suo antico studente da tempo all'Università di Trento. Il sito è sede di dibattito politico, culturale, scientifico di grande interesse. Tempo fa tra i partecipanti nacque il vezzo di identificarsi con l'elemento chimico avente il medesimo numero atomico dell'età di chi aveva scelto di parlarne, per richiamarne succintamente storia e proprietà. Così nel 2015 Guido divenne ... Platino:

Quest'anno sono.... Platino.

Visto che nessun Collega si è fatto ancora sentire, ho pensato che toccasse a me celebrare il Platino il cui numero atomico corrisponde per quest'anno alla mia età. In verità non sono riuscito a trovare una qualche mia caratteristica che possa associarsi a questo nobile metallo. La mia è solo una aspirazione al color grigio, per di più opaco; sono fragile poco malleabile e facilmente attaccabile da ogni agente chimico La mia densità media è di poco inferiore all'unità, infatti galleggio in acqua.

Ma tant'è bisogna pur parlare di questo importante elemento: il nome deriva dallo spagnolo platina...

7 – BIBLIOGRAFIA

- Barone G (2010) I fattori che regolano il clima seguono differenti scale temporali. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli. Conversazione del 5/3.
- Barone G., (2011) A new hole in the stratospheric ozone on Arctic Ocean, Rend. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli, LXXVII, 293-298.
- Barone G. (2012) Estrazione di gas mediante fratturazione idraulica delle rocce scistose:

- prospettive di sviluppo e pericoli ambientali. Rend. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli, LXXIX, 5-10.
- Barone G. (2012) Inquinamento atmosferico: il Progetto Regionale sulla Qualità dell'Aria in Campania; il contributo della Modellistica numerica. Rend. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli, LXXIX, 11-18.
- Barone G. (2012) Recente accumulo di metano in atmosfera: origini, influenza sul clima. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli. Conversazione del 9/12.
- Barone G. (2013) Formazione e preservazione di molecole organiche nelle condizioni estreme del Sistema Solare. Rend. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli, LXXX, 41-50.
- Barone G. (2014) Nuove informazioni dalle missioni spaziali sulle basi chimiche delle origini della vita. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli. Conversazione del 7/2.
- Barone G. (2014) L'acqua: le proprietà chimiche e fisiche e interazioni con molecole biologiche. Acc. Sc. Fis. Mat. di Napoli. e Acc. Pontaniana: XIV Giornata mondiale dell'acqua, 28/3.
- Barone G. (2014) Le Conferenze delle Nazioni Unite e il V Rapporto dell'IPCC sulle Variazioni Climatiche. Rend. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli, LXXXI, 167-181.
- Barone G. (2016) Le Conferenze delle Nazioni Unite sul Clima: 2015, una svolta negli impegni internazionali ?. Rend. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli, LXXXIII, 15-22.
- Barone G. e Chianese F. (2010) Gli idrati di gas naturali. Struttura, proprietà e origini: loro utilizzo come fonti di energia. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli. Conversazione del 5/3.
- Barone G., Chianese F., Duro I. e Trifuoggi M. (2010) Studies on air quality in cultural heritage: a preliminary research on Capodimonte Museum in Naples. Rend. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli, LXXVI. 53-62.
- Barone G. e Graziano G. (1991) Rischio chimico ambientale. Convegno su Rischi naturali ed impatto antropico nell'area metropolitana napoletana, Facoltà di Ingegneria 7-8 Giugno.
- Barone G. e Mazzarella L. (2014) Il ruolo di Francesco Giordani, scienziato e manager, tra la R. Scuola Superiore Politecnica e la Facoltà di Scienze MM.FF.NN. Atti del 5° Convegno di Storia dell'Ingegneria; International Conference, Napoli 19-20 Maggio 2014.
- Barone G. e Mazzarella L., (2016) La scuola di Elettrochimica a Napoli da Oscar Scarpa a Mario Maria Jacopetti: sviluppo di un importante settore della Chimica tra Ingegneria e Scienze. Atti del 6° Convegno di Storia dell'Ingegneria; International Conference, Napoli 22-23 Aprile.
- Barone G. e Sassi E. (2011) The United Nation Conferences on Climate Change. Rend. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli, LXXVII, 79-88.
- Elia V., Rosati F., Barone G., Monroy A. e Liquori A. M., (1983) A thermodynamic study of sperm-egg interaction. The EMBO J., 2, 2053-2058.
- Greco P., Mazzarella L. e Barone G. (2014) Alfonso Maria Liquori. Il risveglio scientifico negli anni '60 a Napoli. Saggi Bibliopolis, Napoli, pp 232.

**Comitato di Redazione del Rendiconto
dell'Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche**

ISSN: 1121-9270

Scienze Biologiche: F. Angelini, G. Bernardi, E. Boncinelli, G. D'Alessio, J.M. Denucé, A. Di Donato, G. Geraci, A. Giuditta, M. Iaccarino, G. La Mantia, M. Libonati, M. Lorito, C. Polito, R.K. Rastogi, C. Rigano, M. Rossi, C. Saccone, G. Sannia, A. Virzo De Santo

Scienze Chimiche: V. Balzani, S. Califano, C. Colella, R. Lanzetta, M. Malinconico, G. Marino, G. Marrucci, L. Mayol, L. Mazzarella, L. Nicolais, A. Panunzi, C. Pedone, O. Schettino, V. Vitagliano

Scienze Fisiche: M. Capaccioli, A. Coniglio, G. Franceschetti, G. Marmo, L. Merola, M. Napolitano, M. Rigutti, M.V. Sazhin, G. Scarpetta, G. Sedmak, V. Silvestrini, S. Solimeno

Scienze Geomineralogiche: L. Brancaccio, R. Catalano, G. Dal Piaz, B. D'Argenio, P. De Castro, G. Luongo, A. Mottana, A. Rapolla, R. Schroeder, L. Simone

Scienze Matematiche: A. Alvino, A. Avvantaggiati, A. Basile, H. Brezis, S. Buoncristiano, A. Canfora, L. Carbone, C. Ciliberto, A. Corbo Esposito, E. Cosenza, V. Coti Zelati, F. De Giovanni, P. De Lucia, P. Fergola, V. Ferone, A. Fiorenza, R. Fiorenza, N. Fusco, R. Grassini, M.G. Graziano, L. Greco, T. Iwaniec, P.L. Lions, G. Manfredi, F. Mazzocca, A. Murli, S. Rionero, A. Romano, G. Romano, T. Ruggeri, R. Russo, C. Sbordone, B. Straughan, G. Talenti, M. Troisi, G. Trombetti, J.D.M. Wright

