

GERBERTVS accoglie lavori sul papa astronomo, docente e matematico, musico, filosofo Gerberto d'Aurillac Silvestro II e su temi di scienza medievale e didattica.

GERBERTVS

11

ISSN 2038-3657

GERBERTVS

GERBERTVS 11 è dedicato allo studio del Cipresso, e della maturazione del suo polline, dal 2015 in collaborazione tra gli studenti dell'ITIS G. Ferraris ed il centro di Aerobiologia dell'Università di Tor Vergata. Micro e macrofisica insieme.

La correlazione tra giornate ventose e sintomi allergici, si affianca al modello di crescita dei coni polliniferi, e all'analisi dendrocrono-climatologica del tronco di un cipresso di 120 anni. La misura dell'altezza di un albero con l'astrolabio, nella Geometria di Gerberto, ha evidenziato l'uso del numero 12 comune anche alla Musica e all'Astronomia di Gerberto.

Copertina: due cipressi piantati a Lanciano da S. Giovanni di Capestrano nel 1430.

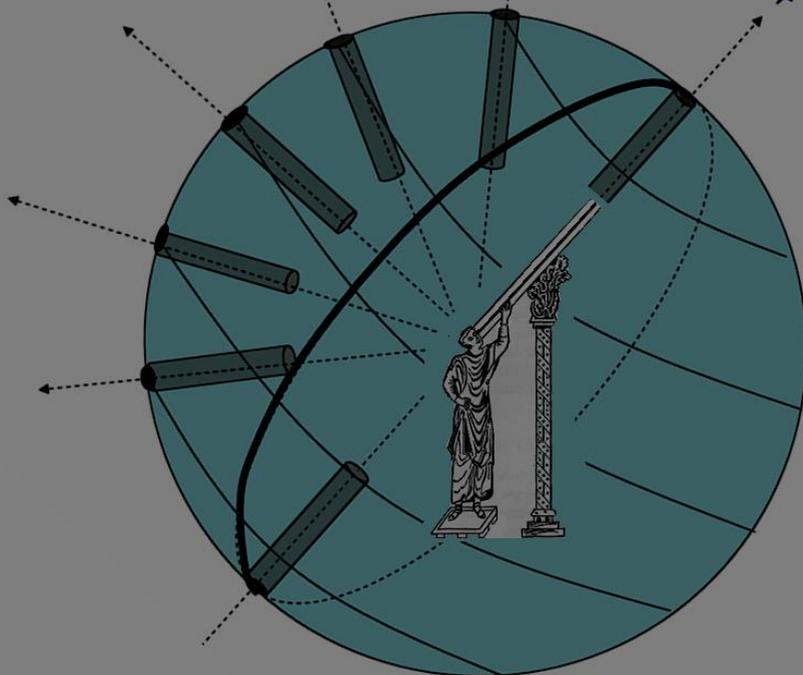
Prof. Costantino Sigismondi Editor

<http://www.icra.it/gerbertus>

2018

International academic online publication  
on History of Medieval Science and Didactic  
Vol. 11/2018

# GERBERTVS



<http://www.icra.it/gerbertus>

**International academic online publication  
on History of Medieval Science and Didactic  
vol. 11/2018**

**GERBERTVS**

# International academic online publication on History of Medieval Science

url: <http://www.icra.it/gerbertus>

## Editorial Board:

Prof. Cosimo Palagiano (Accademia dei Lincei)

Prof. Paolo Rossi (Università di Pisa)

Prof. Cesare Barbieri (Università di Padova e Scuola Galileiana)

Dr. Marek Otisk (Accademia Ceca delle Scienze, e Ostrava Un.)

Dr. Paolo Zanna (Oxford University)

Dr.ssa Irene Sigismondi (LUISS e Sapienza Università di Roma)

**Publisher: Prof. Costantino Sigismondi**  
(ICRANet, Ateneo Pontificio Regina Apostolorum e  
IIS F. Caffè, Roma) Via R.Grazioli Lante 15/A 00195 Roma

Copertina: Il Sole sulla Meridiana di S. Maria degli Angeli in  
corrispondenza di Betelgeuse, Omero Orientale di Orione; Schede  
di Eta Carinae all'AAVSO. Orione nel soffitto della Grand Central  
Terminal a New York.

ISSN 2038-3657 (versione stampata)

ISSN 2038-355X (versione online)

ISSN 2038-3630 (CD-ROM)

Vol. 11 – 2018

Finito di stampare nel luglio 2018

Con il contributo di



## Why Gerbert of Aurillac added to the letter to brother Adam the climate table where the longest day of the year reaches 18 hours?

Marek Otisk (*University of Ostrava*)

submitted May 8, 2018; accepted May 24, 2018

**Abstract** This paper tries to solve the question why did Gerbert of Aurillac in his brief letter to brother Adam (written in 989) elaborate a table for climate (horologium) where the longest day of the year reaches 18 hours. The standard summaries of climates, available during Gerbert's time, did not mention such climate. Gerbert added this table to his letter because the table of climate with 18 hours solstitial day (similarly like the second added table for the climate of Hellespont) is an exemplary guideline according to which Adam can make his own horologies. Gerbert used this extraordinary climate as a suitable explanatory example due to its mathematical simplicity appropriate demonstrating the astronomical theory of yearly Sun movement.

**Sommario** Perché Gerberto d'Aurillac nella sua breve lettera a frate Adamo (scritta nel 989) elaborò una tabella per i climi (un orologio) in cui il giorno più lungo dell'anno raggiungeva le 18 ore. I manuali standard sui climi, disponibili al tempo di Gerberto, non menzionavano questo clima. Gerberto aggiunse questo clima con 18 ore al solstizio estivo (similmente alla seconda tavola per il clima dell'Ellesponto da 15 ore) perché Adamo potesse calcolare il suo proprio orologio per interpolazione. Gerberto volle usare una matematica semplice per la teoria del movimento annuale del Sole.

**Keywords:** Gerbert of Aurillac; horology; timekeeping; climate; astronomy

### 1. Introduction

This paper discusses a relatively short letter by Gerbert of Aurillac written to his friend Adam in the spring of the year 989.<sup>1</sup> This Gerbert's epistle deliberates partial theoretical findings, which were fundamental for contemporary timekeeping. There are several immensely interesting details in this letter. Gerbert describes changes in the presence of daylight over the horizon

---

1 Cf. Rossi, Paolo, "Sinossi delle principali differenti proposte di datazione". In: Gerbert D'Aurillac/Silvestro II. *Lettere* (983–997). Transl. P. Rossi. Pisa: Pisa University Press 2009, p. 204.

during a year in relation to geographical latitude of that place, i.e. according to the length of solstitial day. The letter is accompanied by two tables by means of which Gerbert illustrates described changes. The text was obviously addressed to an erudite recipient because Gerbert uses terms from the field of contemporary timekeeping, astronomy and geography without any further explanation. It can be assumed that Adam was fairly familiar with the contemporary astronomical theories representing the necessary intellectual equipment for timekeeping. This paper focuses on this Adam's possible knowledge and its main goal is to answer the question from the title of the paper: Why Gerbert added to the letter a clime table where the longest day of the year reaches 18 hours?

## **2. Gerbert's horological letter**

Gerbert's letter is apparently a response to the prior Adam's request for the clarification of some partial knowledge necessary for timekeeping. We know practically nothing about brother Adam.<sup>2</sup> The opening of the letter provides justified reason for a hypothesis that Gerbert and Adam were friends. Gerbert claims that he wrote the letter in order to bring the missing friend to mind and, as a token of their friendship, he chose several astronomical theses.<sup>3</sup> They describe the ascend and the descend of the Sun according to the theory stating that the changes in duration of the presence of the Sun over the horizon are irregular

---

2 See e.g. *The Letters of Gerbert with His Papal Privileges as Sylvester II*. Transl. H. Pratt Lattin. New York: Columbia University Press 1960, p. 190.

3 *Die Briefsammlung Gerberts von Reims. Epistola 153*. Ed. F. Weigle. *MGH Briefe d. dt. Kaiserzeit 2*. Weimar: Hermann Böhlaus Nachfolger 1961 [hereafter cited as Gerbert, *Epist.*], p. 180, 11–14: *Ut vero tui memoriam habere cepi, ne penitus otio torperem et amico absentem aliqua in re satisfacerem, litteris mandavi tibi in pignus amicitiae misi quaedam ex astronomicis subtilitatibus collecta, ...*

during the year and are in contrast with the interpretation which suggests that every month at a specific place the length of daily sunlight increases (or decreases) regularly.<sup>4</sup>

Gerbert subsequently quotes the eighth book *De nuptiis Philologiae et Mercurii* of Martianus Capella and he reminds us that the increase of daylight, following the winter solstice, proceeds in this way: In the first month daylight increases by one-twelfth of the difference between the length of the day during winter and summer solstice; in the second month, the daylight increases by one-sixth of the same difference; during the third and fourth month, the increase is one-quarter of the difference between the length of the day during winter and summer solstice; in the fifth month the increase is one-sixth again and in the sixth month it is one-twelfth of the same difference.<sup>5</sup> Gerbert does not waste time by adding that during the second half of the year this process is reversed – the length of the day shortens according to the same calculation. According to this theory, as Gerbert states, he outlined horologies of two climates after he had admeasured specific length of day for every month in both climates using accurate time intervals (hours). It concerns the climate of Hellespont (Dardanelles), where the longest day of a year is 15 hours long, and the first *horologium* is meant surprisingly for the climate whose inhabitants can enjoy daylight

---

4 Gerbert, *Epist.* 153, p. 180, 14–16: ... *scilicet accessus et recessus solis non secundum eorum opinionem colligens, qui equales fieri putant singulis mensibus, sed eorum rationem persequens, qui describunt omnino inaequales.*

5 Gerbert, *Epist.* 153, p. 180, 16–20. Cf. Martiani Minnei Felicis Capellae *De nuptiis Philologiae et Mercurii* VIII, 878. Ed. J. Willis. Leipsic: Teubner 1983 [hereafter cited as Martianus Capella, *De nuptiis*], p. 333, 2–5: *Interea bis climatibus quibusque crescunt decrescunt que luces, sciendum que a bruma ita dies aecrescere, ut primo mense duodecima eiusdem temporis quod additur aestate accrescat, secundo mense sexta, tertio quarta, et quarto mense alia quarta, quinto sexta, sexto duodecima.*

during the longest day of a year for full 18 hours.<sup>6</sup> Gerbert processed mentioned tables on the basis of this method in order to pose as an example, which can be used by Adam to construct his own horologies for any climate. It is enough for Adam to find the length of solstitial day for specific place using water clock, clepsydra.<sup>7</sup> It is comparatively easy to determine the length of a solstitial day: During a solstice, we must separately mark the amount of water which flows through clepsydra in the course of the night and during the day and, subsequently, we must convert the sum of these values (litres) to the 24-hour system.<sup>8</sup>

---

6 Gerbert, *Epist.* 153, p. 181, 1–16:

HOROLOGIUM SECUNDUM EOS, QUI DIEM MAXIMUM HABENT  
HORARUM EQUINOCTIALIUM XVIII.

Iunius et Iulius	Di. Ho. XVIII	Nox Ho. VI
Maius et Augustus	Di. Ho. XVII	Nox Ho. VII
Aprilis et September	Di. Ho. XV	Nox Ho. VIII
Martius et October	Di. Ho. XII	Nox Ho. XII
Febroarius et November	Di. Ho. VIII	Nox Ho. XV
Ianuarius et December	Di. Ho. VI	Nox Ho. XVIII

ITEM HOROLOGIUM ELLESPONTI, UBI DIES MAXIMUS EST  
HORARUM EQUINOCTIALIUM QUINDECIM.

Ianuarius et December	Di. Ho. VIII	Nox Ho. XV
Febroarius et November	Di. Ho. X et semis	Nox Ho. XIII et semis
Martius et October	Di. Ho. XII	Nox Ho. XII
Aprilis et September	Di. Ho. XIII et semis	Nox Ho. X et semis
Maius et Augustus	Di. Ho. XIII et semis	Nox Ho. VIII et semis
Iunius et Iulius	Di. Ho. XV	Nox Ho. VIII

7 Gerbert, *Epist.* 153, p. 180, 20–26: *Itaque secundum hanc rationem duorum climatum horologia certis depinxi mensuris definitas horas singulis mensi bus attribuens. Alterum est Ellesponti, ubi dies maximus horarum equinoctialium est XV, alterum eorum, qui diem maximum habent horarum equinoctialium XVIII. Hoc autem ideo feci, ut sub omni climate ad horum exemplar propria horologia componere possis, cum agnoveris quantitatem solsticialium dierum ex clepsidris.*

8 Gerbert, *Epist.* 153, p. 180, 26–28: *Quod factu quidem facile est, si furtiva aqua nocturni ac diuturni temporis solsticialis, seorsum excepta, accedat ad dimensionem tocius summe, que fit XXIII partium.*

### 3. Movement of the Sun

Gerbert's letter explicitly introduces two different theories concerning the changes in daylight during the year. Medieval thinkers adopted ancient theories about the movement of the Sun, to which the two basic motions are ascribed. The Sun, as well as the whole celestial sphere, to which the stars and constellations are firmly embedded and they revolve around the Earth (from the east to the west) once per 24 hours and this movement is substantial for the definition of day and night. When the Sun appears over the horizon, we talk about the day, while the absence of daylight is characteristic for night. The Sun and its light distinguishes day from night in the same way as light separated day from night during the creation of the world. At the same time, it holds that the day is 24 hours long and one day equals to one orbit of the Sun around the Earth.<sup>9</sup> However, the Sun is not firmly connected with the celestial sphere (contrary to stars) and it does possess even another movement: from the west to the east. This movement spans over yearly period and during it the Sun follows its own circular orbit which is called ecliptic and it passes through twelve zodiacal constellations.<sup>10</sup> Yearly movement of the Sun and its retreating from the celestial equator causes the change of seasons and it, of course, causes the changes of daylight (the presence of Sun over the horizon). We can thus divide the annual path of the Sun by four basic milestones: there are two so called equinoctial days (the days when the Sun crosses the equator and it is over the horizon for the same time as it is under the horizon – we speak of spring or

---

9 See e.g. Beda Venerabilis, *De temporum ratione* 5. Ed. C. W. Jones. *Beda Venerabilis Opera didascalica* 2. CCSL 123B. Turnhout: Brepols 1977 [hereafter cited as Beda, *De temp. rat.*], l. 3–8. Cf. *Gen.* 1,3–5.

10 Cf. Isidori Hispalensis *Etymologiarum sive Origines libri XX* III, 50–52. Ed. W. M. Lindsay. Oxford: Clarendon Press 1911 [hereafter cited as Isidorus, *Etym.*], l. 19-2 or Martianus Capella, *De nuptiis* VIII, 834–835, pp. 314–315.

vernal equinox in March and of autumnal equinox in September) and two solstitial days (the days when the Sun reaches the tropics and its departure from the celestial equator changes its direction and the Sun starts its way back to the equator).<sup>11</sup> For the inhabitants of the northern hemisphere this means that in June we can speak of summer solstice since the Sun reaches the tropic of Cancer and we have the longest day and the shortest night in year, while in December, during the winter solstice, the Sun departs to the tropic of Capricorn and we have the shortest day and the longest night. Apparently, Adam must have known all of these theories because Gerbert isn't speaking about the ecliptic or about the definitions of day and hour in his brief letter, despite the fact that Gerbert's statements would not have been comprehensible without this knowledge. Gerbert describes in greater detail the speed by which (on northern hemisphere) the day is prolonged and night is shortened during the winter and spring months, i. e. the daylight is declining and the night is increasing during the summer and autumn months. It is clear from Gerbert's text that at his time there were at least two different ways of characterising the chain of changes in the presence of the Sun over the horizon. Either the equal increase (or decline) of sunlight over a year was presupposed, or these changes were considered unequal.<sup>12</sup> For the geographical latitude where the length of day during the summer solstice is 15 hours (as in the second Gerbert's table), the first interpretation (the equal changes) would mean that since June till December the presence of daylight is shortened every day by 2 minutes, i.e. by one hour per month, and during the winter solstice the length of the day reaches 9 hours. This theory, which could have been

---

11 See Beda, *De temp. rat.* 16, l. 1–88.

12 Cf. Pseudo-Beda, *De mundi coelestis terrestrisque constitutione liber.* Ed. J.-P. Migne. *PL* 90. Paris: 1850, pp. 883D-884A.

advocated by computists of the Carolingian or Ottonian era, fulfils the requirements of regularity, stability and invariableness of sky events and their interpretation, however, it poorly corresponds to the empirical experience.

This could have been the main reason, why Gerbert himself inclined to the second interpretation and to support this thesis he quotes Martianus Capella who in the eighth book of *The Marriage of Philology and Mercury* wrote that between the both solstices the duration of Sun's presence over the horizon changes unequally. According to the aforementioned algorithm, the day on the example of the longest solstitial day (which means 15 hours in this particular case) would be shortened by 30 minutes in the second decade of July compared to the same day in June; by another 60 minutes in August; by another 90 minutes in September and October; then by another 60 minutes in November; and at winter solstice in December the day is shortened by 30 minutes (see Fig. 1). In Martianus's text this unequal course of changes in the length of day over the year is accompanied by interesting reasoning concerning this irregularity. The Sun is directly intersecting the equator of the celestial sphere, when it goes from the south to the north in March or when it travels in the opposite direction during September, while during the solstices it must change the direction of its movement, which causes the slowdown because the journey to the north changes into the journey to the south and vice versa. This necessity for the change of direction and the description of curve invokes the slowdown of movement of the Sun, therefore around the equinoctial days the faster changes occur, while during the solstitial days the changes are slower.<sup>13</sup>

---

13 Martianus Capella, *De nuptiis* VII, 878, p. 333,6–7: ... *zodiacus circa Cancrum Capricornumque flexior aequinoctialem paene directim secat.*

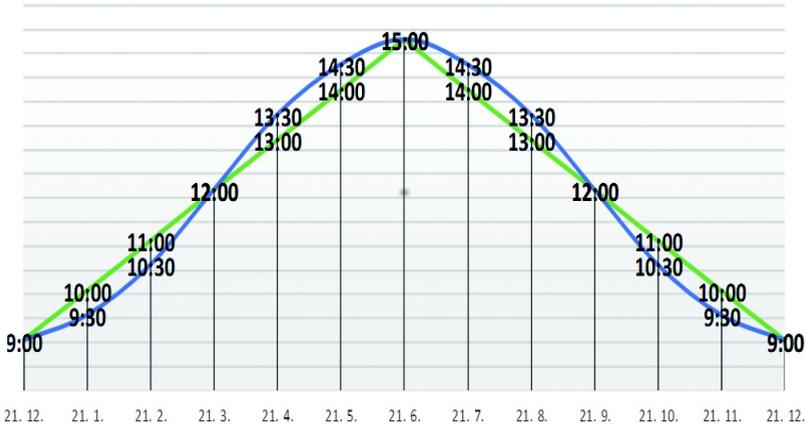


Fig. 1: Daylight in the climate of Hellespont according to theory of equal changes (computists, green colour) and according to theory of unequal changes (Martianus Capella, blue colour).

This reasoning could have been perceived as plausible by Gerbert and its application would explain the regularities in Sun's movements to certain extent which would also correspond to the sky observations in a better way.

#### 4. Geography and climatic zones

Since Gerbert prepared two horologies for Adam according to this second theory – one for the climate of Hellespont (Dardanelles), the other for the geographical latitude where the longest day of the year reaches 18 hours – and even then, there is no explanation of what the climates are. We can assume that the author of the letter anticipated such geographical knowledge to be known to the addressee.

Adam, as well as his other educated contemporaries, evidently knew about contemporary division of the Earth into five basic parts, which was done by five parallel circles of celestial sphere (polar circles, tropics and equator)<sup>14</sup> see Fig. 2.

<sup>14</sup> Ambrosii Theodosii Macrobiani *Commentarium in Somnium Scipionis* II, 5, 13–17. Ed. J. Willis. Leipsic: Teubner 1970, p. 112,3–31.

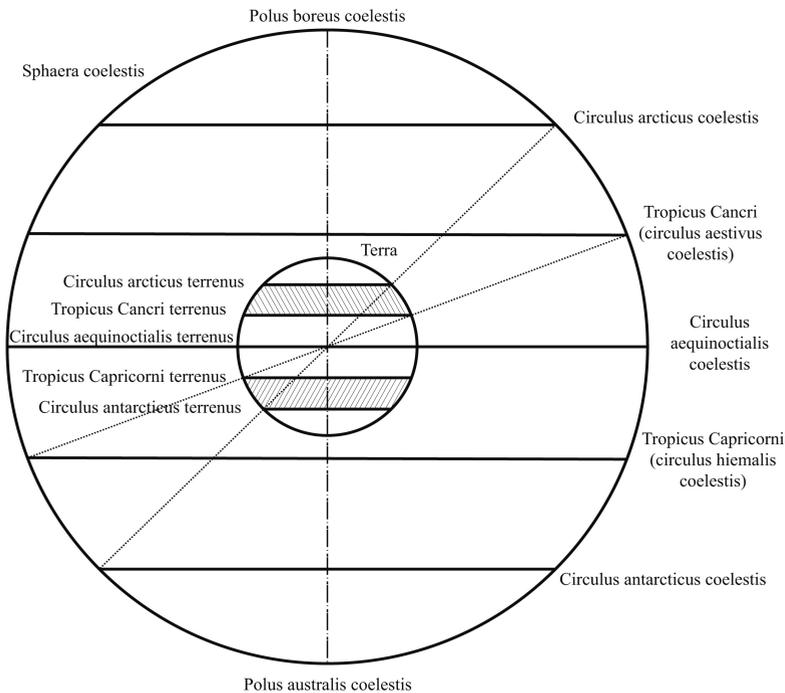


Fig. 2: Division of the Earth.

The territories around Earth's poles, which are in direction towards the equator demarcated by polar circles, cover the northern and the southern polar areas which were, according to medieval theories, uninhabited because the climate is too cold and it does not provide the conditions for human population. Similar situation can be found also in another part of the Earth which is located between both tropics, which enclosing the equator on the northern and even on the southern side, and life does not flourish there because of overly hot weather. There are two parts of the Earth left, delimited by two zones stretching between the tropics and polar circles. The question whether southern part of the Earth is inhabited or not was often tackled during the Early Middle Ages,<sup>15</sup> but in relation to the analysis of

<sup>15</sup> See McCready, William D., "Isidor, the Antipodeans, and the Shape of the Earth", *Isis* 87/1 (1996), pp. 108–127.

Gerbert's letter and to the estimation of Adam's knowledge we only need to focus on the northern hemisphere. The northern inhabited part of Earth was further subdivided into three continents: the east was formed by Asia, the western part consisted of the northern (Europe) and the southern (Africa) areas. All three continents were divided by the Mediterranean Sea.<sup>16</sup> A detailed division into climatic (and time) zones, i.e. parallel zones passing through the continents across the same geographical latitude came into medieval geographic descriptions from the antiquity, and therefore they featured similar climatic conditions, the occurrence of comparable fauna and flora, and resembling customs of its inhabitants.<sup>17</sup> For timekeeping purposes is important that these climates were also delimited according to the length of the longest day and the shortest night during the year.

Scholars usually distinguished between seven zones – that is: (i) Meroë, (ii) Syene (Aswan), (iii) Alexandria (Lower Egypt), (iv) Rhodos, (v) Hellespont (Dardanelles), (vi) Mesopotamus (the Black Sea) and (vii) the mouth of river Dnieper, i.e. Borysthenes,<sup>18</sup> to which other climates were added according to the actual need for the differentiation of a certain area or in case they want to include various extremes or curiosities like the mythical Rhyphaean mountains or the island Thule in the far north, etc.<sup>19</sup>

The zone of Hellespont, which was introduced by Gerbert into

---

16 Cf. Hiatt, Alfred, "The Map of Macrobius before 1100". *Imago Mundi* 59/2 (2007), pp. 149–176.

17 See for example Cassiodori Senatoris *Institutiones* II, 7, 3. Ed. R. A. B. Mynors. Oxford: Oxford University Press 1963 [hereafter cited as Cassiodorus, *Inst.*], p. 156,8–11 or Isidorus, *Etym.* III, 42, 4, l. 17–20.

18 Cf. Cassiodorus, *Inst.*, p. 156,12–17 or Isidorus, *Etym.* III, 42, 4, l. 20–23. See also Honigman, Ernst, *Die sieben Klimata und die ΠΟΛΕΙΣ ΕΠΙΣΗΜΟΙ*. Heidelberg: Carl Winter 1929.

19 See C. Plini Secvndi *Naturalis historiae libri XXXVII* VI, 33–34(39), 211–220. Ed. K. Mayhoff, L. von Jan Plinius. Vol. 1. Leipsic: Teubner 1906, pp. 517–522 or Beda, *De temp. rat.* 33, l. 1–98.

overview table in his letter, was not usually absent from the basic enumeration of seven climates. However, the standard summaries of climates, available during Gerbert's time, do not bring out the climate where the longest day lasts 18 hours, which is approximated by one of the Gerbert's horological table in the letter to Adam. There are only scarce references about such climate during the Early Middle Ages, for instance, can be mentioned the chronicle of Venerable Bede<sup>20</sup> or Eriugena's commentary to Martianus' *The Marriage of Philology and Mercury*,<sup>21</sup> however, even then the Gerbert's introduction of this climate can be surprising.

### **5. Conclusion: Why the climate where the longest day lasts 18 hours?**

There could be several reasons why Gerbert created this climate table. Most frequently mentioned cause presupposes Adam's place of life could be in the northern part of Europe and because of it this table should be useful for his purposes.<sup>22</sup> I do not find this interpretation to be necessarily true. I consider the illustrative and explanatory character of Gerbert's schemes encompassing both climates to be the most probable reason for including this table. If he had wanted to introduce the theory of unequal change in the duration of sunlight over the course of a year by using specific examples, the most suitable climates for this pedagogical-didactic task would have been those climates where the difference of the length of both solstitial days reaches the numerical value which can be easily divisible by number 12 because the monthly change can be measured as either one-twelfth, one-sixth or one-quarter of the difference between the length of both solstitial days. The climate with the longest day of

---

20 Baedae *Historia ecclesiastica gentis Anglorum* I, 1. Ed. and transl. J. E. King. LCL 246. London: W. Heinemann 1962, p. 14.

21 Iohannis Scotti *Annotationes in Marcianum* 296.5. Ed. C. E. Lutz. Cambridge: The Mediaeval Academy of America 1939, p. 140,14–15.

22 Cf. *The Letters of Gerbert with His Papal Privileges as Sylvester II*, 190.

18 hours has the shortest day in the year 6 hours long, therefore the difference in their length is 12 hours, hence monthly changes can be easily described using the whole hours: i.e. 18 hours in June, 17 hours in July, 15 hours in August, 12 hours in September, 9 hours in October, 7 hours in November and 6 hours in December. Similarly, for the climate of Hellespont holds that the longest and the shortest day differs by 6 hours, therefore the table of this time zone can be managed with only hours and half-hours:

December	January		February		March		April		May		June	
Climate of Hellespont ( $a=6$ hours)	1/12 $a$	1/6 $a$	1/4 $a$	1/4 $a$	1/4 $a$	1/4 $a$	1/6 $a$	1/12 $a$				
Gerbert's first climate ( $a=12$ hours)	9:00 →	9:30 →	10:30 →	12:00 →	13:30 →	14:30 →	15:00 →	17:00 →	18:00			

Fig. 3: Daylight according to two Gerbert's horological tables;  $a$  = difference between the length of the day during winter and summer solstice.

I suppose this apparently illustrative power of both tables leads Gerbert to create these *horologia* as an exemplary guideline according to which Adam can make his own horologies, provided he considers the climate in which the given horology should be applied.

### Acknowledgments

The text was realized within the project SGS08/FF/2018-2019 "Norms and Values in the Medieval Society", University of Ostrava ("Normy a hodnoty ve středověké společnosti", Ostravská univerzita) and this is a preliminary form of the paper "Letter on Timekeeping of Gerbert of Aurillac to Brother Adam" for the journal *Constantine's Letters*, and presented to the XVI Gerbert's Meeting held in Rome on May 8, 2018.

## Visual and H $\alpha$ measurements of solar diameter of 9 may 2016 mercury transit

Costantino Sigismondi (*ICRA/Sapienza & G. Ferraris Institute Roma*)

Hamed Altafi (*Iranian National Observatory, Institute for Research in Fundamental Sciences, Tehran*)

Submitted May 8, 2018 accepted May 24, 2018

**Abstract** Visual observations of 2016 Mercury transit ingress made in visible light (Rome) and in H-alpha line (Tehran) are compared to evaluate the quote 1.84" of active H-alpha regions at the solar latitude of the transit, without a confirmation of the theory of an oblate Sun at minimum activity. A variation of -0.12" in the photospheric radius, within 0.17" is found.

**Sommario** Le osservazioni visuali del transito di Mercurio del 2016 sia in luce visibile a Roma che nella riga H-alfa a Tehran sono comparate per valutare la quota di 1.84" delle regioni attive in H-alfa alla latitudine solare del transito, senza la prova che il Sole sia prolatato al minimo. Una contrazione di 0.12", entro 0.17" di errore del raggio fotosferico è trovata.

**Keyword:** Solar diameter, H-alpha layer, Transit of Mercury.

### Instruments and location of the observations

Visible light: refractor 3" f/7 used in projection at Rome Sapienza University, with fixed mount: 41° 54' 12.41" North, 12° 30' 48.87" East, 80 m elevation. 2) H-alpha: Lunt solar telescope with 0.7A band pass on equatorial mount and tracking motion, in Teheran: 35° 44' 57.62" North 51° 26' 39.9" East, 1399 m elevation and seeing 2".

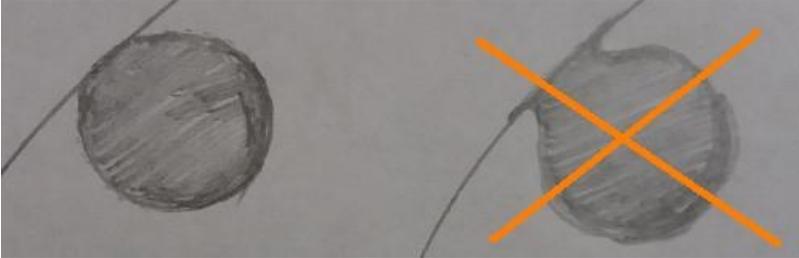
The conditions of the sky were clear (thin and rapid clouds 1°/6s passing on the Sun in Rome during the first minute) at both locations at the ingress, for first and second contacts. Both observers already experienced visually Mercury (2003) and Venus (2004 and 2012) transits.

To locate the ingress position before t1 on the solar limb (position angle P.A.=83.3° in Rome) the preceding (East) limb (P.A.=90°) in the projected image with fixed mount was considered, and the sunspot map<sup>1</sup> was compared to the field of H-alpha telescope.

---

1 <https://www.solarmonitor.org/?date=20160509>

The video of the observation in Rome is published,<sup>2</sup> the appearance of the second contact at the H-alpha telescope is drawn here; the black drop -if any- was instantaneous.



The H-alpha observation was made at 35X magnification and the Ethalon was tuned through pressure adjustment in such way that can see both surface details and limb as sharp as possible, not having emphasis on resolving prominences. Just after the transit start, the magnification was increased a bit using the zoom eyepiece to see the event more accurately in hope to record probable black drop effect. Mercury was in the center of field of view, as even in very high quality telescopes, off-axis appear some aberrations and optical defects because of the laws of optics.

### **Observational data and discussions:**

The following table summarizes the observations

Location	Observed times [UTC]	Calculated time [UTC] for white light
Rome	t1 11:13:57	t1 11:12:10.3(2) at 65.6° altitude P.A.=83.3°
	t2 11:15:23	t2 11:15:21.3(1)
Tehran	t1 11:11:17	t1 11:11:14.4(3) at 50.1° altitude P.A.=83.1°
	t2 11:13:58	t2 11:14:25.4(3)

The ephemerides used are calsky.org and between parentheses

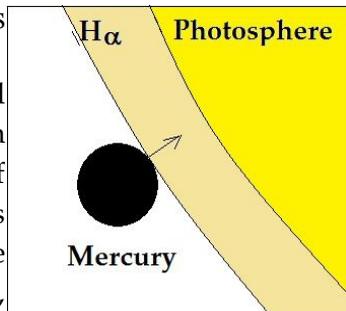
<sup>2</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=4ORAIX7iPKc>

() the ones of Helios program. The difference between them is of 0.1 s, corresponding to 6 km in the orbit of Mercury. P.A.=83.3° corresponded to the solar latitude -15.58° for that day (program Helios v3.2).

The observation made in Rome made by projection with several students evaluating their instant of perception for t1 and t2. For t2 a spread of 2 seconds has been found and is recorded in the video, with a case of 26 s of delay, due clearly to the personal eye resolution.

**Theoretical optical resolution and seeing in Rome:** the seeing and the resolution of the instrument+eye can be estimated *a posteriori* by the time of appearance of Mercury's disk: that has been 1m47s later than ephemerides, 107s at 6.3"/100s correspond to 6.75 arcseconds. Mercury had to enter the limb for such dimension (half of its diameter) in order to be seen by us.

The projected image of the Sun had a diameter of 13 cm and it was seen from 50 cm of distance. The disk of Mercury was 12" and the Sun was 1901", so the dimension of the planetary disk was a 0.82mm dot, 338 arcseconds wide at 50 cm of



distance, or 5.64 arcminutes. The resolution of the naked eye is averagely 1 arcminute, able to see a dark feature of 0.14 mm on that projected solar disk, a feature corresponding to  $\varrho=2.13''$  in the sky. The theoretical resolution of the telescope is  $\theta=1.22\lambda/D=1.4$  arcseconds according to Rayleigh formula. The atmospheric seeing has been estimated as  $\sigma=2.5''$  because it permitted to observe clearly the distance between the double spot of the active region NOAA12542<sup>3</sup> which was 5.2".

3 [https://www.solarmonitor.org/region\\_pop.php?](https://www.solarmonitor.org/region_pop.php?)

Combining in quadrature the previous factors we obtain a final optical resolution for that event of  $r=\sqrt{(\rho^2+\theta^2+\sigma^2)}=3.6''$ .

### **Improving 20 times the spatial resolution by transit's timing**

The circumstance of the Mercury transit and its timing allowed us to improve of a factor of 20 such theoretical resolution, and applying it to the solar diameter.

We verified that the measurement of  $t_1$  in Rome was affected by the "effect surprise" due mainly to the poor contrast of the image in the projected Sun, with respect to a telescopic image.

The second contact  $t_2$ , conversely, was spotted with only 2s of delay (2-4 s for most of the observers) with respect to the ephemerides: the black drop -if any- was confined within 2s (as occurred for H-alpha observations), and it was an effect of the combination of the previous optical resolutions with the seeing, without the "effect surprise". These 2s of delay of  $t_2$  can be attributed to the variation (contraction) of the radius of the Sun of  $\Delta R=-0.12''\pm 0.17''$  with the uncertainty given by the quadrature sum of two terms: 0.12" due to the possible black drop and another 0.12" due to timing uncertainty.

**Black drop effect:** In addition to 2s of delay of  $t_2$  perceived in Rome, the H-alpha observation shown that just after the planet fully entered the Sun's disk, a deformation near the limb was seen (see the drawing in fig. 1); as a possible signature of black drop effect. Any obvious conjunction between the planet's edges and the inner limb of the Sun was not seen.

The observer was expecting this effect lasting more seconds, but only no more than 3s after what has been called black drop, the planet edge was clearly separated from the solar limb and this was defined as the second contact time.

### **Height of H-alpha region with respect to the photosphere**

The first contact  $t_1$  in  $H\alpha$  was observed 2.6s later than

---

date=20160509&type=chmi\_06173&region=12542

photospheric radius' ephemerides. The second one  $t_2$  27.4s before than predictions for photospheric radius. Mercury was perceived entering the  $H\alpha$  layer of the Sun with the opposite limb 2 minutes and 41s=161s after the  $t_1$ . Since  $H\alpha$  activity is at higher quote with respect to the photosphere, a general advance of  $t_1$  and  $t_2$  should be expected, but no difference in  $\Delta t=t_2-t_1$ , because the curvature of the  $H\alpha$  layer is similar to the photosphere (fig. 2), so the interval  $\Delta t=t_2-t_1$  from ephemerides is 3 minutes 11s, 191.0s in both wavebands. Moreover there is no significant absolute error  $>0.1s$  on modern ephemerides.

The program Helios developed in Brazil by Helio de Carvalho Vital gives for the same location just 0.1s offset with respect to Calsky (Switzerland), corresponding averagely to 6 Km in the orbit of Mercury at its average speed. The atmospheric seeing  $\sigma=2''$  contributed to the "surprise effect" for  $t_1$  timing by 30s.

The diameter of Mercury was 12.05" and its entrance velocity was 6.309"/100s, say 2" in 31.7s: the agitation of the observed solar limb profile was larger than the portion of Mercury already entered.

Similarly to Rome observations, the timing  $t_2$  of the second contact, was unaffected by the black drop and by "surprise".

The ingress phase in  $H\alpha$  then reliably started at  $t_1$  corrected by 31.7s:  $t_{1corr}=15:40:45.3$ , 29.1 s before the predicted photospheric contact time. The  $H\alpha$  radius was therefore 1.84" larger than the 959.63" photospheric standard radius. Consistently with previous considerations the final  $H\alpha$  radius at solar latitude  $-15.58^\circ$  is 1.84" $\pm$ 0.19" above than the photospheric one, being the 0.19" the 3s of maximum allowed black drop.

### **Prolate H alpha solar atmosphere and planetary transits**

The are indications in literature (Filippov and Koutchmy, 2000; Filippov, Koutchmy and Vilinga, 2007) on the prolateness of

solar chromosphere at solar minimum, disappearing at maximum. In 1996 the height of the chromosphere at the center of H $\alpha$  line was ranging from 4.3-4.4 Mm=6" at the equator to 6Mm=8.3" at the poles (Johannesson and Zirin, 1996). In the following table we compare such data with the ones obtained during planetary transits by Sigismondi (2015).

Date	11.4 year cycle phase 0°=1/1/2008	Solar Latitude	Quote H alpha layer
1996.6	0°	0°	+6" (J&Z96)
1996.6	0°	90°	+8.3" (J&Z96)
2003, 7 May 2006, 8 Nov	218° 323°	51.3° North 28.1° South	+0.41" (678 nm)
2004, 8 June	250°	44.1°±0.8° South	+0.39"±0.01"
2012, 6 June	142°	36.5°±0.8° North	+0.27±0.01" (617.3 nm) +0.28±0.16" (551±88 nm)
2016, 9 May	268°	15.6° South	+1.84"±0.19"
2004, 8 June	250°	44.1°±0.8° South	+0.49"±0.01' (678 nm)'

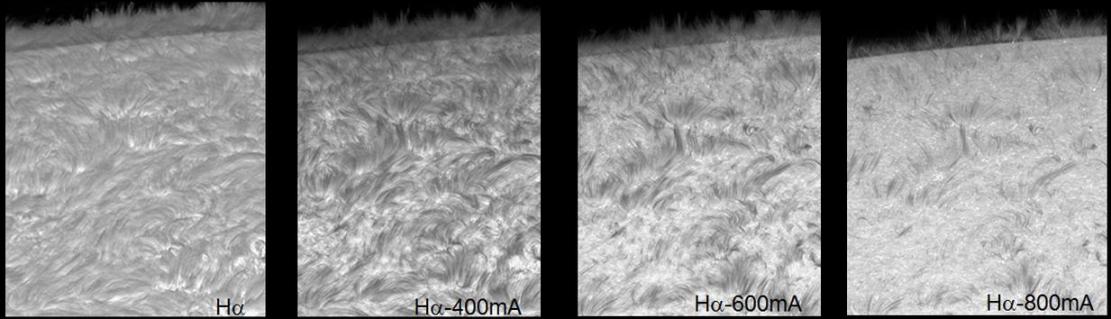
How to explain these data in a single framework?

From this table no trend is evident; and the question of the tuning of H-alpha filters appears relevant on the H-alpha limb definition, since the data of 1996 are a factor of 4 larger than others. Moreover an aperture of 60 mm (2004) and the one of 100 mm (2016) for the observation of the limb in H-alpha give respectively 1.7" and 1.0" optical resolution; and 2.8 times in intensity with a possible modified cutoff with respect to the background luminosity.

The  $H\alpha$  observations for 2004 Venus transit<sup>4</sup> were made by Anthony Ayomamitis with a Coronado 60 mm and  $0.7\text{\AA}$  bandpass filter combined with a Televue refractor. The  $H\alpha$  quote was obtained from a sequence of such timed photos as  $387\pm 9$  milliarcsec and from the interpolation of satellite data:  $414\pm 11$  milliarcsec (Sigismondi, et al. 2015).

The interpolation of 411 mas for extra  $H\alpha$  radius with respect to photospheric one, has been made between data from 2003-2006 transit of Mercury at 676.78 nm with SOHO satellite, and the ones at 617.3 nm SDO data of the transit of Venus 2012, but they give only the continuum while  $H\alpha$  cannot be considered as the continuum's extrapolation at 656 nm, it is another physical process; moreover the Sun was in different stages of its 11-year cycle.

### **Variations of $H\alpha$ quote by tuning the filter**



From this sequence of Dutch Open Telescope images around the center of  $H\alpha$  line, we see the height of the forest of spicules decreasing to half value toward  $0.8\text{\AA}$  off-center. The spicules are features of  $0.7''$ , and cannot explain variations of  $8''$  (or  $2.3''$  from pole to equator) found in the above table, unless the prolate  $H\alpha$  Sun is strongly dependant on the particular cycle.

### **Conclusions on the solar diameter variations**

The chromosphere thickness is about 2500 km, corresponding

<sup>4</sup> <http://www.perseus.gr/Astro-Planet-Ven-Tr2004.htm>

to 3.45" at 1AU; the spicule arrive at 500 km (0.69") and are visible in H $\alpha$  (Bialkow coronagraph); the H $\alpha$  layer is within these dimensions, and its local extention can be measured visually during planetary transits at given phase of solar cycle. The hypothesis of a prolate Sun during solar minimum (0° phase) with a difference of 2.3" between Polar and Equatorial radius is out of our data range, being 268° or -92° the phase in 2016 Mercury transit, of a cycle, the 24, fainter than the 23.<sup>5</sup> Interpolating only H $\alpha$  data from table 1 at solar latitude 15.6° South, we have: phase 0° (1996.6) +6.4", phase 250° (2004.5) +0.4" at 44°, phase 268° (2016.4) +1.8". Being more precise the last two measurements made during transits, we can see an increase of +1.4" in the H $\alpha$  radius from cycle 23 to 24.

H $\alpha$  radius is 1.84"±0.19" above the photospheric one, which is 0.12"±0.17" smaller than the standard one.

The scientific value of historical accurate visual observations like Gambart's one in Marseille on May 5, 1832 is confirmed by this analysis of present visual data, and it is relevant for studying the long term evolution of the solar diameter.

### **Acknowledgments**

To Serge Koutchmy and Pawel Rudawy

### **References**

- C. Sigismondi, et al. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1507/1507.03622.pdf> (2015)
- B. Filippov and S. Koutchmy, *Sol. Phys.* 196, 311 (2000)
- B. Filippov, S. Koutchmy, and J. Vilinga, *A&A* 464, 1119 (2007)
- H. Neckel and D. Slabs, *Solar Phys.* 153 91 (1994)
- P. Meadows, *Helio* v. 3.2 [www.petermeadows.com/html/software.html](http://www.petermeadows.com/html/software.html) (2005)
- I. I. Shapiro, *Science* 208, 51 (1980).
- H. de Carvalho Vital, [http://www.geocities.ws/lunissolar2003/Helios\\_Transits.zip](http://www.geocities.ws/lunissolar2003/Helios_Transits.zip)
- J. Gambart, *Astronomische Nachrichten*, 10 257 (1832).
- NASA/ADS all references of C. Sigismondi: Venus+Mercury

---

5 <https://wattsupwiththat.com/2018/03/18/approaching-grand-solar-minimum-could-cause-global-cooling/>

## **Summer solstice decorations on the meridian line of S. Maria degli Angeli in Rome are forgotten obliquity meters.**

Costantino Sigismondi (*ICRA/Sapienza & G. Ferraris Institute Roma*)

Submitted June 20, 2018 Accepted August 21, 2018

**Abstract** The decorations on the floor of the Basilica on the path of the Sun at the Summer solstice have been identified for the first time as half of the solstitial solar image, used to evaluate rapidly the secular obliquity variation. The red marble which limit the area of the great secular ellipses of the Polaris is located on the exact path of the center of the Sun at 1702 Summer solstice; the comparison with the Winter's one is done.

**Sommario** Le decorazioni presenti sulla meridiana di S. Maria degli Angeli sul percorso del Sole al solstizio d'Estate sono state identificate per la prima volta come metà immagine solare solstiziale, usati per valutare rapidamente la variazione secolare dell'obliquità eclittica I marmi rossi che circondano l'area rettangolare che include le grandi ellissi secolari della Stella Polare terminano esattamente dove il centro del Sole passava al Solstizio estivo. Al solstizio invernale l'immagine del Sole del 1702 lambiva il Capricorno.

### **Introduction**

Measuring inside a dark chamber (done by Paolo dal Pozzo Toscanelli in Florence's Dome since 1475) is better than outside with obelisks,<sup>1</sup> because of the penumbra and low image's contrast. Measuring the solstice instant is possibile with one hour accuracy near the Winter solstice at the meridian line of S. Maria degli Angeli (Sigismondi, 2018), a similar accuracy is for Summer one. The meridian line of S. Maria degli Angeli was made to measure the obliquity variation, and nowadays this is possible at both Winter and Summer solstices.

Two Summer decorations were not explained, nor considered until now (e.g. in Catamo & Lucarini 2011, Sigismondi 2009)

Here I show that there are two *Obliquity meters*.

### **Obsveration of the 2018 Summer solstice**

As usual the image appears short before the meridian transit, which is the topical event to be measured at the meridian line.

The altitude's variation in  $\pm 20$  minutes from the transit is  $\pm 33'$ .

---

<sup>1</sup> "Piazze assolate con grandi obelischi che fungono da giganteschi gnomoni", cfr. Museo di Roma.

Through the pinhole the Sun's path projected from 20.344 m of height and  $71^\circ$  is a hyperbola tangent to the line in red marble. This hyperbola is 21 mm closer to that line at the second decoration, as calculated extrapolating the first superposition 4 minutes before the second one at 13:01:20 on June 20, 2018.

Timing Jun 20 2018	First half Sun (calc)	Second half Sun (obs)
180° - azimuth	13°	$7\frac{1}{3}^\circ$
Sun's altitude	71°09'	71°24.5'.
Distance from zero	7.313 m	7.205 m
Projection to meridian	7.125 m	7.146 m

The difference is 21 mm, the position at azimuth  $180^\circ$  and  $h=71^\circ33'$  is 7.153 m. The projections help to understand how the hyperbola is approximated by the line. The two decorations show two phases of the "Sun rising" over the red marble line.



The left brass semi-ellipse is less than half, the second one is nearly half. The solar image is not complete because of the Vanvitelli arch, interrupting the sunlight from the pinhole. The Architect Luigi Vanvitelli executed these works for the holy year 1750. The preservation of the positions of all stars when the marble floor of the Basilica was realized, also for the holy year 1750, shows that Vanvitelli respected carefully every

detail on the Basilica's floor for its astronomical content related to the Bianchini's meridian line. The fact that he left one of the two meters in permanent shadow, confirms that no instructions about their use were available in 1750.

And this situation has been continued until 20 June 2018.

Despite that the solar image is not complete is evident that the complete one is farther than the lower red marble than the 1702 one, materialized by the two brassed semi – ellipses.

The photo for 1702 would say: the solstice is not yet, or already occurred; for 2018 if in the solstice date  $\pm 1$  day says: the Earth axis is less inclined of 2 arcminutes than in 1702.

The two decorations were therefore a *double Obliquity meter* and a pathfinder for the Summer lowest hyperbola.

### **Difference between 1702 and 2018 solstices**

Being the obliquity of Earth's orbit diminished from  $23^{\circ}28'$  to  $23^{\circ}26'$  in 3 centuries it corresponds to a shift of 12.4 mm at the level of Summer solstice in S. Maria degli Angeli meridian line, at 21,42 m from the pinhole. For the Winter solstice the shift is 28.6 mm, at 49.6 m from the pinhole.

Both dimensions are measurable and verifiable at this meridian line. For the Summer solstice the location error of the present pinhole (different from the original one, Sigismondi 2012) can be comparable.

The uncertainty about the limit of the solar image is  $\approx 1$  mm, at maximum we have 2 mm when there is a lot of turbulence.

The distance between the two solstices on this meridian line then shortened by 41 mm in 3 centuries.

### **The 2018 solstice image: 20 June 13h01m20s**

IMCCE ephemerides of Paris give 21 June 2018 at 10h07m UT, 12:07 local. This image is 25.1 hours before the solstice.

Difference with 21 June: from  $h=71.423^{\circ}$  to  $h=71.426^{\circ}$  only 10.8" say 1.1 mm. The image above has been captured a few

seconds after the solar image was superimposed on the decoration, aligned to the black ellipse, which represents the Solstice of 1702.



The horizontal diameter (vertical in the photo  $D_h$ ) of the solar image is 19.58 cm + 1cm of pinhole=20.58 cm; the ratio 1067:1013 in pixel of the original photo is equal to 20.58:21.67 the meridian  $D_m$  (projected) diameter.

$D_m = D_h * [1 + 1/\tan^2(h^\circ)]^{0.5}$ . The calculated ratio is 1.055 q.e.d.

Same ratio is obtained with the black ellipse fitting the "half sun". The photo is zenithal, without significant deformations.

### **Two decorations: a missed visit or a solstice's chronometer?**

They are made before the 1750 renovation under Benedict XIV, because now the Sun appears only after the first decoration.

The facture is similar to the decorations of Jan Sobiesky and Maria Casimira of Poland, made in 1702, september 12, 19 years after the battle of Wien. The dimension of the half solar image is coherent with the solsticial one, up to a millimeter.

The vertical and horizontal dimension are in ratio  $3:\sqrt{10}$ , as obtained from the tangent of the height of the meridian solstice Sun 1:3 for Rome. On the photo, in black, is reported the whole solar image fitted to the decoration. It is closer to the

pinhole base, than the 2018 one, as it is expected.

Two other images are dedicated to the visit of Pope Clement XI on 20<sup>th</sup> August 1702, and their dimensions are the ones of the Sun. Is it possible that the images were prepared for an important visit on the Summer solstice? Or was this a device prepared by Bianchini to measure with accuracy the Solstice's instant? The double image recalls the "equinoxes' chronometer" that Bianchini put before and after the meridian line at the crossing of the celestial equator. That device is explained with the opportunity to have two more occasions for evaluating how many hours +/- from the equinox are. Was this device something to evaluate the time +/-from the solstice?

### **The Capricorn and the Cancer**

The two solstitial signs are realized in different ways on the meridian line: The southern edge of the solar image approaches the dark borders of the Capricorn on December 21, it touched it in 1702. The red border of the Northern meridian line with the Polaris' ellipses is the path of the center of the solar image on June 21<sup>st</sup> 1702. Once again the disposition of the marbles has astrometric purposes. The eye could check immediately the difference from the solstice in 1702 and the current one at any time 20 minutes before the transit.

The passage on the second *arabesque dome with cross* decoration, at the superposition's instant, gives immediately the evaluation of the difference. It is done with the southern limb of the Sun again, which is much easier than calculating the position of the solar center.

### **Angelo Secchi, geodesy and the signal of mean noon**

The father of Italian geodesy is Francesco Bianchini (1662-1729) who built the meridian line in the Basilica of S. Maria degli Angeli in Rome with the purpose of measuring accurately the variation of the obliquity of Earth's orbit and the tropical year duration. He compared the observations of eclipses made in Rome and in

Bononia, at the meridian line (1655) made by Giandomenico Cassini and found that the meridian of the Pontifical State was from Rome to Rimini.

While Bianchini published many details of the meridian line in 1703, the presence of two decorations near the Summer solstice position has remained unexplained until 2018. Only one of them receives the image of the Sun nowadays and allows immediately to evaluate the secular shift of the solstice's position. The position of the red marble strip under this decoration is the materialization of the solstitial center of the solar image in 1702.

For 1.5 centuries the signal was given by that meridian line, Secchi was able to automatize the procedure of the ball-drop, as in Greenwich observatory. A signal was spread to the city, through the fall of a sphere visible from far on top of the Flamsteed house, to give the instant of the local meridian transit. This was established in 1833 and automated in 1852 by Airy. Secchi upgraded a similar device (set up by Father De Vico S. J. after 1840) upon the roof of St. Ignatius, where his Observatory was located. This ball-drop gave the signal to the cannon on Gianicolo hill. Nowadays the tradition of the cannon continues, without the intervention of astronomers.

Secchi measured carefully the meridian of Rome, and paved the way to the modern geodesy and the fundamental meridian of Italy at  $12^{\circ} 27' 08''$  from Greenwich.

## **References**

- C. Sigismondi, <https://arxiv.org/abs/1802.02056> (2018)
- F. Mazzucconi, P. Ranfagni, A. Righini, Leonardo Ximenes SJ e il grande gnomone si Santa Maria del Fiore in Firenze, *Giornale di Astronomia* 32, 83 (2006)
- M. Catamo and C. Lucarini, *Il Sole in Basilica*, Arpa Agami Roma (2002, 2011<sup>2</sup>)
- C. Sigismondi, *Lo Gnomone Clementino*, Roma (2009)
- T. Aebischer, *Le misure geodetiche*, in Angelo Secchi *l'avventura scientifica del Collegio Romano*, Quater ed. Foligno (2012) p. 227.
- R. Lay, *Il nuovo osservatorio del Collegio Romano*, in in Angelo Secchi *l'avventura scientifica del Collegio Romano*, Quater ed. Foligno (2012) p. 93.

## **Il profilo d'intensità della penombra durante l'eclissi lunare**

Costantino Sigismondi (*ICRA/Sapienza & G. Ferraris Institute Roma*)

Submitted July 28, 2018, Accepted October 20, 2018

**Abstract** The profile of the penumbra next to the umbra during the lunar eclipse is modulated by the solar limb darkening profile. The magnitude of the umbra and the Danjon scale index are done for the eclipse of July 2018.

**Sommario** Il profilo della penombra al limite dell'ombra durante un'eclissi di Luna è modulato dall'oscuramento al bordo del Sole. La luminosità dell'ombra e l'indice di Danjon sono osservati per l'eclissi di Luglio 2018.

### **Introduzione**

La foto seguente del 28 luglio h 00:02:18 benché sfocata, mette in evidenza la questione fondamentale: perché l'ombra è sfumata? Perché non si vede il profilo netto della Terra?



*Fig. 1 La luna nella fase finale dell'eclissi con cannocchiale 8x17 e GalaxyJ5*

### **Le cause dell'ombra**

Da Richero di Reims (PL90, 64) leggiamo che Gerberto risponde ad Otrico della causa dell'ombra. - «Io pretendo che

la causa dell'ombra è un corpo posizionato davanti la luce. È impossibile di esprimere ciò più brevemente.

Nel caso in oggetto dobbiamo distinguere le caratteristiche della sorgente luminosa, il Sole, e del corpo, la Terra con atmosfera.

Se il Sole fosse una sorgente puntiforme, l'ombra sarebbe più netta, poiché non ci sarebbe possibilità di avere penombra.

Ci sarebbe una sfumatura dovuta all'atmosfera terrestre che rifrange i raggi solari, anche dove sarebbe l'ombra geometrica.

La sfumatura dall'ombra alla luce è essenzialmente dovuta alla geometria della penombra, ma c'è un'altra combinazione che accentua la penombra: il limb darkening del Sole. Al bordo del Sole infatti l'intensità luminosa è circa il 16% di quella al centro del disco.

Quando nei pressi del limitare dell'ombra si è in una zona dove si vede l'1% del disco solare, l'intensità luminosa proveniente da questo va moltiplicata per il 16%, per cui sulla Luna si osserva solo l'1.6‰ della radiazione riflessa massima possibile.

Il bordo dell'ombra durante un'eclissi di Luna è sfumato, e l'estensione di questa sfumatura si percepisce per circa 1/5 del diametro lunare. Cosa determina la sfumatura vicino all'ombra dell'eclissi? L'ampiezza della penombra (dove, dalla Luna, si vede una parte del disco solare) corrisponde al diametro angolare dell'intera Luna e non solo ad una sua parte, poiché Sole e Luna, visti dalla Terra, hanno la stessa ampiezza angolare.

### **Misure osservative**

Preso una foto dell'eclissi ci si muove perpendicolarmente all'ombra e l'intensità luminosa cresce prima seguendo una parabola con concavità verso l'alto e poi la crescita è lineare; proprio la parabola iniziale determina l'effetto sfumatura dal

buio alla luce per cui l'ombra non ha bordo netto.

Benché l'albedo della superficie lunare non sia omogenea, l'effetto sfumatura è comunque evidente come in figura 2.

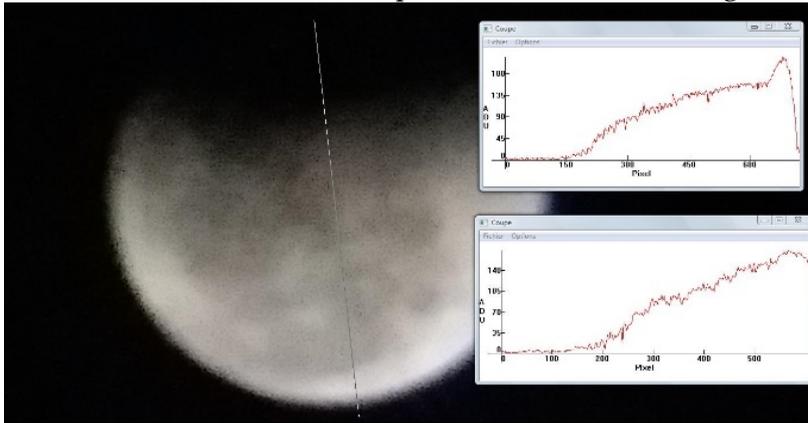


Figura 2. Eclissi di Luna del 28 luglio 2018 h 00:02:18: verso la fine della fase parziale. Istogrammi dell'intensità luminosa lungo linee perpendicolari al bordo dell'ombra fatti con IRIS.

### **Analogo della luce in eclissi usando un bordo rettilineo**

La curvatura dell'ombra terrestre è quattro volte quella del disco lunare. L'ombra di un bordo rettilineo (curvatura infinita) approssima quella della Terra ed è realizzabile anche in casa fotografando il bordo di una finestra su uno schermo bianco; così abbiamo una soluzione "analogica" dell'integrale della funzione Limb Darkening (LDF) "pesata" con l'arco di Sole corrispondente e integrata su tutti i punti del disco solare visibile da un dato luogo della Luna.

### **Risultati con l'analogo geometrico rettilineo**

Ad una distanza di 1m 70 ho posto uno schermo bianco su cui era proiettata l'ombra. Ho preso una foto a fuoco e con buona risoluzione dell'inizio dell'ombra, che poi ho analizzato col software IRIS.

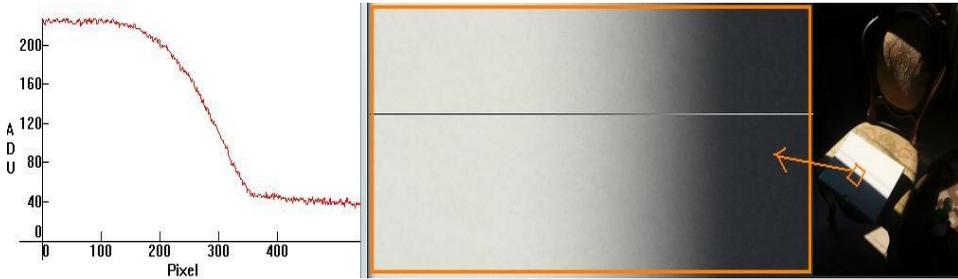


Figura 3. Istogramma e dettaglio dell'ombra del bordo di una finestra sullo schermo bianco.

Si ottiene così graficamente proprio il risultato dell'integrale (\*) della LDF pesata con l'arco.

$$2 \int_a^1 \left( LDF(x) = 0.16 + 0.84 \cdot \sqrt{1-x^2} \right) \arcsen \left( \sqrt{x^2 - a^2} \right) dx$$

In fig. 4 è l'integrale della LDF pesato con l'arco passante per x.

### La fotometria dell'ombra dell'eclissi del 27-28 luglio 2018

L'illuminazione nell'ombra è determinata dalla rifrazione dell'atmosfera terrestre e soprattutto dall'attività solare e dall'aspetto della corona. Durante la totalità (h 21:30-23:13, massima alle 22:22) ho comparato l'intensità della luce della Luna con astri sfocati alla sua stessa dimensione angolare.

**h 21:40** meno di Giove (-2.13, estinta a -1.68) più di Marte (-2.8 estinto a meno di -0.95 perché a 6° di altezza e con la foschia)

**h 22:40** come Arturo (magnitudine allo zenit -0.04 est. +0.26) più di Saturno (+0.18 est. 0.64) meno di Giove (est. -1.50 e meno di Marte (est. -1.93)

**h 23:00** più di Arturo (est. +0.28) meno di Marte (est. -2.04)

Secondo la scala di Danjon ho valutato un indice intermedio tra 1 e 2: D=1.5; calsky.com prevedeva D=1.3.

La magnitudine prevista era 0.6; noi valutando 0 alle 23 e 0.26 alle 22:40 **estrapoliamo per le 22:22** una magnitudine pari a 0.50, anche questa in buon accordo con le previsioni calsky.

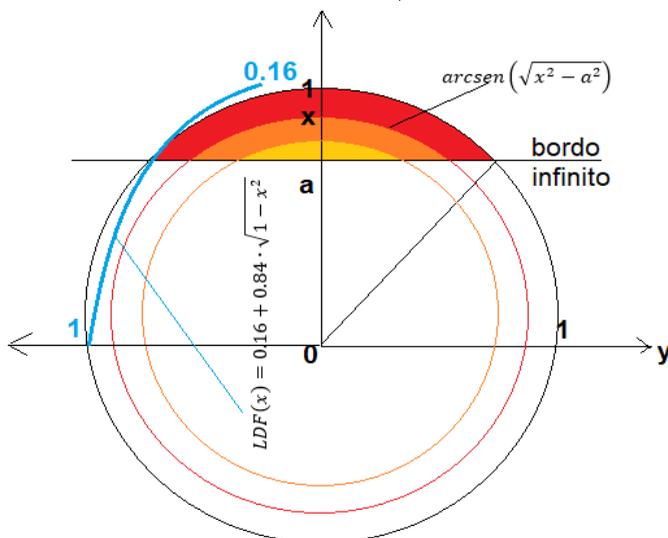


Figura 5. Sull'asse delle  $x$  è fissata la coordinata  $a$  dove sta il bordo infinito del corpo che produce l'ombra. Le sezioni di Sole colorate dal rosso cupo all'arancio, al giallo sono via via più centrali, in accordo con l'andamento della LDF (in blu, e a sinistra) che cresce dal 16% al bordo del Sole fino al 100% al centro del Sole. La funzione arcoseno dà la lunghezza dell'arco di cerchio che ha l'intensità  $LDF(x)$ . L'intensità di luce che arriva sullo schermo è data dai prodotti della  $LDF(x)$  per gli archi di cerchio corrispondenti, sommati (integrale \*) per tutti i valori di  $x$  compresi tra  $a$  ed 1.

### **Conclusioni: il ruolo della LDF del Sole nella penombra**

La soluzione analitica dell'integrale (\*) esiste solo nel caso di "Sole rettangolare" in cui il termine a moltiplicare la LDF è costante per tutti i valori di  $x$ . La soluzione numerica di (\*) con il bordo infinito richiede un calcolo piuttosto complicato, mentre la soluzione analogica utilizzando la foto dell'ombra prodotta dal bordo di una finestra offre un risultato grafico immediato, nella parte sinistra della figura 3. Il bordo curvo della Terra non cambia qualitativamente i risultati ottenuti col bordo infinito, già in buon accordo con gli istogrammi della figura 2 fatti con IRIS [6]. Le eclissi lunari hanno ancora segreti da svelare: nessuno [1, 2 sono testi classici] aveva ancora parlato della relazione tra Limb Darkening Function del Sole e bordo dell'ombra nell'eclissi lunare. Da Rogerson [5] ho preso la LDF adattata alle forme funzionali di Richmond [3] e Cowan [4]. Pubblichiamo la fotometria della totalità dell'eclissi realizzata ad occhio nudo sfuocando le stelle di riferimento [7].

### **Bibliografia**

- [1] Couderc, Paul Les Éclipses, Presses Univ. de France 1971, 100.
- [2] Espenak, F. <http://www.mreclipse.com/>  
<https://eclipse.gsfc.nasa.gov/LEcat5/appearance.html>
- [3] Richmond, M., <http://spiff.rit.edu/classes/phys440/lectures/limb/limb.html>
- [4] Cowan, G. <https://www.pp.rhul.ac.uk/~cowan/astro/limbdark/ldcurves.jpg>
- [5] Rogerson, J. B. Jr., *Astrophys. J.* 130, 985 (1959).
- [6] Buil, C. <http://www.astrosurf.com/buil/iris-software.html>
- [7] Renz, C. Stellar magnitudes of Mars; Jupiter; Saturn: [www.curtrenz.com](http://www.curtrenz.com)

## **Pollini in volo, velocità e scattering**

Gli esperimenti condotti tra il 2016 e il 2020 in occasione delle stagioni di pollinazione erano volti a scoprire la velocità limite dei pollini in aria.

Conoscendo le loro dimensioni e la loro forma, si poteva ricavare la loro densità, sfruttandone le leggi dell'aerodinamica appena esposte.

Gli esperimenti sono stati piuttosto difficili nella realizzazione, perché una caduta libera senza vento è praticamente impossibile, e -all'aperto- è difficile trovare le giuste condizioni di illuminazione per osservare la caduta di una nube di polline.

Va aggiunta infine anche la necessità di trovarsi a contatto con quei pollini, di cui l'autore è allergico, ma questo è stato il problema minore.

Le misure all'aperto davano l'ordine di grandezza di 20 cm/s.

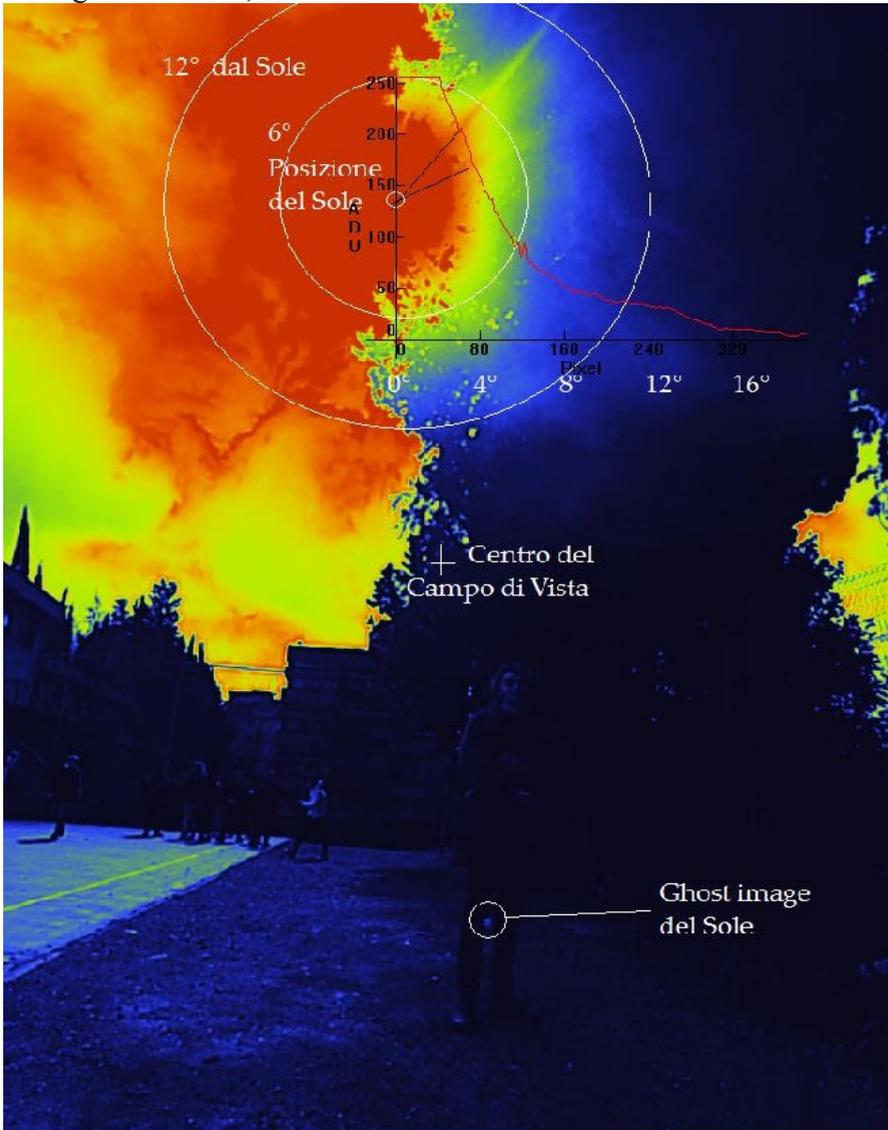
Una conferma al chiuso è stata possibile dal 3 febbraio 2020 con pollini di Tuja, reperiti nel terrazzo di casa, da un glorioso esemplare spelacchiato che va per i 50 anni di vita.

Questi pollini sono stati fatti cadere in casa in una stanza oscura sulla porta socchiusa illuminata dall'esterno. La velocità di caduta è stata confermata attorno ai 20 cm/s, scoprendo anche la presenza di insospettabili correnti d'aria che la movimentano senza evidenze macroscopiche, dove soltanto la presenza, nella stanza chiusa, dello sperimentatore -scalda l'aria- e la fa uscire dalla fenditura della porta.

Con 20 cm/s e  $C_D=0.5$   $Q=1.2$  kg/m<sup>3</sup>, invertendo l'equazione per  $v_i=0.2$  m/s si ottiene per la massa del grano di polline di 10 μm di raggio il valore  $4.7 \cdot 10^{-9}$ g. e una densità media 1.177 volte quella dell'acqua, in buon accordo col dato citato da Marzia Boi.

Un altro motivo dell'esperimento condotto in camera oscura era anche quello di vedere lo scattering della luce da parte dei pollini, per confermare con immagini documentali l'alone da pollini, che era stato più volte tentato di fotografarsi col Sole sullo sfondo. I pollini di un singolo alberello non era sufficienti per lo scopo. La settimana successiva abbiamo avuto la pollinazione di molti esemplari di Cipresso Sempervirens del filare a scuola e abbiamo ripetuto i video colpendo i rami più bassi con una canna.

Un profilo dello scattering di Mie da pollini è stato ottenuto analizzando un'immagine da video, trasformata in falsi colori con il software IRIS.



RIELABORAZIONE FALSI COLORI CON IRIS del FOTOGRAMMA 12:48:12 del 19 Febbraio 2020

Fig. 4 Profilo radiale dello scattering di Mie dei pollini di Cipresso

# La diffusione dei pollini di Cipresso

Costantino Sigismondi<sup>1</sup> e Lorenzo Ricciardi<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>ICRA/Sapienza e IIS F. Caffè, Roma, <sup>2</sup>Università Roma Tre)

submitted February 21, 2020 accepted May 20, 2020

## Abstract

Cypress phenology observations are made in Rome since 2000. Since 2015 we contributed by monitoring cones' growth of Cupressus Sempervirens located in via Fonteiana 111. Starting at the beginning of October, for 22 weeks. The cones follow a sigmoid curve with inflection point around the 15<sup>th</sup> week, they reach 6.4 mm (pollination average dimension) around the 18<sup>th</sup> with a fluctuation of  $\pm 2$  weeks in the pollination date. The annual variability of the pollination date, the date of first allergic symptoms and the date and the amount of the peaks in granules/m<sup>3</sup>, and its allergenic effects are presented along with some considerations of the dynamics of micrometric particles in air and water (Brownian motion). The recent debate about droplets in atmosphere is completely neglecting the limiting velocity concept, leaving a magic aura around viruses and scientists

## Sommario

Le osservazioni della fenologia dei Cipressi a livello nazionale sono coordinate dal 2008, pur esistendo dati fin dal 1997. Una variabilità da un anno all'altro nella data di prima fioritura, dei primi sintomi allergici (non necessariamente coincidenti con le fasi fenologiche locali, a causa di venti che portano pollini anche dall'Africa) e dei picchi annuali di concentrazione pollinica delle varie specie di Cupressacee nell'area romana, emerge dai dati regionali. La crescita dei coni polliniferi di alcuni alberi a via Fonteiana 111 a Roma è stata seguita dal 2015 a partire dalla 1 settimana di ottobre: l'andamento a sigmoide mostra la massima velocità (flesso) attorno alla 15esima settimana, e la pollinazione alla 18esima, senza apparente correlazione con la lunazione e con 3 settimane di variabilità tra i vari alberi. Si delinea anche il monitoraggio delle dimensioni dei galbuli, che quando presentano la pollination drop indicano anche pollini in aria.

La dinamica dei pollini a livello microscopico è descritta sia in atmosfera sia in acqua (moto Browniano) con alcune annotazioni sperimentali. Il recente dibattito sulle goccioline in atmosfera è stato condotto senza alcuna menzione del concetto di velocità limite, lasciando alla gente un'aura di magia sui virus e sugli scienziati.

## Introduzione

Nei Venerdì culturali dell'Ordine degli Agronomi, a Roma, il 25 ottobre 2019 abbiamo presentato l'attività di monitoraggio dei pollini di cipresso e delle fasi fenologiche della sua fioritura condotte dal 2015 a Roma in via Fonteiana 111 al bordo del campo di calcetto dell'IIS F. Caffè su un filare di cipressi Sempervirens piantati a inizio novecento. L'attività è stata



riconosciuta dal Collegio dei Docenti dell'Istituto e coordinata dagli autori in varie classi tra il 2015 e il 2020, con la messa a punto di un sito web di *citizen science*. Nel Lazio le misure sono coordinate dal gruppo di aerobiologia di Tor Vergata diretto dal prof. Alessandro Travaglini.

### **Consistenza statistica delle osservazioni, e uso del sito web**

A livello di area romana, i cipressi monitorati sono ancora pochi rispetto a quanto sarebbe necessario per avere un'analisi veramente "*unbiased*", tuttavia sono stati sufficienti a verificare il progresso della fioritura stagionale dal litorale verso l'interno (Travaglini, 2019). Il metodo di caricare i dati appena misurati, direttamente sul sito web, segue l'esempio dell'AAVSO [www.aavso.org](http://www.aavso.org) e dell'IMO [www.imo.net](http://www.imo.net) dove contribuiscono migliaia di osservatori di stelle variabili e meteore. Si vuole favorire così l'estensione della base di dati fenologici utili a comprendere meglio le dinamiche polliniche delle cupressacee e la loro grande variabilità intrinseca. Nell'area romana sono state identificate oltre venti specie responsabili dei pollini allergenici, che esordiscono già a Novembre col ginepro delle dune. Tutti i dettagli per l'accesso sono reperibili all'indirizzo [fe.c@gmail.com](mailto:fe.c@gmail.com), e al sito

<https://raspberryan.hopto.org/account/index.php>

### **Variabilità annuale delle date di fioritura**

Per i Cipressi sono state riscontrate delle alternanze annuali, quanto a produzione di pollini, simili a quelle degli Olivi (quanto a produzione di olive), con annate cariche di pollini ed altre più ridotte. La data di prima fioritura anche presenta una cospicua variabilità che va dal 6 gennaio al 13 febbraio (dal 1997). La stessa variabilità viene riscontrata nella data di inizio delle sintomatologie allergiche, tra il 7 gennaio (2018) e il 5 febbraio (2019), registrate a partire dal 2012. Ci sono casi come l'11 febbraio 2016 dove Alessandro Travaglini notava coni aperti e sacche chiuse, forse per il vento caldo e prolungato.

2016	17 GEN	31 GEN	
2017	29 GEN 40gr/m <sup>3</sup>	31 GEN 46gr/m <sup>3</sup>	1 FEB 102gr/m <sup>3</sup>



2017	24 FEB 2500gr/m <sup>3</sup>		
2018	7 GEN 75 gr/m <sup>3</sup>	22 GEN?gr/m <sup>3</sup>	10 FEB 2000 gr/m <sup>3</sup>
2018	16-17 MAR	22-23 MAR	
2019	5 FEB 120 gr/m <sup>3</sup>	6 FEB 250 gr/m <sup>3</sup>	7 FEB 350 gr/m <sup>3</sup>
2019	5-6 MAR 4500 gr/m <sup>3</sup>		
2020	3 FEB 1115 gr/m <sup>3</sup>	4-7 FEB	

Tabella 1. Date dei sintomi allergici incrociate con le misure della densità dei pollini in aria (dati di A. Travaglini).

### **Sintomi allergici, condizioni meteorologiche e densità dei pollini in aria**

C'è poi anche una grossa variabilità nelle date di picco massimo e nei valori di picco massimo di grani di polline di cipresso per metro cubo (fino a 4500 grani/m<sup>3</sup> il 5 marzo 2019) rilevate agli strumenti che attualmente sono in funzione a Tor Vergata, Ospedale S. Pietro e Piazzale degli Eroi (uno di nuova attivazione è sui monti Simbruini). Questa ulteriore variabilità da un anno all'altro dipende sia dall'alternanza precedentemente esposta sia dalle condizioni meteorologiche specifiche.

I valori di pollini in aria oltre 2000 grani/m<sup>3</sup> corrispondono proprio ai giorni di maggiore disagio allergico (sempre ventosi, quando è consigliato anche l'uso della mascherina per coloro che soffrono di questa patologia). Lo strumento collettore consente una lettura del dato orario su un disco adesivo ruotante, che compie un'orbita in una settimana, quindi è possibile risalire con buona precisione alla concentrazione in aria al momento dei sintomi. L'evento da 2500 grani/m<sup>3</sup> coincise con un forte scirocco in alta quota, e un vento contrario a bassa quota; il cielo nuvoloso era del colore della sabbia del Sahara, che viaggiava insieme allo scirocco, i pollini invece erano di provenienza locale essendo il 24 febbraio 2017, anche l'antistaminico 10 mg di ebastina 2 pillole giornaliere non sopisce i sintomi con questi valori in aria. Un vento di tramontana, invece, porta facilmente i pollini della Toscana fino a Roma, un forte scirocco li porta dalla Tunisia e dall'Africa settentrionale insieme alla ben nota sabbia Sahariana. Il vento pur non contribuendo direttamente alla data della fioritura modifica



notevolmente la quantità di pollini nell'aria. Oltre ad osservare dopo una pioggia la presenza o meno di sabbia sulle lamiere delle automobili, si vede la polvere giallastra dei pollini ristagnare nelle pozzanghere.

<https://www.youtube.com/watch?v=OTEZZ3GEYIA>

Inoltre va considerato che i rilevatori di pollini sia passivi che attivi (10 litri d'aria al minuto, come i polmoni di un uomo a riposo) raccolgono materiale da provenienze anche molto distanti, quindi la fioritura osservata fenologicamente può essere ben diversa da quella rilevata agli apparecchi. L'isola di calore cittadina, di circa 3 °C più calda della periferia, anticipa a Roma le date di fioritura.

L'allergia ai pollini di Cipresso può essere accoppiata con altri alberi con allergeni simili, come il Platano, e con cibi particolari come mandorle secche, melanzane, carote crude... e, in generale, verdure crude. Ma mentre i pollini tendono a dare subito *oftalmosi* (come le chiamavano al tempo di Gerberto) ossia congiuntiviti, e dopo le riniti allergiche, con blocco dei turbinati e possibile degenerazione in asma, le verdure danno pizzicore in bocca e nelle orecchie.

### **Crescita dei coni polliniferi**

Alle osservazioni delle fasi fenologiche BBCH (concepita per riassumere in un solo parametro dimensioni e stadio evolutivo dei coni) abbiamo aggiunto un monitoraggio della media delle dimensioni di 10 coni presi a caso per ogni albero (nel 2015-2018 misuravamo 3 coni per albero per settimana).

In modo speditivo 1) valutiamo la media su 10 coni per albero

2) l'errore massimo (o assoluto)  $(\text{valore max} - \text{valore min})/2$  che approssima lievemente in eccesso la varianza. Questo metodo può essere capito bene e condotto con precisione anche da giovani misuratori, a cui è richiesta la costanza settimanale durante l'anno scolastico e la precisione dello studioso, senza il carico matematico dello specialista statistico.

Ai dati suddetti si aggiunge la temperatura massima del giorno dell'osservazione (fornita anche dal sito web FE.C).



Questi dati e questi errori si possono caricare subito nel sito, già durante le misure. e poi vedere l'andamento settimanale, durante 22 settimane a partire dalla prima di ottobre (da S. Francesco in poi).

Nell'analisi numerica al termine della stagione, come già ottenuto dalle campagne 2015-6, 2016-7 e 2017-8 abbiamo osservato un andamento a sigmoide. Le tre annate presentano delle piccole differenze di velocità di accrescimento -che è massima attorno alla **14/15 esima settimana**. Possiamo interpretare questo sigmoide come rappresentativo della sommatoria termica per la stagione corrispondente; la fase stazionaria corrisponde al periodo tra metà dicembre e metà gennaio, con giornate più corte e temperatura in cui la vegetazione è ridotta o del tutto assente. La crescita dei conifere riparte subito dopo fino alla fioritura.

Il raggiungimento del punto di flesso (che corrisponde con la massima velocità) prelude di qualche settimana alla fioritura dalla 16 esima in poi, che per 7 dei nostri 10 alberi è stata all'ultimo quarto e 3 alla Luna nuova. Dal 2018 abbiamo ridotto a 7 gli alberi osservati perché 3 sono stati potati proprio nei rami bassi. Il monitoraggio delle dimensioni dei galbuli, che sono grosso modo sferoidali, fino all'apparizione della gocciolina ci indica pure la presenza di pollini (di altri alberi) in aria, ma il loro monitoraggio è diventato difficile dopo la suddetta potatura.

E' stato osservato che contemporaneamente sui rami possono essere presenti coni polliniferi delle stagioni precedenti non sbocciati o non giunti a maturazione, cicatrici di piccoli conifere già cadute, o anche secchi lì presenti, che si discostano dall'andamento fenologico medio che vede i conifere apparire a Settembre e maturare tra Gennaio e Febbraio.

Ad esempio a giugno luglio 2016 ho osservato a Lanciano dei conifere che non hanno completato in tempo le fasi di maturazione, che sembravano pronti e che non hanno mai pollinato. Erano su Cupressus Arizonica le cui fasi fenologiche quell'anno erano in ritardo di 2 settimane rispetto ai Sempervirens sempre di Lanciano. Non lontano da lì, a circa 1 km, si trovano anche i due colossali esemplari secolari piantati da S. Giovanni da Capestrano nel 1430 al Convento di S. Angelo della Pace e chiesa di S.



Antonio da Padova, fotografati nella copertina del presente volume.

### **Modelli predittivi della fioritura dei pollini**

Lo studio statistico dell'accrescimento dei coni polliniferi ci ha portato a stabilire che la fioritura, con fuoriuscita dei pollini, avviene quando la dimensione media dei coni raggiunge i 6.4 mm.

Le osservazioni sui 7 alberi su un filare di 21 esemplari a Ovest del campo da calcetto dell'ITIS Galileo Ferraris hanno portato a queste deduzioni: 0) gli alberi sono stati piantati nello stesso momento, ma non sono cloni, perché molto diversi gli uni dagli altri 1) per ciascuna pianta possiamo osservare anche i galbuli (fiori femminili, chiamate volgarmente *coccole*) che producono la *pollulation drop*, una goccia su cui andrà ad aderire il polline per fecondarle. Questa gocciolina non appare mai quando la pianta produce pollini, per raccoglierne da altri alberi anche lontanissimi. La presenza di goccioline nei galbuli è indice di pollini in aria, ma da altre zone. 2) le sette piante studiate producono pollini in periodi diversi l'una dall'altra, e in particolare l'albero esposto più a Sud degli altri il 7,<sup>o</sup> è l'ultimo a pollinare, mentre quello a Nord è il primo, con la Luna all'ultimo quarto. Senza considerare altre variabili come l'esposizione al Sole e la variante genetica non è ben certa la correlazione Luna – fioriture. L'ideale sarebbe avere proprio un giardino fenologico in cui tutte le piante in studio sono cloni, così la variabile genetica sarebbe annullata. I nostri alberi sono i seguenti individui censiti nel 2018 dal comune di Roma (numeri da 966 a 986) con circonferenze a 115 cm dal suolo misurate in cm nella riga 3:

#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
966	969	972	974	976	982	986
116 cm	116 cm	90 cm	92 cm	104 cm	138.6 cm	105 cm

Gli alberi in oggetto sono solo quelli che stendono rami raggiungibili stando in piedi senza doversi arrampicare. Le circonferenze a 115 cm dal suolo sono distribuite tra 139 e 90 cm: gli alberi non sembrano essere cloni, ma sono coetanei perché un filare si piantava in un'unica soluzione.



Alcuni degli alberi nel filare sono evidentemente più piccoli, nati e prosperati durante la vita del filare stesso. Il filare è molto probabilmente di inizio '900, dagli studi dendrocronologici condotti sull'esemplare 969 tagliato il 4 febbraio 2020.

### **La sommatoria termica**

Un dato interessante da studiare è la **sommatoria termica** in relazione con la fioritura delle varie piante, questa è di solito utilizzata per studiare specie di interesse alimentare mentre non è stata ancora applicata ai cipressi.

La crescita a sigmoide dei conifere con la maggior velocità e fioritura durante la stagione invernale sembra suggerire che la temperatura  $T_z$  sotto cui la specie è dormiente sia prossima al valore minimo invernale per Roma.

Il punto di flesso potrebbe essere raggiunto con un valore della sommatoria termica simile in tutti gli anni; studi futuri riguarderanno la crescita dei conifere con l'andamento termico della stagione.

### **Pollinazione e allergeni**

Il raggiungimento del flesso del sigmoide e la previsione di giornate molto ventose sono due condizioni di allerta per gli allergici. Se le fasi lunari influenzano la fioritura e i venti (nella circolazione zonale) si complica notevolmente il modello. Nel corso della giornata le ore del mattino sono più a rischio di quelle pomeridiane, come l'osservazione diretta e la letteratura suggeriscono. Nell'area romana sono state identificate oltre venti specie responsabili dei pollini allergenici di Cupressacee, che includono pure il ginepro delle dune, già in fiore da Novembre). L'allergia ai pollini di Cipresso può essere accoppiata con quella ad altri alberi con allergeni simili, come il Platano, e con cibi particolari (mandorle secche, melanzane, carote crude... e in generale verdure crude).

A Roma i pollini di cupressacee (senza distinguere le varie specie che li producono) corrispondono ad  $\frac{1}{4}$  di tutta la presenza annuale di pollini nell'aria della Capitale.

Da quanto è emerso negli studi internazionali sui pollini (congressi



MedPalyno relativi all'area mediterranea), anche in relazione al problema delle allergie sono stati messi in evidenza alcuni punti chiave: 1) in alcuni casi (e.g. l'olivo, la betulla) l'allergene può essere presente in aria già varie ore prima del picco pollinico, in altri casi dopo. I pollini rotti (**le esine**) possono diventare più allergenici in quanto raggiungono parti più interne dei polmoni. 2) non tutti i picchi pollinici a parità di grani per metro cubo hanno la stessa rilevanza allergenica. 3) l'inquinamento atmosferico peggiora le sintomatologie di pollinosi (si è accennato al benzene che si può legare all'esina -la "corteccia"- dei pollini dove risiedono le proteine allergeniche, come la **CUPA1** nel caso di *Hesperocyparis Arizonica*). 4) le varie specie di cupressacee contribuiscono ad allungare la stagione della pollinosi almeno da gennaio ad aprile, con anticipazioni dovute agli arrivi dall'Africa dove la stagione di fioritura è anticipata per la maggior sommatoria termica, e dalle dune litorali dove sono i ginepri. 5) storicamente fino agli anni 1990 non si dava importanza ai cipressi come allergeni, ritenendo la sintomatologia collegata come raffreddore di stagione. Ci sono articoli che parlano di "insorgenza di nuove pollinosi a gennaio" che dimostrano ciò.

Nel sito web FE.C. c'è una sezione per gli allergici al cipresso, in cui loro inseriscono 1) se l'allergia è verificata dal prick test, 2) se è confermata dall'analisi del sangue dai test sierologici per le IGE, 3) la data in cui percepiscono i primi sintomi, 4) la data in cui i sintomi sono al massimo, nonostante le cure... Questa sezione non è espressamente fenologica, ma sintomatologica... sulla presenza dell'allergene in aria, da incrociare con i dati al microscopio.

### **Pollini e aloni solari**

Quando i pollini sono molto abbondanti in atmosfera possono dar luogo ad aloni solari e lunari di forma particolare, come ci si aspetta dal fenomeno dello scattering di Mie per particelle di dimensione micrometrica e forma costante ben precisa.

Infatti le loro forme micrometriche e la loro disposizione in aria mentre vi fluttuano determinano degli angoli privilegiati in cui la luce si rifrange.



Così come accade per i cristalli microscopici di ghiaccio a bastoncino di sezione esagonale che danno luogo ad aloni e parelio (paraselenio) a 22° dal Sole (o dalla Luna) e figure anche più complicate, parimenti accade per i pollini. Per i cipressi la forma sferica dei pollini tramite lo scattering di Mie determina un alone solare sferico come accade per le goccioline d'acqua sospese in quota. Una foto dello scattering della luce solare attraverso i pollini di Cipresso è stata presentata nell'articolo sulla dinamica dei pollini in atmosfera in questo volume.

**Ringraziamenti (nello spazio obbligato dall'editor di testo)**

Vanno a Theodore Manopulo, Riccardo Stivaletta, Hermann Tamilia, Simone Menghini, Andrea Germondari, Marco Maccione, Diego Follega, Victor Verma per la sempre simpatica e paziente coordinazione della raccolta dati del mercoledì lungo gli anni di monitoraggio. Ad Alessandro Travaglini che ha sempre risposto alle nostre domande più o meno pertinenti, e ci ha accolti più volte nel suo laboratorio di Tor Vergata con un'intera classe durante ScienzaOrienta già dal 2017 al 2020 e, soprattutto ha accolto il nostro contributo nei lavori che ha presentato ai convegni Med Palyno di Barcellona 2017 e Citizen Science di Roma 2019. Alle collaboratrici del professor Travaglini Annarosa Miraglia e Maria Antonia Brighetti, che in varie occasioni hanno interagito con noi.

Al dr. Paolo Zanna per averci fornito la fotografia di un arcobaleno nel parco, scattata molti mesi prima che il Mondo intero conoscesse l'uso delle mascherine chirurgiche, e presentata al concorso di Piacenza "il Giappone secondo me". La fotografia illustra benissimo l'obbiettivo degli studi di ottica atmosferica relativi ai pollini.

Last but not least desideriamo ringraziare il dottor Gian Ludovico Ceccaroni, che ha organizzato la giornata di studi dedicata alla "Diffusione dei Pollini di Cipresso" presso la Società Italiana dei Dottori in Agronomia e Forestali il 25 ottobre 2019, ed il Presidente che ci invitò.

<http://www.fidaf.it/index.php/venerdi-culturale-25-10-2019/>





Fig. 1 Foto di Paolo Zanna intitolata *Sol Levante*. La foto è stata mostrata nel concorso a Piacenza 25 XI-21 XII 2019 “Il Giappone secondo me”.

I Giapponesi fanno largo uso delle mascherine sia per le allergie da pollini sia per evitare di trasmettere i propri germi quando ammalati (come raccomandava anche il Ministero Italiano della Salute, prima dell'uso generalizzato di tali dispositivi per DPCM senza considerarne i molti aspetti negativi). Questa foto mostra un arcobaleno che ricorda quello prodotto dai pollini in sospensione, anche se il 16 agosto alle 16:31 a Tokyo non dovrebbero essercene in sospensione.

### **Dinamica atmosferica dei pollini, e delle particelle micrometriche**

Quanto alla dinamica in atmosfera, la densità dei pollini (sfera di esina col



citoplasma all'interno) è dell'ordine di quella dell'acqua, ma le loro dimensioni micrometriche fanno sì che l'attrito con l'aria sia talmente efficiente che una particella che si stacca dal cono a 5 metri di quota può impiegare qualche minuto ad arrivare al suolo in assenza di vento, invece che un secondo come la legge di caduta dei gravi descriverebbe. Ecco perché i pollini sono estremamente mobili e trasportabili dal vento per migliaia di chilometri. La formula che lega la velocità costante di caduta in presenza di attrito è  $\beta \cdot v = m \cdot g$  con  $\beta$  proporzionale all'area del cerchio di raggio  $r$  (sezione d'urto del polline) e la massa proporzionale al cubo del raggio  $r$  tramite la densità. La velocità di caduta risulta proporzionale ad  $r$  e tende a zero con la dimensione del grano di polline. Su questa relazione fisica e non su altro riposano le ipotesi sulla permanenza delle *droplets* (di alcuni  $\mu\text{m}$  di dimensione) negli ambienti interni ed esterni. Il distanziamento di un metro o due tiene conto che -a meno di sputi che sono *droplets* millimetriche- le particelle micrometriche possono muoversi solo alla velocità costante limite, che appunto diminuisce alle dimensioni della gocciolina. Avendo la velocità valori di qualche cm al secondo, come misurato per i pollini, e non essendo sostenuta dalla forza di gravità nel suo moto laterale, è assai improbabile che compia un percorso in orizzontale superiore al metro.

Le goccioline, a differenza dei pollini, non sono ricoperte dall'esina, e quindi tendono ad evaporare in condizioni di atmosfera non satura di vapor d'acqua. Quindi la loro mobilità è ridotta da questo fenomeno.

Va da sé che l'evaporazione delle goccioline in caso di nebbia è ridotta, e da qui nasce l'ipotesi, al vaglio di Società Italiana di Aerosol e Società Italiana di Fisica, che la nebbia possa aver facilitato la trasmissione -mediante goccioline- del virus. La possibilità di movimentazione del virus in maniera isolata -da un punto di vista esclusivamente fisico- essendo una particella di dimensione nanometrica, mille volte più piccola dei pollini, è legata esclusivamente al moto della massa d'aria in cui è localizzato, ma sulla sua efficienza (non voglio parlare di sopravvivenza, per non considerarlo un organismo vivente) in aria è tema di competenza



per biologi e medici. L'aria aperta, da che Mondo è Mondo è sempre stata raccomandata per la profilassi, la cura e la convalescenza di malattie, specie dell'apparato respiratorio, con l'accortezza dell'alta quota o del mare quando non vi siano anche patologie allergiche stagionali da pollini. Infine la cattura di una particella micrometrica su una superficie adesiva non è affatto scontata (Battan, 1966) in quanto la particella tende a rimbalzare elasticamente su qualunque superficie. L'adesione a livello microscopico avviene solitamente su più punti, che per una sfera di 25 micron di diametro non accade, ecco perché i rilevatori *attivi* di particolato devono costringere le particelle a rallentare e permanere nei pressi della zona adesiva, e delle particelle si riesce a valutare anche la percentuale che non si è attaccata. Si tratta di strumenti standard che costano sui 4000 euro, e le procedure di analisi dati al microscopio consentono di ottenere valori confrontabili con quelli delle altre stazioni misuratrici europee.

In caso di *droplets* le goccioline aderiscono meglio alle superfici metalliche o lisce per "simpatia" elettronica dovuta alle molecole d'acqua, polari, ma l'evaporazione riporta presto o tardi le particelle contenute all'interno allo stato libero. Le opinioni sul tempo di permanenza espresso in giorni sulle superfici (sotto-intese come lisce e non rugose) tutt'ora alla base di articoli di legge promulgati come DPCM sull'igienizzazione, riflettono parametricamente l'ignoranza sui meccanismi di trasmissione del virus, o di identificazione della sua presenza nei cosiddetti "portatori sani", ivi compresi gli animali. Per le superfici si può studiare il tempo necessario a che una gocciolina depositata su una superficie evapori, in funzione del suo diametro, della temperatura ambiente e dell'umidità relativa.

### **Osservazione del moto browniano**

Infine va notato che il moto browniano dei pollini in una sospensione acquosa, descritto da Brown nel 1827 e spiegato compiutamente da Einstein nel 1905 come prova della teoria atomica della materia (le singole molecole d'acqua sono agitate da moto termico, colpiscono i pollini mandandoli a zig zag, random walk, nella sospensione acquosa) è visibile solo con pollini di dimensioni micrometriche. Quelli del cipresso sono



piuttosto grandi ( $25 \pm 2$  micron di diametro per confronto al microscopio con reticolo di diffrazione da 530 righe/mm) e in media ricevono tanti colpi da una parte quanti dall'altra, risultando ferme rispetto al flusso d'insieme osservato al microscopio.

Il flusso è stato ripreso in video e pubblicato al sito

<https://youtu.be/rApaLXUhcMU> e non si vedono moti relativi tra i vari pollini, ma solo un flusso generale d'insieme (*bulk motion*).

## Conclusioni

Lo studio della crescita dei coni polliniferi del Cipresso è nata con l'idea di avere un avviso da madre Natura su quando aspettarsi l'insorgenza di congiuntiviti e riniti allergiche legate alla pollinosi.

Dopo cinque stagioni di studio abbiamo ottenuto molti più obbiettivi di quanto ci eravamo prefissati, a cominciare dalla collaborazione con il Centro di Aerobiologia dell'Università di Roma Tor Vergata, il cui direttore Alessandro Travaglini presiede la Società Italiana di Aerobiologia. Dal punto di vista dell'informatica è in corso di sviluppo un sito per rendere i cittadini che partecipano al progetto di monitoraggio fenologico capaci di compilare da soli le schede settimanali e vedere l'andamento stagionale e le previsioni sulle fioriture sulla base della crescita dei coni, rispetto al trend cubico che abbiamo verificato in questi anni. Dal punto di vista della biologia vegetale e dell'ambiente i Cipressi a Roma costituiscono un ecosistema senza netta distinzione tra periodi di riposo e periodi vegetativi, fatto salvo il mese di dicembre per la crescita dei coni, con conseguente difficoltà di riconoscere bene le separazioni tra gli anelli di accrescimento, che -purtroppo per alcuni esemplari di Cipresso che stavano studiando- abbiamo potuto esaminare dal momento del loro taglio.

Per quanto riguarda la fisica dei pollini in atmosfera, esiste anche un programma di simulazione IFEN che segue le particelle di polline "a bordo" dei venti dominanti, a spasso per la Terra. La sabbia del Sahara la abbiamo nei nostri terrazzi, anche i pollini vengono trasportati a grande



distanza su tutta la Terra. A livello di fisica di base un polline è una sferetta che ha una certa massa e dimensione, e conseguentemente offre all'aria una certa resistenza. Questo si traduce in una velocità limite nella loro caduta libera, che combinata con la velocità -trasversale- del vento li porta ad essere trasportati a grande distanza. La stessa fisica necessaria a comprendere questo meccanismo si può utilizzare per le *droplets* di virale attualità, al fine di capire le basi del distanziamento sociale, e dell'uso proprio di presidi come mascherine e gel igienizzanti (cfr. Greco, 2020).

Anche gli aloni luminosi generati da una grande quantità di polline omologo in atmosfera sono stati studiati in questi anni sul "nostro" filare di Cipressi *Sempervirens*, con la foto dello scattering di Mie ottenuta questo inverno il 19 febbraio 2020.

### Referenze

L. J. Battan, *Cieli Sporchi*, Zanichelli Bologna, 1966

Alessandro Travaglini, *comunicazioni private*, 2015-2020

Alessandro Travaglini, *La diffusione dei pollini di Cipresso*, Roma, Società Italiana di Agronomia, 25 ottobre 2019.

Video dei pollini di cipresso in sospensione <https://youtu.be/rApaLXUhcMU>

Scarico dei pollini dall'albero 7,15 febbraio 2016 <https://youtu.be/dQyrV3zUTz0>

Pollini di Tuia il 3 febbraio 2020 [https://www.youtu.be/puE\\_d6UGv9s](https://www.youtu.be/puE_d6UGv9s)

Pollini di Cipresso il 19 febbraio 2020 <https://youtu.be/golLoO8jnP8>

Emanuele Errigo, *Manuale Pratico di Allergologia*, Lombardo, Roma, 1990

C. Sigismondi, *Gerberto, Ildegarda e i Problemata di Aristotele*, Gerbertus XI, 1

C. Sigismondi, *La dinamica dei pollini in atmosfera*, Gerbertus XI, 15

C. Sigismondi e L. Ricciardi, Gerbertus 9, 41 (2016)

Gordon E. Fogg, *La vita e la crescita delle piante*, Bollati Boringhieri, Torino (1969). Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, *Conifere a rapido accrescimento*, Roma (1970).

Donato Greco, *Sorvegliare e Pulire*, ScienzainRete (2020)

<https://www.scienzainrete.it/articolo/sorvegliare-e-pulire-eccessi-da-sanificazione/donato-greco/2020-05-19>

Hossenbaccus, et al., *Allergy Asthma Clin. Immunol.* **16**, 39 (2020) [link](#)

Liu, et al., *Clinical Reviews in Allergy & Immunol.* (2020) [link](#)



# Un giardino fenologico in un vaso con *Zygocactus Truncata* Costantino Sigismondi<sup>1</sup>

(*ICRA/Sapienza e IIS F. Caffè, Roma*)

*submitted March 24, 2020 accepted June 3<sup>rd</sup>, 2020*

## Abstract

A phenological garden is realized to understand the timing of flowering or pollinations, under conditions independent on the genetical components of the different individuals plants. The study arose from the experience we are having with a row of Cypress *Sempervirens*, most of them coheval, but not clones, because their pollination's dates differ within more than a month. The idea to follow clones of a plant can be easy, when the reproduction is possible by cutting and rooting method. The *Zygocactus Truncata* has been suitable, and the experiment started on 24 march 2020 day of cutting implantation; the first flowers appeared all together at once on May 23 on the New Moon phase. The analysis will continue to check the correlation with the Moon of the phases of flowering.

## Sommario

Il giardino fenologico serve a studiare la dinamica delle piante sotto l'influsso delle stagioni e della Luna, senza differenze genetiche tra gli individui. Per questo servono dei cloni, che nel caso di piante che si riproducano per talea come gli *Zygocactus Truncata*, sono risultati abbastanza semplici da realizzare. Trapiantate le talee il 24 marzo in un vaso relativamente largo circa 20 volte più capiente di quello di partenza, sono state annaffiate e poste all'aperto esposte a Ovest, prendono il Sole da mezzogiorno alle cinque, con aumento graduale dell'altezza con la stagione. Queste talee sono fiorite contemporaneamente il 23 maggio, alcune ore dopo la Luna Nuova. Sarà interessante verificare se questa coincidenza è casuale, ma per far questo occorrerà attendere le prossime stagioni di fioritura, che si alternano a riposo vegetativo, ogni tre mesi.

**Introduzione** Lo studio della crescita delle piante manifesta un grande numero di variabili concorrenti, per cui è difficile isolarne una dall'altra. La Luna, ad esempio, è una delle componenti più discusse in agricoltura: tanto presente nella tradizione popolare quanto negletta nella scienza. Già in Gerbertus 9, 41 (2016) avevamo mostrato che le pollinazioni dei cipressi del filare di via Fonteiana 111 a Roma non erano correlate con le fasi della Luna, ma senza considerare 1) che non sono alberi geneticamente simili, 2) che godono di diversa illuminazione. Un giardino fenologico consentirebbe di risolvere il primo problema. Lo abbiamo realizzato con lo *Zygocactus*, riprodotto per talea; che ha fiorito proprio alla Luna nuova.





Fig. 1 i boccioli dello *Zygocactus* pronti. Otto ore prima del novilunio 11:30 del 22 maggio; il novilunio (Luna e Sole alla stella longitudine eclittica) è occorso alle 19:40.



Fig. 2 *Zygocactus* sbocciati. Quattordici ore dopo il novilunio, foto del 23 maggio h 9:50  
L'erba, è stata seminata il 22 aprile e la cipolla il 7 maggio.

**Referenze** M. Pizzetti, *Piante e fiori in casa*, Mondadori, Milano, 163(1976)

**Ringraziamenti** to dr. Illina Ilieva, Bulgaria, for introducing me to the *Z.Truncata*



## **Il teorema delle basiliche, l'ombreggiamento in una pianta a scacchiera (romana) della città e la vegetazione**

Costantino Sigismondi (*ICRA/Sapienza e IIS F. Caffè, Roma*)

*submitted April 26, 2018 accepted May 26, 2020*

### **Abstract**

A roman basilica was a rectangular building, dedicated to many activities. It was used for the first public christian churches, by Emperor Constantine, and have the property to have twice a day (when the Sun shines at its left and after right) in opportune dates of the year the aligment of the windows lights toward the main axis of the Basilica.

A roman city has roads aligned roughly North-South, as the first military *Castra* were. It is possible to go from a whatever place A to B always in shade, excepted crossing the roads and with the Sun at the meridian. But the urban plants along North side sidewalks have, for Northern hemisphere, less quantity of direct sunlight, than the Southside, which influences the time of gemmation in spring.

### **Sommario**

Una basilica romana era un edificio rettangolare, finestrato, dedicato a molteplici attività, ripreso dagli architetti di Costantino per la realizzazione delle prime chiese cristiane pubbliche. Due volte al giorno le finestre producono a terra una fila di immagini allineate con l'altare. Una città romana come gli accampamenti militari o *Castra*, veniva allineata Nord Sud, e vi è possibile andare da un luogo ad un altro, eccetto col Sole in meridiano e durante l'attraversamento delle strade, camminando sempre all'ombra. Gli alberi sui marciapiedi del lato Nord hanno meno luce di quelli al lato Sud (per l'emisfero boreale) e ciò si riflette sui diversi tempi di gemmazione in primavera, evidenziando uno dei motivi di differenziazione tra due specie geneticamente identiche (cloni).

**Il teorema delle Basiliche** Funziona con edifici a pianta rettangolare, con finestroni. L'esempio principe è Santa Maria Maggiore a Roma del IV secolo di papa Sisto III (che mostra il fenomeno descritto attorno all'8 settembre), S. Paolo fuori le Mura, ricostruita simile all'originale tra il 1823 il 1854 sotto Leone XII, Gregorio XVI e Pio IX, o anche S. Giuseppe al Trionfale del 1912 (Aristide Leonori, architetto) sotto Pio X. S. Giovanni Laterano (312, Costantino) è la prima in assoluto, ma è stata restaurata a fondo almeno 3 volte per sismi e giubilei.

L'**enunciato del teorema** è questo: c'è un momento o due in cui la linea di base dei finestroni è proiettata esattamente al centro della Basilica, come



guida di luce verso l'altare. La dimostrazione può essere fatta con una scatola rettangolare aperta posta sotto il Sole e fatta ruotare, così che l'ombra del lato lungo cada nella scatola. Per S. Giuseppe al Trionfale dove ho capito la generalità del fenomeno, il 23 maggio 2020 alle 11:11 (az.  $122^\circ$  alt.  $58^\circ$ ) e alle 14:14 (az.  $219^\circ$  alt.  $64^\circ$ ) si è formata la guida di luce. L'ora intermedia corrisponde con l'allineamento della chiesa, le 12:42:30, con il Sole, ad azimut  $164^\circ$  e altezza  $68^\circ$ .

Si noti che la media degli azimut dà  $170.5^\circ$ , perché sono diverse le altezze del Sole nei due allineamenti delle immagini col centro della Chiesa.



Ore 12:43 Sole in asse con l'edificio



Ore 14:14 secondo allineamento 23/5



### **Allineamenti tra le strade, difformità dalla pianta romana**

Alle 6:43 del 26/5 ho voluto verificare anche se l'incrocio via della Giuliana, via Rodi fosse allineato con S. Giuseppe, locato due isolati più distante, ebbene il Sole aveva azimut  $70^\circ$ , che con  $+90$  fa  $160^\circ$ . Le strade del quartiere Prati dove si trova la Basilica di S. Giuseppe non sono perpendicolari, ma con una raggera, centrata su fulcri risorgimentali e intenzionalmente decentrata rispetto alla cupola di s. Pietro.

### **Ombreggiamento in una pianta a scacchiera**

Alle nostre latitudini temperate il Sole non va mai allo zenit, per cui in una pianta cittadina a scacchiera, eccetto al meridiano (se la pianta è orientata Nord Sud) o al momento dell'allineamento con i raggi del Sole, ci sono due lati in ombra e due al Sole. Con prevalenza stagionale il marciapiedi a Nord sarà maggiormente in ombra rispetto a quello a Sud, illuminato dal momento in cui il Sole versa dagli azimut Est  $90^\circ$  a Ovest  $180^\circ$ . Tra la Primavera e l'Autunno la luce giunge sul marciapiedi Nord dopo le 18 e prima delle 6 ore solare. Arrivando ad un massimo di durata al Solstizio estivo di 15 ore (per Roma) di insolazione totale giornaliera, di cui 3 sul lato Nord, ma col Sole basso appena levato o prima del tramonto.

Al Solstizio invernale invece l'insolazione totale giornaliera è di 9 ore tutte sul lato Sud e per metà tempo (se la pianta urbana è orientata Nord-Sud) al lato Est e al lato Ovest. I vantaggi della pianta romana, che in realtà era stata inventata da Ippodamo di Mileto (l'Architetto di Rodi), sono anche legati ai venti dominanti, le brezze marine, che puliscono l'aria proprio nelle direzioni cardinali. Combinando questi aspetti con l'astronomia si può calcolare la sommatoria termica e quella di luce aspettata sul lato Nord (la minore), Sud (maggiore), Est = Ovest intermedia tra i due valori estremi, per filari di alberi piantati lungo quei marciapiedi.

**Camminare all'ombra** tra le 6 e le 18 al mattino sui lati Ovest e Nord, al pomeriggio sui lati Est e Nord, prima delle 6 e dopo le 18 al mattino lati Ovest e Sud e al pomeriggio Est e Sud.

**Sommatoria dell'illuminazione** il lato Sud arriva a 12 ore d'estate e 9 d'inverno. Il lato Nord a 3 ore d'estate e 0, zero d'inverno. Est e Ovest 6



d'estate e 4 ore e mezza ciascun lato d'inverno al Solstizio.

Nei giorni intermedi rispetto al solstizio si può usare la tabella di Gerberto sulle durate dei giorni intermedie tra i due Solstizi.

### **Effetto sulle piante**

Quelle per cui la luce diretta del Sole è più influente di quella indiretta e della temperatura ambientale saranno risvegliate prima sui marciapiedi al lato Sud, rispetto al Nord. Si mostrano le piante di via Premuda a Prati.



Fig. 1 Il lato Nord è a sinistra, da dove viene la luce del Sole meridiano.

**Conclusioni** l'illuminazione è una delle variabili a cui vanno soggette le piante nella loro crescita annuale e stagionale. Le piante hanno cicli differenti a seconda delle loro regioni di origine. Le piante cittadine per non creare viali troppo asimmetrici devono essere scelte con vegetazione rigogliosa nei mesi estivi, e quasi nulla in inverno tra i due equinozi.

### **Referenze**

Ravaglioli, A. *Vedere e capire Roma*, Roma Centro Storico, (1979).

Museo di Roma Raffaele de Vico, *architetto e paesaggista* Fotogallery (2018)

Argan, G. C., *Storia dell'arte italiana*, vol. 1 Sansoni Firenze (1980)

Sigismondi, C., *Quadrati nel medioevo*, Gerbertus, XI (2018)



## Quadrati nel medioevo, tabelle climatiche e persistenza della neve sulle montagne

Costantino Sigismondi (ICRA/Sapienza e IIS F. Caffè, Roma)

submitted April 26, 2018 accepted June 1, 2020

**Abstract** Gerbert did not use quadratic interpolation in compiling his climatic tables; that we apply to seasonal insolation, and snow melting on the Emilius (3559 m) North face.

**Sommario** Gerberto non ha usato interpolazioni quadratiche nelle sue tavole climatiche, usate per valutare l'insolazione stagionale, e la fusione della neve sulla Nord dell'Emilius.

### Introduzione: le radici cristiane della scienza moderna

Il teorema di Pitagora era chiamato *pons asinorum* nel periodo storico in cui vive e opera Gerberto. Dalla geometria alla fisica è stato detto che le basi per le leggi cinematiche della caduta dei gravi siano state poste al tempo di Guglielmo d'Oresme e Giovanni Buridano all'Università di Parigi, in seguito alla spinta fornita dal Vescovo Etienne Tempier con la condanna nel 1277 di 300 tesi di Aristotele contrarie alla rivelazione cristiana. Il Cristianesimo non ha mai temuto il confronto tra la verità della scienza e quella della fede, poiché la Verità e il Bene convergono, *Ens Bonum et Verum convertuntur*. Riflettiamo sulla comprensione della matematica necessaria a capire la caduta dei gravi.

### La caduta dei gravi e la proporzionalità quadratica nel medioevo

Galileo Galilei verso il 1589 si rese conto che lo spazio percorso da un grave in accelerazione (sul piano inclinato) percorre in tempi uguali spazi che crescono come i numeri dispari.

Galileo trovò che se lo spazio percorso dopo un secondo era 10 cm, dopo 2 secondi il grave aveva percorso altri 30 cm, dopo 3 secondi altri 50 cm e così via.

Spazi proporzionali ai numeri dispari  $2n+1$  con  $n=0, 1, 2, \dots$  in tempi uguali, così che lo spazio complessivo al trascorrere del tempo sia pari alla sommatoria dei numeri dispari da  $n=0$  ad  $N$ , cioè



1, 1+3=4, 4+5=9, 9+7=16... la serie dei quadrati dei numeri interi.

### **La legge della velocità media**

D'Oresme e Buridano, come affermava già Pierre Duhem, ripreso da Jaki, erano arrivati a formulare la legge della velocità media nella caduta dei gravi, ossia che questa aumentasse al crescere della distanza percorsa ed era pari alla metà della velocità massima.

Questa legge comporta che lo spazio cresca proporzionalmente al quadrato del tempo, ma questa deduzione la troviamo esplicita solo in Galileo. Perché?

Provo a individuare una possibile traccia nella familiarità altomedievale con le proporzioni.

L'articolo di Marek Otisk presentato al convegno Gerbertiano dell'8 maggio 2018 all'Arciconfraternita dei Siciliani, e ristampato nelle ultime 12 pagine di questo volume, mostra che Gerberto segue la scansione di Marziano Capella, basata su un adattamento, semplificazione della sinusoide, piuttosto che l'andamento lineare, apparentemente più regolare, anche perché quest'ultimo prevederebbe un cambio angoloso della velocità ai solstizi (cf. Otisk, fig. 1, verde), non naturale, "*natura non facit saltus*".

### **Le tabelle climatiche a progressione uniforme**

Già in Gerberto (Marek Otisk, 2018) troviamo che l'interpolazione lineare potrebbe essere utilizzata per ricavare le durate del dì durante le varie stagioni dell'anno.

Ad esempio per Roma, il cui "*clima*" corrisponde a 15/9, cioè 15 ore di luce e 9 di buio al giorno più lungo (solstizio estivo) e viceversa 15 di buio e 9 di luce al giorno più corto (solstizio invernale) Gerberto calcola la durata del giorno basandosi sulle proporzioni con il "*clima*" 18/6, dove tutti i numeri sono interi. In sei mesi la durata passa da 6 ore a 18 ore, cresce dunque di 12 ore, in media 2 ore al mese. Quindi nel primo mese dopo(/prima) il solstizio invernale la giornata dura 8 ore, nel secondo mese dopo(/prima) dura 10 ore, nel terzo mese 12 ore, nel quarto 14 e nel quinto 16.



Al “*clima di Roma*” corrispondono durate che variano di 1 ora al mese: 15 ore a giugno; 14 ore di luce a luglio/maggio; 13 ad agosto/aprile; 12 a marzo/settembre; 11 a febbraio/ottobre; 10 a gennaio/novembre e 9 a dicembre.

Gerberto sceglie di pubblicare dei dati leggermente diversi nella lettera a frate Adamo, chiamata lettera dei “*climi*” o degli “*horologia*”.

La tabella dovrebbe essere adattata ad una data del solstizio attorno al 17 dicembre/17 giugno, Gerberto avrebbe dovuto scegliere come mese più corto solo dicembre, con il minimo che cade proprio a metà mese. Il solstizio in realtà nell'anno 1000 cadeva il 17 dicembre a causa del *décalage* progressivo di 3 giorni ogni 4 secoli dell'anno Giuliano rispetto all'anno tropico a partire dal 46 a. C. in cui l'equinozio era stato fissato al 25 marzo; così che verso l'anno mille dopo 10 secoli, abbiamo un *décalage* di 8 giorni, cioè dal 25 marzo/dicembre/giugno/settembre si passa al giorno 17 di quei mesi. Però il minimo della tabella è tra dicembre e gennaio, come se il solstizio dovesse essere il 31 dicembre (Sigismondi, 2003).

Queste tabelle o *horologia*, vengono ottenuti sempre con interpolazione lineare tra le date, ossia assumendo la velocità di variazione della durata del giorno costante durante tutto l'anno. Nella realtà questo non accade.

### **Le tabelle climatiche di Marziano Capella e Gerberto (sinusoide)**

Già Marziano Capella nel *De nuptiis Philologiae et Mercurii*, VIII riportava una distribuzione più aderente alla realtà

*Interea bis climatibus quibusque crescunt decrescunt que luces, sciendum que a bruma ita dies accrescere, ut primo mense duodecima eiusdem temporis quod additur aestate accrescat, secundo mense sexta, tertio quarta, et quarto mense alia quarta, quinto sexta, sexto duodecima.*

Traduzione: tra i due solstizi la luce cresce e decresce, sapendo che dall'inverno (bruma) il giorno si accresce il primo e il sesto mese della dodicesima (parte) dell'intervallo totale che l'estate aggiunge, della sesta il secondo e il quinto mese, della quarta, sia il terzo che il quarto.

Numeri: 1/12, 1/6, 1/4, 1/4, 1/6, 1/12 delle ore che l'estate aggiunge



all'inverno. Per Roma sono 6, e gli incrementi sono 30m, 1h, 1h30m fino all'equinozio, e simmetricamente 1h 30, 1h e 30 m sino al solstizio estivo.

**Una tabella basata sul quadrato: per i giorni vicini al solstizio**

La velocità di variazione della durata del dì, nella realtà, si riduce a zero nei solstizi, ed è invece massima agli equinozi. Ed è qui la proporzionalità quadratica del fenomeno, almeno nell'intorno dei solstizi.

In analogia con la caduta dei gravi, la velocità media può essere considerata pari alla metà di quella massima, applicando il teorema del D'Oresme. A Roma la media è di 1 ora al mese (6 ore in 6 mesi), quindi all'equinozio deve essere di 2 ore al mese, che è la velocità massima, mentre al solstizio è zero.

Un moto proporzionale al quadrato dei tempi, espressi in mesi, presupporrebbe che a  $t=0$  la velocità sia massima pari a 2h/mese, e che progressivamente essa diminuisca in modo proporzionale ai tempi, e quindi a  $t=1$  mese sia  $v=2-2/3$  h/mese, a  $t=2$  mesi  $v=2-4/3$  h/mese e a  $t=3$  mesi  $v=0$  h/mese; mentre le ore di luce siano 9 al solstizio invernale,  $9+1/3$  dopo un mese,  $9+4/3=10+1/3$  dopo 2 mesi, e  $9+9/3=12$  ore dopo 3 mesi all'equinozio di Primavera, poi, simmetricamente,  $12+5/3=13+2/3$  dopo un mese,  $13+2/3+3/3=14+2/3$  dopo 2 mesi e 15 ore al solstizio estivo dopo tre

mese	Dicembre	Gennaio/Nov	Feb/Ott	Marzo/Sett	Aprile/Ago	Mag/Lug	Giugno
h luce	9	$9+1/3$	$10+1/3$	12	$13+2/3$	$14+2/3$	15

La tabella più corretta sarebbe con i segni zodiacali, attorno al 21 del mese

mese	Capricorno	21gen/23nov	21Feb/22ott	21Mar/23Set	21Apr/23Ago	21Mag/23Lug	Cancro
h luce	9	$9+1/3$	$10+1/3$	12	$13+2/3$	$14+2/3$	15

*Tabella 1. Clima di Roma, durata del dì durante l'anno*

Per il clima di Thule 18/6 avremmo velocità media 12 ore in 6 mesi, 2h/mese, massima 4h/mese

mese	Dicembre	Gennaio/Nov	Feb/Ott	Marzo/Sett	Aprile/Ago	Mag/Lug	Giugno
h luce	6	$6+2/3$	$8+2/3$	12	$15+1/3$	$17+1/3$	18

*Tabella 2. Clima di Thule, durata del dì durante l'anno*

L'equazione della durata del dì col tempo in mesi a partire dal solstizio



invernale per Roma sarebbe  $t=9+1/3t^2$  fino all'equinozio e  $t=15-1/3t^2$  partendo dal solstizio estivo all'indietro fino all'equinozio.

Per l'ultima Thule  $t=6+2/3t^2$  fino all'equinozio e  $t=18-2/3t^2$  partendo dal solstizio estivo all'indietro fino all'equinozio.

Ad esempio per l'11 novembre che è 40 giorni prima del solstizio invernale la durata del dì è equivalente a quella 40 giorni dopo, cioè  $1+1/3$  mesi;  $t=9+1/3(4/3)^2=9+16/27=9.59$  ore cioè circa 9 h 36 min -24 minuti rispetto alle effemeridi.

Da effemeridi la durata del dì risulta 10 ore esatte.

Usando l'interpolazione lineare del tempo di Gerberto la durata del dì sarebbe  $9+1+1/3=10$  h 20 minuti, 20 minuti in più del valore delle effemeridi. In questo caso specifico l'interpolazione lineare funziona meglio di quella quadratica.

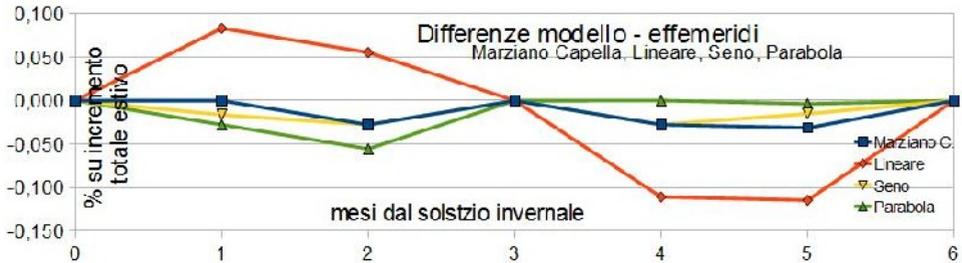


Fig. 1 Confronto tra i modelli e le effemeridi (senza rifrazione al tramonto, per cui il Sole resterebbe sopra l'orizzonte un po' di più del tempo calcolato dal modello puramente geometrico). Abbiamo situazioni quasi simmetriche prima e dopo l'equinozio. Marziano e Gerberto sono comparabili al seno, la parabola riesce anche bene, la retta scosta del 10%. L'incremento totale estivo per Roma sono 6 ore,  $11\%=40$  minuti.

### Applicazione al caso dell'illuminazione dei quattro lati di un palazzo

che corrisponde al caso di 4 marciapiedi orientati verso i 4 punti cardinali, dove si trovano delle piante. Nel caso della durata del dì con tabella lineare, la luce al lato Sud cresce da 9 ore d'inverno a 15 ore d'estate (12 se la casa affianco al marciapiede è alta), cresce in media di 6 ore in 6 mesi;



secondo la tabella dei climi proposta da Gerberto e da lui ripresa da Marziano Capella, ci sono delle variazioni. Dai lati Est e Ovest prendiamo esattamente la metà delle ore del lato Sud, mentre il lato Nord sono quelle che eccedono le 12 ore a Sud.

Facciamo il caso di Gennaio: 9 ore  $1/3$  a Sud, 4 ore  $2/3$  a Est e a Ovest, zero a Nord. Per Maggio abbiamo: 14 ore  $2/3$  a Sud, 7 ore  $1/3$  a Est e a Ovest, 2 ore  $2/3$  di luce diretta sul lato Nord.

Naturalmente sul lato Sud, se c'è una casa alta al centro di questi quattro marciapiedi, quando il Sole "gira" oltre l'azimut dell'Ovest o è prima dell'Est, la luce non arriva più e allora il limite estivo sono 12 ore di luce, ma tutte col Sole già alto sull'orizzonte, mentre le ore al Nord sono sempre col Sole basso, abbastanza attenuato dall'assorbimento atmosferico.

Dunque la tabella dei *climi* di Gerberto sono utili per fare un calcolo dell'illuminazione solare diretta nei quattro lati di un isolato allineato con i punti cardinali. *Clima* in greco significa *inclinazione*, del Sole al solstizio.

### **Effetto schermo dei palazzi circostanti**

Come visto per i quattro lati di un isolato, la presenza di altri edifici nelle strade circostanti determina i casi specifici di insolazione su ciascun lato. Le case davanti fungono da filtro "passa-alto" ossia che la luce del Sole quando arriva a terra o sugli alberi nei marciapiedi ha già un'inclinazione tale da avere un assorbimento atmosferico ridotto. Infatti più il Sole è alto più i suoi raggi riescono a superare gli ostacoli posti dagli edifici e toccare terra. Quindi le ore di insolazione effettiva vengono ridotte dai palazzi circostanti se sono troppo vicini, ma restano le ore a cavallo del passaggio meridiano, che sono quelle più efficienti in termini di calorie e fotoni.

Facciamo un esempio utilizzando il modello piano-parallelo di atmosfera, valido fino a  $15^\circ$  dall'orizzonte. La quantità di massa d'aria che deve attraversare la luce del Sole, alto  $h^\circ$  sull'orizzonte, è pari ad  $1/\sin(h^\circ)$ , dove 1 è la massa d'aria che sta su di noi allo zenit. Ogni massa d'aria trasmette circa l'87% della radiazione luminosa (e termica) proveniente dal Sole. Quando il Sole è a  $h=30^\circ$  l'aria trasmette l'87% dell'87% cioè il



$76\%=0.87*0.87$ . Con  $h=20^\circ$  le masse d'aria diventano 3 e la trasmissione totale vale il 66%. A  $15^\circ$  vale circa il 58%, e all'orizzonte [con 5 masse d'aria secca] passa solo il 50% di ciò che passerebbe col Sole allo zenit. La differenza tra il valore allo zenit e quello che raggiunge al meridiano alle nostre latitudini temperate ( $41.9^\circ$  a Roma) d'estate tra primavera e autunno resta sempre nella fascia dell'80%, quindi contano le ore di insolazione col Sole così alto, piuttosto che una sua maggiore altezza.

Per esempio all'equinozio il Sole sta 12 ore nel mezzo cielo centrato a Sud, ma inizia da  $h=0^\circ$  a Est e finisce con  $h=0^\circ$  a Ovest, raggiungendo un'altezza di  $48.9^\circ$  al meridiano (Sud). Qual è la sua altezza media durante il giorno?

Gli amanti dell'interpolazione lineare direbbero  $24.45^\circ$ , e se fosse così avremmo 3 masse d'aria medie durante il giorno per 12 ore. C'è la possibilità di fare un'interpolazione quadratica, con una parabola rovesciata che culmina al meridiano a  $49^\circ$  (cifre tonde). La parabola è tale che 6, 3, 2 e 1 ora prima del meridiano, l'incremento è 36, 9, 4, 1 del totale che è 36 parti= $49^\circ$ . La proporzione quadratica sarà riassunta nella tabella

h ante/post	6	5	4	3	2	1	0
$h^\circ$	0	15	27	37	44	48	49
airmass	5	3,87	2,19	1,67	1,45	1,35	1,33
trasm. %	50	58	74	79	82	83	83

La media oraria di trasmissione sulle 12 ore è 71%, corrispondente ad una massa d'aria media di 2.46. La sommatoria delle 12 ore è 851 unità.

Se abbiamo un fenomeno "a soglia" come la fusione del ghiaccio, della neve, oppure la vegetazione delle piante, che si attivano ad es. con una sommatoria di 250 in unità %, queste unità vengono conseguite nelle tre ore a cavallo del meridiano, e le altre ore (che potrebbero anche risultare schermate dagli edifici davanti o dalle montagne davanti) contano meno.

### **Insolazione e innevamento sulle montagne: il caso dell'Emilius**

Per la fusione di un ghiacciaio/nevaio, uno dei parametri principali è



l'insolazione. Poi l'albedo, ossia la riflettanza del ghiaccio/neve, e la sua capacità di assorbire calore da altre vie (atmosfera, rocce affioranti, sabbia depositata sopra). Per il discorso che stiamo conducendo concentriamoci sull'insolazione, e trascuriamo ostacoli davanti, per cui prendo montagne isolate come il Cervino e l'Emilius (che domina Aosta), a forma di tronco di piramide orientato con i punti cardinali. Consideriamo il lato Nord e il lato Sud. A inizio Primavera, quando sono entrambe al massimo dell'innevamento. Al lato Sud arrivano 851 unità di insolazione (le prendo tal quali dalla tabella calcolata per Roma, per comodità, anche se Aosta è a 45° N quindi ne arrivano un po' di meno). Al lato Nord ne giungono zero, iniziano ad arrivare da quel momento. Quando saranno passati tre mesi, al solstizio estivo, il lato Sud avrà ricevuto più di 851 unità ogni giorno, mentre al Nord arriveranno prima un'ora poi due poi quasi tre ma ad angoli bassi, quindi -usando la stessa tabella per non appesantire troppo con calcoli e numeri il discorso- avremo le prime tre caselle a 0°, 15° e 22°; che danno un totale di 182 unità al giorno al solstizio estivo, che decrescono via via che ci si allontana verso gli equinozi. Un giorno sul lato Sud vale circa 1000 unità d'estate, mentre uno sul lato Nord meno di 200. Se la neve sparisce in un mese sul lato Sud, a Nord necessita di 5 mesi (mantenendo la proporzione), e in capo a questo tempo può non fare in tempo a fondersi completamente... perché il Sole è troppo basso a inizio e fine stagione.

**Calorie da insolazione** La costante solare, circa 1370 W/m<sup>2</sup>, è un valore medio dell'energia solare che arriva sull'unità di area alla distanza media Terra-Sole, fuori dall'atmosfera. Sapendo che 1 caloria innalza un grammo d'acqua di un grado di temperatura e corrisponde a 4.18 J, riscrivendo la costante solare in calorie otteniamo 328 cal/s/m<sup>2</sup>. Di questa quantità l'atmosfera ne lascia passare, in media, all'equinozio (giorno scelto appositamente per avere un valore medio valido per tutto l'anno) il 71% durante tutte le 12 ore di insolazione, cioè 233 cal/s/m<sup>2</sup> su una superficie sempre perpendicolare ai raggi del Sole, come alcuni pannelli solari "a



inseguimento" riescono a fare. Le piante, grazie alle proprietà *eliotropiche* cercano il Sole, e dispongono le loro foglie in modo da massimizzare la ricezione energetica. Ammesso che il ghiaccio o la neve ricevano tutte queste calorie, e ne assorbano -a loro volta- solo il 10%, sappiamo che per fondere 1 grammo di ghiaccio servono 80 calorie, una volta che la sua temperatura sia già giunta a 0°C. Trascurando l'energia per arrivare a 0°C, e studiando solo il calore latente di fusione, di 80 cal/g, il Sole è capace di fornire in media 23 calorie al secondo per m<sup>2</sup>. Per fondere un millimetro di spessore di questo ghiaccio, cioè un litro, 1000 g, servono 80000 calorie, cioè 3478 secondi, quasi un'ora.

Le assunzioni utilizzate in questo modello sono: 1. il ghiaccio sia mediamente perpendicolare alla direzione di provenienza dei raggi del Sole, e 2. il suo assorbimento sia pari al 10%, e quindi l'albedo sia del 90%. Pur trattandosi di valori medi, validi per tutto l'anno, sappiamo bene che d'inverno la neve si accumula pur essendoci giornate soleggiate, e d'estate il contrario. Se applichiamo tout-court questo modello alla Groenlandia, con 2 milioni di km<sup>2</sup> di *inlandsis*, otteniamo che, durante la fase di fusione dei ghiacci, se ogni ora 1 m<sup>2</sup> produce 1 litro, tutto l'*inlandsis* (o calotta glaciale) ne produce 2 milioni. Perché ciò non accada occorrono nubi, che schermano la luce del Sole, o un'albedo del ghiaccio maggiore.

Fig. 1 l'Emilius 3559 m, visto da Aosta, al tramonto del 18 giugno 2019, con tracce di neve sulla sommità della parete Nord (sotto il lampione in prospettiva).



Fig. 2 L'Emilius al tramonto del 23 e 26 giugno (riquadro).

L'azione del Sole sulla neve in parete Nord nei tre giorni che separano le due foto ne ha modificato l'aspetto. Alla quota considerata il passaggio dal ghiaccio/neve può avvenire direttamente allo stato aeriforme con almeno  $80+539=619$  calorie/g di calore latente di sublimazione.



Il calcolo completo del calore latente di sublimazione (passaggio di stato e non reazione chimica) è dato dalla somma delle entalpie di vaporizzazione e di liquefazione, e dà 679 cal/g per l'acqua. La parete Nord dell'Emilius in quei tre giorni 24, 25 e 26 giugno 2019 ha ricevuto 600 delle unità usate in tabella 1. 100 corrispondono al Sole allo zenit fuori dall'atmosfera, cioè  $328 \text{ cal/s/m}^2$ , quindi in 3 giorni 4 ore ogni giorno oltre le 12 ore per Aosta, fanno 12 ore di insolazione per un totale di 14 milioni di calorie per  $\text{m}^2$ , dividendo per 679 si ottiene circa  $20 \text{ kg/m}^2$  di neve ghiacciata sparita. Lo spessore perso corrisponde (in mm) a 20 mm (se fosse acqua) 20 cm se fosse neve, e ritengo più prossimo a 20 mm il risultato essendo neve ghiacciata, ed essendo molto diverso l'aspetto della vetta a tre giorni di distanza.

**Conclusioni** ho mostrato come le tabelle dei climi di Gerberto, tratte da Marziano Capella, siano un'ottima approssimazione dei dati reali, e possano essere utilizzate per calcolare le ore di insolazione al variare della stagione. Ho dato l'esempio per le piante attorno ad un isolato cittadino e per la neve sulla parete nord dell'Emilius, adattando la tabella per Roma.

**Referenze** C. Sigismondi, *Geografia* 101, (2003) anche su arxiv

M. Otisk, [Gerbertus 11,1-12 \(2018\)](#)



## Scienza, fede ed epidemie

Costantino Sigismondi<sup>1</sup>(*ICRA/Sapienza e IIS F. Caffè, Roma*)

*submitted May 28, 2020 accepted June 1, 2020*

### Abstract

The faith in Jesus Christ and in His real presence in the Eucharisty are at the basis of Catholicism. Gathering in the churches for celebrating the divine mysteries is the natural reaction of the people of God. How to comply it with the scientific and rational rules to reduce contagion in a pandemy? You shall not tempte God the Lord, is the answer of Jesus to the devil who asked him to jump down from the top of the Temple. As usual the words of Jesus offer many solutions for many different problems: Jesus being the Lord has not to be tempted is one, but the other, as a true Man, he is also a rational being who knows the law of Gravity (included in the divine design of the World). Gathering in many, during a pandemy, would be an act of provocation to God, instead of witnessing Faith. This is an obliged act of thinking for a christian scientist, and not an attempt to justify any canonical decision of the religious authority.

### Sommario

Nel Cattolicesimo la Fede in Gesù Cristo e nella presenza reale nell'Eucaristia sono alla base. Accorrere nelle Chiese per celebrare i divini misteri è la reazione più naturale per il popolo di Dio. Ci si domanda come conciliare questo con le raccomandazioni della ragione e della scienza di fronte ad un'epidemia. "Non tenterai il Signore Dio tuo" è la risposta di Cristo al diavolo che lo invitava a gettarsi dal pinnacolo del Tempio, perché sta scritto che Dio non permetterà che ti capiti nulla di male. La risposta, come tutte le parole di Cristo, è di efficacia molteplice: non solo Gesù, il Signore, non è tenuto ad obbedire se non al Padre, ma anche come vero Uomo, non deve sfidare ciò che la ragione rettamente formata e informata conosce come legge di Natura (in quel caso la gravità). Aggregarsi in molti, sia pur tutti in buona fede di essere immuni, sarebbe un atto di sfida, più che una testimonianza di fede. Questa riflessione è d'obbligo per un uomo di scienza e cristiano, e non pretende di giustificare puntualmente i provvedimenti canonici dell'autorità religiosa.

**Le leggi dell'epidemiologia** rispecchiano le leggi matematiche binomiali ed esponenziali che descrivono la propagazione di un virus da un soggetto ad altri, tenendo conto della diversa risposta dei vari individui (sopravvivono, si ammalano e poi guariscono, o muoiono) e del ruolo dei cosiddetti portatori sani... Un esperto di queste tecniche di tipo statistico, e uno storico che conosce le procedure applicate dalle autorità civili e



religiose nel passato potrebbero aiutare certamente a dirimere la questione meglio. A Roma abbiamo la chiesa di San Lazzaro in Borgo, del XII secolo, sulla via Trionfale alle pendici di Monte Mario, che era utilizzata come Lazzaretto in tempo di peste.

I pellegrini dalla Francigena arrivavano a Monte Mario, chiamato anche *Mons Gaudii*, contemplavano da lontano la Basilica del Beato Pietro, e poi venivano fermati per la quarantena fuori dalle mura della Città, a san Lazzaro. Quindi ci sono certamente moltissimi documenti storici e canonici in materia di epidemie, e celebrazioni. Richiamando il Vangelo delle tentazioni di Cristo desidero dire, innanzitutto a me stesso, che sospendere le celebrazioni con concorso di popolo è una forma di usare la testa -essendo veri uomini, come lo era anche Cristo- per non tentare Dio che ce la ha data con azioni avventate, contro le leggi naturali.



Fig. 1 San Lazzaro in Borgo a Roma

L'Eucaristia ha continuato ad essere celebrata dai presbiteri, per la salvezza del Mondo. È vero che il popolo celebrando l'Eucaristia domenicale (*sine dominico non possumus vivere*) ha un grande aiuto verso la salvezza, e ricevendola nella Comunione viene progressivamente "Cristificato", ma esiste anche il precetto della Chiesa di fare la Comunione almeno a Pasqua ([CCC2042](#)) che significa nel tempo Pasquale da Pasqua a Pentecoste, con la necessaria Confessione. La logica di questo precetto è in linea con i provvedimenti presi.



**Presenza reale di Cristo nell'Eucaristia** significa in Corpo Sangue Anima e Divinità, e Dio è amante della vita: può essere l'Eucaristia veicolo di contagio? A tal proposito trovo interessante un passo di Sapienza 1, 13-15 *Dio non ha creato la morte e non gode per la rovina dei viventi. Egli infatti ha creato tutto per l'esistenza; le creature del mondo sono sane, in esse non c'è veleno di morte, né gli inferi regnano sulla terra, perché la giustizia è immortale.* Che lascia molto riflettere circa i virus, che, comunque, devono rientrare nei Suoi piani. Per il Cristiano non si tratta di turarsi occhi e orecchie di fronte alla realtà, ma scoprire come il Creatore l'ha ordinata e come ci ha chiesto di soggiogarla. Comunicandoci al *pane della vita* non possiamo temere la morte, anche se questa può giungere nel servizio agli ammalati come accadde per San Luigi Gonzaga a Roma nella peste del 1591.

### **Scienza, Fede e Ragione**

Oggi il contrasto sull'Eucaristia -una volta riaperto il culto con il popolo- si riapre sia verso i Cattolici che gli Ortodossi, dove le specie consacrate del pane e del vino vengono date da mangiare ai fedeli, con delle varianti culturali. La scienza può solo misurare, e la Transustanziazione non può essere misurata, anche se nei Miracoli Eucaristici qualche cosa è offerto anche alle indagini e agli strumenti scientifici. La Fede deve supplire alla Ragione dove questa non può arrivare. *Prestet Fides supplementum sensuum defectui* recita l'inno di s. Tommaso d'Aquino. Tuttavia la logica del Cristianesimo -accettata per Fede- è coerente: se crediamo in Gesù Cristo, figlio di Dio, vero Dio e vero Uomo, che fu crocifisso, morì e fu sepolto e il terzo giorno è risuscitato secondo le scritture, la Risurrezione fonda tutto, e l'Eucaristia è -in un certo senso- provata dalla Risurrezione, così come la Divinità di Cristo. Poi che Dio sia *amante della vita*, è rivelato già nell'Antico Testamento, e che lo Spirito del Signore riempie la Terra e che *ha creato tutto per l'esistenza senza veleno di morte*, ribadisce che Dio non vuole la distruzione del genere umano. Le punizioni del Diluvio, della Torre di Babele, di Sodoma e Gomorra sono superate dalla Redenzione, per la quale *dove ha abbondato il peccato, ha sovrabbondato la grazia* (Rm 5,20).



Dei millenarismi, relativi alla fine del Mondo, che porrebbe fine all'iniquità sulla Terra con una grande calamità, forse non è stato esente nemmeno Gerberto, anche se non tutti gli storici sono concordi nel riconoscere al passaggio dell'anno 1000 un sentimento popolare di questo tipo. In Gervaso e Montanelli, sull'*Italia dei secoli bui* addirittura si parla -senza fonti- del 31 dicembre 999, san Silvestro, con Silvestro II protagonista. L'inizio dell'anno civile poteva essere il 1 gennaio, ma anche il 25 marzo con la festa dell'Annunciazione.

Conviene sempre stare in guardia quando il medioevo viene semplicisticamente liquidato come secoli bui...

Con la Redenzione di Cristo, morto e risorto per la salvezza del Mondo, non possiamo certo pensare che Dio decida troppo facilmente di fare piazza pulita. *E ho altre pecore che non sono di questo ovile. Anch'esse io devo guidare, ascolteranno la mia voce e saranno un solo gregge, un solo pastore. [...] Le mie pecore ascoltano la mia voce e io le conosco e mi seguono. Io do' loro la vita eterna e non periranno mai; e nessuno le strapperà dalla mia mano. Il Padre mio che me le ha date è più grande di tutti e nessuno le può strappare dalla mano del Padre. Io e il padre siamo uno.* (Gv. 10, 16. 27-30).

Per concludere cito delle parole dello scrittore e teologo don Nicolino Sarale, che ricordava "Dio è Misericordia, ma è anche Giustizia"! Per non rilassarci nei confronti del male che avanza, accogliendolo a braccia aperte, per sterile buonismo. *Il Signore nel mantenere la sua promessa non ha quella lentezza che alcuni gli attribuiscono, ma è longanime a vostro favore, non volendo che alcuno perisca, ma che tutti giungano al pentimento* (2Pt 3, 9). Noi dobbiamo essere per ogni epoca storica *il sale della Terra*.

## Referenze

Catechismo della Chiesa Cattolica, Libreria Ed. Vaticana, (1991).

A. Isola, *I Cristiani dell'Africa Vandalica*, Ed. Univ. Jaca, Milano, (1990).

C. Sigismondi, *Misure di massa nel 1574 del Sangue del Miracolo Eucaristico di Lanciano*, Gerbertus 9, 21 (2016).



## Misura dell'altezza del cipresso più alto a scuola

Costantino Sigismondi<sup>1</sup>(<sup>1</sup>ICRA/Sapienza e IIS F. Caffè, Roma)

submitted February 23, 2020 accepted June 1, 2020

### Abstract

Gerbert in Geometria XVI-XXI showed how to measure heights with the astrolabe, and with the ephemerides, which has the function to measure angular heights to be associated with distance measurements on ground. Under form of problem the real data are proposed.

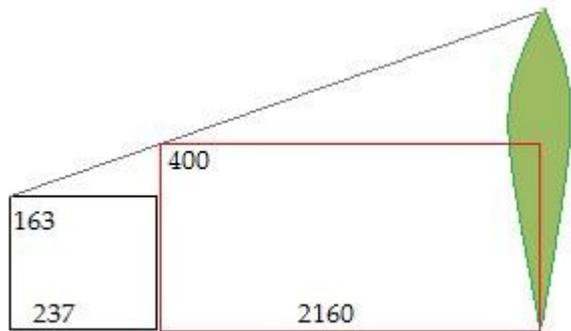
### Sommario

Nella Geometria cap. 16-21 Gerberto mostrò come misurare l'altezza di un albero usando l'astrolabio come misuratore dell'altezza angolare, da associare con misure di distanze a terra. I dati reali vengono proposti sotto forma di problema, e l'altezza angolare è ottenuta anche con l'ombra (*horoscopum*) del Sole, usando l'astrolabio per prendere la sua altezza.

**Dati dal campo** il cipresso più alto del nostro Istituto è stato chiamato "Iperione Fonteiano" #968 ed era stato oggetto di misurazioni con il teodolite e le classi di geometri della prof.ssa Paola Spera il 1 marzo 2017 (hanno ottenuto 22m90cm) e dalla 2 CT con l'asta metrica dal centro del campo, il 13 febbraio 2020.

Il risultato delle misure che forniranno l'altezza precisa è riassunto nella figura seguente.

Fig. 1 altezza dal suolo dell'occhio della misuratrice 163 cm; distanza tra la verticale dell'occhio e l'asta metrica 273 cm; distanza tra l'asta e la base del cipresso 2160 cm; altezza dell'asta metrica 400 cm.



L'asta metrica è fatta da moduli metallici di 80 cm avvitati l'uno all'altro. Rispetto all'esperimento fatto col teodolite nel 2017 abbiamo svolto le misure sul campo di calcetto che è alla stessa quota della base del Cipresso, che incombeva su di noi. Il teodolite era posto più in alto.



I valori ottenuti con i vari metodi sono di circa 23 metri, come nel 2017.

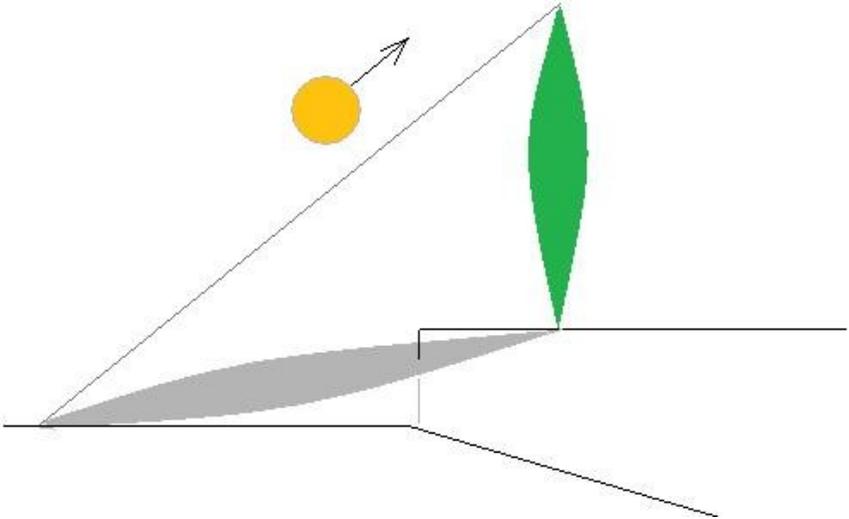


Fig. 2 geometria dell'esperimento di misura mediante l'ombra meridiana del Cipresso. Il punto di arrivo dell'ombra, davanti al bar, non è al livello della base del Cipresso, e la misura della lunghezza dell'ombra ha richiesto più fasi con la rotella metrica da 20 m, e il teorema di Pitagora in 3 dimensioni. L'esperimento è stato condotto il 20 febbraio, col Sole a  $37^\circ$  alle 12:26 locali. Il dislivello tra la base del Cipresso e il piano dell'ombra è 2 m 20 (misurato col livello e l'asta metrica). La lunghezza dell'ombra calcolata dalla punta dell'ombra

alla base del Cipresso era circa 33 m. Fig. 3 il filare dei cipressi studiati in questo volume. Iperione Fonteiano è il numero #968, ed è il più alto secondo un catalogo municipale. L'apertura centrale è a seguito della potatura del 4 febbraio di 4



alberi, che pure stavamo seguendo quanto a pollinazioni.



## Dalla Geometria di Gerberto, capitolo 16 Patrologia Latina volume 139

CAPUT XVI. *Ad altitudinem cum astrolabio metiendum.*

*Si fuerit altitudo in aequalitate, tali poterit mensurari inspectione. Sumatur ab altimetra astrolabium, et in medietate quadrati in postica ejus planitie exarati constituatur mediclinium, ut hac scilicet positione stet mediclinium alterius partis astrolabii in numero graduum dierum 45, et tandiu ab eo ante et retro aestimando pergatur, donec per utrumque ipsius mediclinii foramen altitudinis summitas inspiciatur. [Col. 0117C] Qua inspecta, loco in quo stetit mensor nota imprimatur, et huic impressioni statura mensoris adjungatur. Post haec locus ipse diligenter notetur, et ab eo usque ad radicem altitudinis tota planities caute mensuretur; et quot pedum ipsa planities fuerit, tot sine dubio altitudo erit. Si vero non in medietate [Col. 0118A] quadrati mediclinium steterit, sed in primo, aut in secundo, aut in tertio, aut in aliquo quadrati gradu, 12 gradibus collatis, qualis fuerit collatio inter illos aliquos quadrati gradus et 12, talis erit inter planitiem et altitudinem mensurandam, statura mensoris adjuncta.*

Capitolo 16. Per le misurazioni di altezza con l'astrolabio

Se fossimo a pari altezza dell'oggetto da misurare, basterebbe un'ispezione (sull'oggetto, o con una livella n.d.t.). Si prende l'astrolabio dalla parte del misuratore delle altezze, e nella metà del quadrato delineato nella sua faccia posteriore si prenda la linea diagonale inclinata a 45°, finché da entrambi i fori della linea si veda la sommità dell'altezza da misurare. Una volta trovata questa, si annoti con cura la posizione del misuratore e la sua statura venga aggiunta. Da questo luogo fino alla base (*radix*, come parlasse proprio di un albero n.d.t.) dell'altezza si misuri accuratamente la distanza in piano, questa sarà senza dubbio esattamente uguale all'altezza. Se in verità l'alidada non fosse nel mezzo del quadrato, ma in una delle dodici sezioni in cui è suddiviso il quadrato, tale sarà il rapporto (*collatio*) tra l'altezza del misuratore e la distanza misurata a terra (in piano). Per quest'ultima norma si veda la tabella seguente la traduzione del cap. XXI. Nella nostra procedura la statura mensoris vale 163 cm, misurata fino all'altezza dell'occhio della misuratrice, ma poi abbiamo usato le proporzioni tra triangoli simili per addivenire al risultato. Invece Gerberto



usa un metodo perfettamente adattato all'astrolabio portatile, se non ci sono ostacoli tra l'osservatore e l'albero da misurare. Ci si muove finché l'alidada inclinata esattamente a  $45^\circ$  inquadra la sommità.

Nel capitolo XVII Ad altitudinem inaccessibilem cum horoscopo metiendam, si tratta il caso con ostacoli. Nel capitolo XXI Ad altitudinem arboris, columnae, vel turris per umbram cum astrolabio inveniendam, si tratta proprio il caso delle ombre, che noi abbiamo fatto prendendo dalle effemeridi l'altezza del Sole per maggiore precisione. In questo capitolo compare la parola *halhidada* di chiara origine araba, che è mobile e può avere inclinazioni che ricadono nei dodici settori in cui è diviso l'angolo retto (col compasso), ad ognuno dei quali è associato un numero, da tabella trigonometrica d'uso pratico. L'alidada "cattura" i raggi del Sole che produce (emittere) l'ombra che si misura sul piano. La tabella dei dodicesimi di  $45^\circ$  con le altezze è tratta dal capitolo XXI:

*Si duae partes supra apparent, ad quas 12 sescuplam habeat proportionem, sescupla [sextupla n.d.t.] quoque ad altitudinem umbra; si tres appareant, quadrupla; si 4, tripla; si 5, duplex superbipartiens quintas; si 6, dupla; si 7, super quinque partiens septimas; si 8, sesquialtera; si 9, sesquitertia; si 10, sesquiquinta; si 11, sesquiundecima; si omnes, aequa erit altitudo et umbra.*

2 parti	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6x	4x	3x	5/2x	2x	7/5x	3/2x	4/3x	6/5x	11/10x	1x



Anche nella Musica (*Mensura Fistularum*) e nell'Astronomia (*Horologia*) Gerberto preferisce tabulare dati dal numero 12 ad un'approssimazione più aderente ai calcoli. **Referenze** J. Page, *Le Foreste*, Mondadori MI (1985).



## Why Gerbert of Aurillac added to the letter to brother Adam the climate table where the longest day of the year reaches 18 hours?

Marek Otisk (*University of Ostrava*)

submitted May 8, 2018; accepted May 24, 2018

**Abstract** This paper tries to solve the question why did Gerbert of Aurillac in his brief letter to brother Adam (written in 989) elaborate a table for climate (horologium) where the longest day of the year reaches 18 hours. The standard summaries of climates, available during Gerbert's time, did not mention such climate. This text wants to argue that Gerbert added this table to his letter because the table of climate with 18 hours solstitial day (similarly like the second added table for the climate of Hellespont) is an exemplary guideline according to which Adam can make his own horologies. Gerbert used this extraordinary climate as a suitable explanatory example due to its mathematical simplicity appropriate demonstrating the astronomical theory of yearly Sun movement.

**Sommario** L'articolo prova a risolvere la questione su perché Gerberto d'Aurillac nella sua breve lettera a frate Adamo (scritta nel 989) elaborò una tabella per i climi (un orologio) in cui il giorno più lungo dell'anno raggiungeva le 18 ore. I manuali standard sui climi, disponibili al tempo di Gerberto, non menzionavano questo clima. Questo articolo prova ad arguire che Gerberto aggiunse questa tavola alla sua lettera perché la tavola del clima con 18 ore al solstizio estivo (similmente alla seconda tavola per il clima dell'Ellesponto da 15 ore) sia un modello di riferimento con cui Adamo poteva calcolare il suo proprio orologio. Gerberto usò questo straordinario clima come esempio esplicativo per la sua matematica semplicità adatta a rappresentare la teoria astronomica del movimento annuale del Sole.

**Keywords:** Gerbert of Aurillac; horology; timekeeping; climate; astronomy

### 1. Introduction

This paper discusses a relatively short letter by Gerbert of Aurillac written to his friend Adam in the spring of the year 989.<sup>1</sup> This Gerbert's epistle deliberates partial theoretical findings, which were fundamental for contemporary timekeeping. There are several immensely interesting details in this letter. Gerbert describes changes in the presence of daylight

---

1 Cf. Rossi, Paolo, "Sinossi delle principali differenti proposte di datazione". In: Gerbert D'Aurillac/Silvestro II. *Lettere* (983–997). Transl. P. Rossi. Pisa: Pisa University Press 2009, p. 204.



over the horizon during a year in relation to geographical latitude of that place, i.e. according to the length of solstitial day. The letter is accompanied by two tables by means of which Gerbert illustrates described changes. The text was obviously addressed to an erudite recipient because Gerbert uses terms from the field of contemporary timekeeping, astronomy and geography without any further explanation. It can be assumed that Adam was fairly familiar with the contemporary astronomical theories representing the necessary intellectual equipment for timekeeping. This paper focuses on this Adam's possible knowledge and its main goal is to answer the question from the title of the paper: Why Gerbert added to the letter a climate table where the longest day of the year reaches 18 hours?

## 2. Gerbert's horological letter

Gerbert's letter is apparently a response to the prior Adam's request for the clarification of some partial knowledge necessary for timekeeping. We know practically nothing about brother Adam.<sup>2</sup> The opening of the letter provides justified reason for a hypothesis that Gerbert and Adam were friends. Gerbert claims that he wrote the letter in order to bring the missing friend to mind and, as a token of their friendship, he chose several astronomical theses.<sup>3</sup> They describe the ascend and the descend of the Sun according to the theory stating that the changes in duration of the presence of the Sun over the horizon are irregular during the year and are in contrast with the interpretation which suggests that every month at a specific place the length of daily sunlight increases (or decreases)

---

2 See for example *The Letters of Gerbert with His Papal Privileges as Sylvester II*. Transl. H. Pratt Lattin. New York: Columbia University Press 1960, p. 190.

3 *Die Briefsammlung Gerberts von Reims. Epistola 153*. Ed. F. Weigle. *MGH Briefe d. dt. Kaiserzeit 2*. Weimar: Hermann Böhlau Nachfolger 1961 [hereafter cited as Gerbert, *Epist.*], p. 180, 11–14: *Ut vero tui memoriam habere cepi, ne penitus otio torperem et amico absentis aliqua in re satisfacerem, litteris mandavi tibi in pignus amicitiae misi quaedam ex astronomicis subtilitatibus collecta, ...*



regularly.<sup>4</sup>

Gerbert subsequently quotes the eighth book *De nuptiis Philologiae et Mercurii* of Martianus Capella and he reminds us that the increase of daylight, following the winter solstice, proceeds in this way: In the first month daylight increases by one-twelfth of the difference between the length of the day during winter and summer solstice; in the second month, the daylight increases by one-sixth of the same difference; during the third and fourth month, the increase is one-quarter of the difference between the length of the day during winter and summer solstice; in the fifth month the increase is one-sixth again and in the sixth month it is one-twelfth of the same difference.<sup>5</sup> Gerbert does not waste time by adding that during the second half of the year this process is reversed – the length of the day shortens according to the same calculation.

According to this theory, as Gerbert states, he outlined horologies of two climates after he had admeasured specific length of day for every month in both climates using accurate time intervals (hours). It concerns the climate of Hellespont (Dardanelles), where the longest day of a year is 15 hours long, and the first *horologium* is meant surprisingly for the climate whose inhabitants can enjoy daylight during the longest day of a year for full 18 hours.<sup>6</sup>

---

4 Gerbert, *Epist.* 153, p. 180, 14–16: ... *scilicet accessus et recessus solis non secundum eorum opinionem colligens, qui equales fieri putant singulis mensibus, sed eorum rationem persequens, qui describunt omnino inequales.*

5 Gerbert, *Epist.* 153, p. 180, 16–20. Cf. Martiani Minnei Felicis Capellae *De nuptiis Philologiae et Mercurii* VIII, 878. Ed. J. Willis. Leipsic: Teubner 1983 [hereafter cited as Martianus Capella, *De nuptiis*], p. 333, 2–5: *Interea bis climatibus quibusque crescunt decrescunt que luces, sciendum que a bruma ita dies aecrescere, ut primo mense duodecima eiusdem temporis quod additur aestate accrescat, secundo mense sexta, tertio quarta, et quarto mense alia quarta, quinto sexta, sexto duodecima.*

6 Gerbert, *Epist.* 153, p. 181, 1–16:

*HOROLOGIUM SECUNDUM EOS, QUI DIEM MAXIMUM HABENT  
HORARUM EQUINOCTIALIUM XVIII.*

*Iunius et Iulius*

*Di. Ho. XVIII*



Gerbert processed mentioned tables on the basis of this method in order to pose as an example, which can be used by Adam to construct his own horologies for any climate. It is enough for Adam to find the length of solstitial day for specific place using water clock, clepsydra.<sup>7</sup> It is comparatively easy to determine the length of a solstitial day: During a solstice, we must separately mark the amount of water which flows through clepsydra in the course of the night and during the day and,

---

*Nox Ho. VI*

*Maius et Augustus*

*Di. Ho. XVII*

*Nox Ho. VII*

*Aprilis et September*

*Di. Ho. XV*

*Nox Ho. VIII*

*Martius et October*

*Di. Ho. XII*

*Nox Ho. XII*

*Febroarius et November*

*Di. Ho. VIII*

*Nox Ho. XV*

*Ianuarius et December*

*Di. Ho. VI*

*Nox Ho. XVIII*

*ITEM HOROLOGIUM ELLESPONTI, UBI DIES MAXIMUS EST HORARUM  
EQUINOCTIALIUM QUINDECIM.*

*Ianuarius et December*

*Di. Ho. VIII*

*Nox Ho. XV*

*Febroarius et November*

*Di. Ho. X et semis*

*Nox Ho. XIII et semis*

*Martius et October*

*Di. Ho. XII*



subsequently, we must convert the sum of these values (litres) to the 24-hour system.<sup>8</sup>

### 3. Movement of the Sun

Gerbert's letter explicitly introduces two different theories concerning the changes in daylight during the year. Medieval thinkers adopted ancient theories about the movement of the Sun, to which the two basic motions are ascribed. The Sun, as well as the whole celestial sphere, to which the stars and constellations are firmly embedded and they revolve around the Earth (from the east to the west) once per 24 hours and this movement is substantial for the definition of day and night. When the Sun appears over the horizon, we talk about the day, while the absence of daylight is characteristic for night. The Sun and its light distinguishes day from night in the same way as light separated day from night during the creation of the world. At the same time, it holds that the day is 24 hours

---

*Nox Ho. XII*

*Aprilis et September*

*Di. Ho. XIII et semis*

*Nox Ho. X et semis*

*Maius et Augustus*

*Di. Ho. XIII et semis*

*Nox Ho. VIII et semis*

*Iunius et Iulius*

*Di. Ho. XV*

*Nox Ho. VIII*

7 Gerbert, *Epist.* 153, p. 180, 20–26: *Itaque secundum hanc rationem duorum climatum horologia certis depinxi mensuris definitas horas singulis mensibus attribuens. Alterum est Ellesponti, ubi dies maximus horarum æquinoctialium est XV, alterum eorum, qui diem maximum habent horarum æquinoctialium XVIII. Hoc autem ideo feci, ut sub omni climate ad horum exemplar propria horologia componere possis, cum agnoveris quantitatem solsticialium dierum ex clepsidris.*

8 Gerbert, *Epist.* 153, p. 180, 26–28: *Quod factu quidem facile est, si furtiva aqua nocturni ac diurni temporis solsticialis, seorsum excepta, accedat ad dimensionem tocius summe, que fit XXIII partium.*



long and one day equals to one orbit of the Sun around the Earth.<sup>9</sup>

However, the Sun is not firmly connected with the celestial sphere (contrary to stars) and it does possess even another movement: from the west to the east. This movement spans over yearly period and during it the Sun follows its own circular orbit which is called ecliptic and it passes through twelve zodiacal constellations.<sup>10</sup> Yearly movement of the Sun and its retreating from the celestial equator causes the change of seasons and it, of course, causes the changes of daylight (the presence of Sun over the horizon). We can thus divide the annual path of the Sun by four basic milestones: there are two so called equinoctial days (the days when the Sun crosses the equator and it is over the horizon for the same time as it is under the horizon – we speak of spring or vernal equinox in March and of autumnal equinox in September) and two solstitial days (the days when the Sun reaches the tropics and its departure from the celestial equator changes its direction and the Sun starts its way back to the equator).<sup>11</sup> For the inhabitants of the northern hemisphere this means that in June we can speak of summer solstice since the Sun reaches the tropic of Cancer and we have the longest day and the shortest night in year, while in December, during the winter solstice, the Sun departs to the tropic of Capricorn and we have the shortest day and the longest night.

Apparently, Adam must have known all of these theories because Gerbert isn't speaking about the ecliptic or about the definitions of day and hour in his brief letter, despite the fact that Gerbert's statements would not have been comprehensible without this knowledge. Gerbert describes in greater detail the speed by which (on northern hemisphere) the day is prolonged and night is shortened during the winter and spring

---

9 See for instance Beda Venerabilis, *De temporum ratione* 5. Ed. C. W. Jones. *Beda Venerabilis Opera didascalica* 2. CCSL 123B. Turnhout: Brepols 1977 [hereafter cited as Beda, *De temp. rat.*], l. 3–8. Cf. *Gen.* 1,3–5.

10 Cf. Isidori Hispalensis episcopi *Etymologiarum sive Origines libri XX* III, 50–52. Ed. W. M. Lindsay. Oxford: Clarendon Press 1911 [hereafter cited as Isidorus, *Etym.*], l. 19-2 or Martianus Capella, *De nuptiis* VIII, 834–835, pp. 314–315.

11 See Beda, *De temp. rat.* 16, l. 1–88.



months, i. e. the daylight is declining and the night is increasing during the summer and autumn months. It is clear from Gerbert's text that at his time there were at least two different ways of characterising the chain of changes in the presence of the Sun over the horizon. Either the equal increase (or decline) of sunlight over a year was presupposed, or these changes were considered unequal.<sup>12</sup>

For the geographical latitude where the length of day during the summer solstice is 15 hours (as in the second Gerbert's table), the first interpretation (the equal changes) would mean that since June till December the presence of daylight is shortened every day by 2 minutes, i.e. by one hour per month, and during the winter solstice the length of the day reaches 9 hours. This theory, which could have been advocated by computists of the Carolingian or Ottonian era, fulfils the requirements of regularity, stability and invariableness of sky events and their interpretation, however, it poorly corresponds to the empirical experience.

This could have been the main reason, why Gerbert himself inclined to the second interpretation and to support this thesis he quotes Martianus Capella who in the eighth book of *The Marriage of Philology and Mercury* wrote that between the both solstices the duration of Sun's presence over the horizon changes unequally. According to the aforementioned algorithm, the day on the example of the longest solstitial day (which means 15 hours in this particular case) would be shortened by 30 minutes in the second decade of July compared to the same day in June; by another 60 minutes in August; by another 90 minutes in September and October; then by another 60 minutes in November; and at winter solstice in December the day is shortened by 30 minutes (see Fig. 1). In Martianus's text this unequal course of changes in the length of day over the year is accompanied by interesting reasoning concerning this irregularity. The Sun is directly intersecting the equator of the celestial sphere, when it goes from the south to the north in March or when it

---

12 Cf. Pseudo-Beda, *De mundi coelestis terrestrisque constitutione liber*. Ed. J.-P. Migne. PL 90. Paris: 1850, pp. 883D-884A



travels in the opposite direction during September, while during the solstices it must change the direction of its movement, which causes the slowdown because the journey to the north changes into the journey to the south and vice versa.

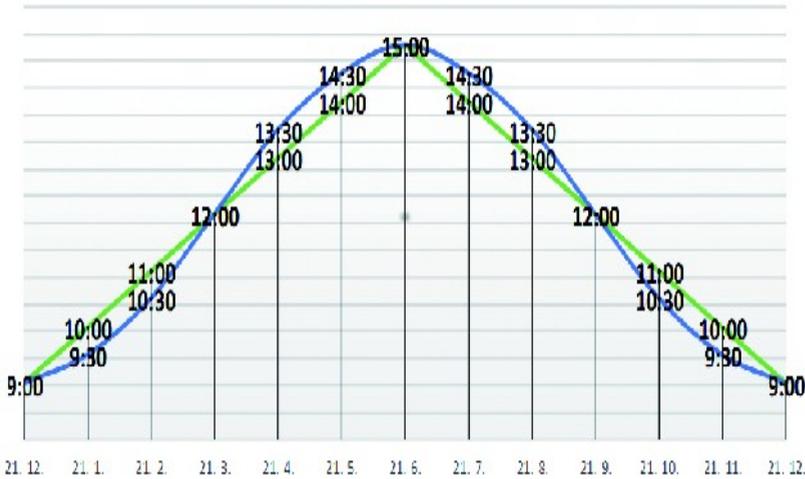


Fig. 1: Daylight in the climate of Hellepont according to theory of equal changes (computists, green colour) and according to theory of unequal changes (Martianus Capella, blue colour).

This necessity for the change of direction and the description of curve invokes the slowdown of movement of the Sun, therefore around the equinoctial days the faster changes occur, while during the solstitial days the changes are slower.<sup>13</sup> This reasoning could have been perceived as plausible by Gerbert and its application would explain the regularities in Sun's movements to certain extent which would also correspond to the sky observations in a better way.

#### 4. Geography and climatic zones

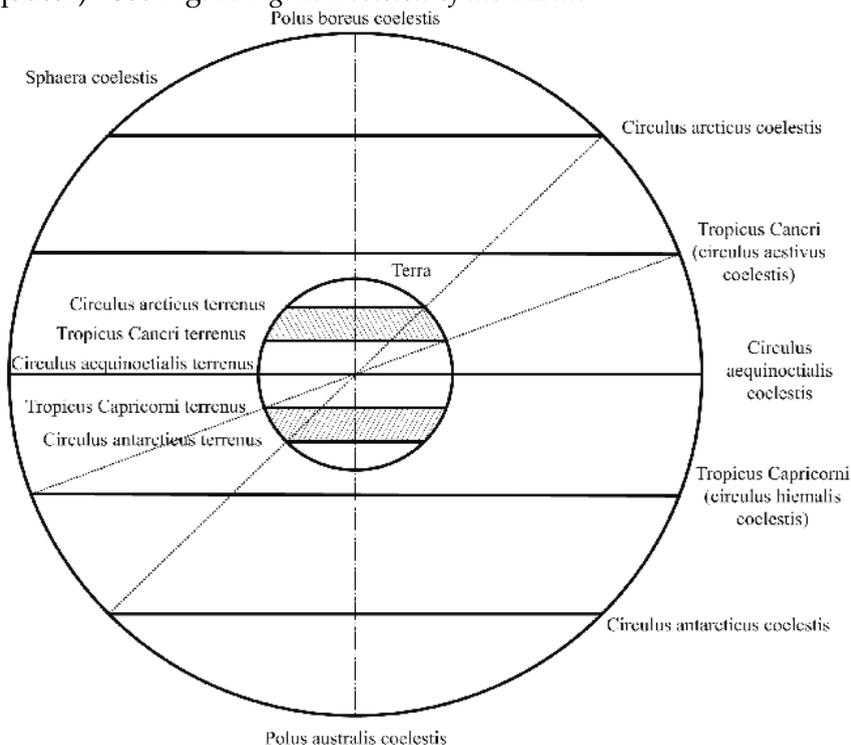
Since Gerbert prepared two horologies for Adam according to this second theory – one for the climate of Hellepont (Dardanelles), the other

<sup>13</sup> Martianus Capella, *De nuptiis VII*, 878, p. 333,6–7: ... zodiacus circa Cancrum Capricornumque flexior aequinoctialem paene directim secat.



for the geographical latitude where the longest day of the year reaches 18 hours – and even then, there is no explanation of what the climates are. We can assume that the author of the letter anticipated such geographical knowledge to be known to the addressee.

Adam, as well as his other educated contemporaries, evidently knew about contemporary division of the Earth into five basic parts, which was done by five parallel circles of celestial sphere (polar circles, tropics and equator)<sup>14</sup> see Fig. 2. *Fig. 2: Division of the Earth.*



The territories around Earth's poles, which are in direction towards the equator demarcated by polar circles, cover the northern and the southern polar areas which were, according to medieval theories, uninhabited because the climate is too cold and it does not provide the

14 Ambrosii Theodosii Macrobiani *Commentarium in Somnium Scipionis* II, 5, 13–17. Ed. J. Willis. Leipzig: Teubner 1970, p. 112,3–31.



conditions for human population. Similar situation can be found also in another part of the Earth which is located between both tropics, which enclosing the equator on the northern and even on the southern side, and life does not flourish there because of overly hot weather. There are two parts of the Earth left, delimited by two zones stretching between the tropics and polar circles.

The question whether southern part of the Earth is inhabited or not was often tackled during the Early Middle Ages,<sup>15</sup> but in relation to the analysis of Gerbert's letter and to the estimation of Adam's knowledge we only need to focus on the northern hemisphere. The northern inhabited part of Earth was further subdivided into three continents: the east was formed by Asia, the western part consisted of the northern (Europe) and the southern (Africa) areas. All three continents were divided by the Mediterranean Sea.<sup>16</sup>

A detailed division into climatic (and time) zones, i.e. parallel zones passing through the continents across the same geographical latitude came into medieval geographic descriptions from the antiquity, and therefore they featured similar climatic conditions, the occurrence of comparable fauna and flora, and resembling customs of its inhabitants.<sup>17</sup> For timekeeping purposes is important that these climates were also delimited according to the length of the longest day and the shortest night during the year. Scholars usually distinguished between seven zones – that is: (i) Meroë, (ii) Syene (Aswan), (iii) Alexandria (Lower Egypt), (iv) Rhodos, (v) Hellespont (Dardanelles), (vi) Mesopotamus (the Black Sea) and (vii) the mouth of river Dnieper, i.e. Borysthenes,<sup>18</sup> to

---

15 See McCready, William D., "Isidor, the Antipodeans, and the Shape of the Earth", *Isis* 87/1 (1996), pp. 108–127.

16 Cf. Hiatt, Alfred, "The Map of Macrobius before 1100". *Imago Mundi* 59/2 (2007), pp. 149–176.

17 See for example Cassiodori Senatoris *Institutiones* II, 7, 3. Ed. R. A. B. Mynors. Oxford: Oxford University Press 1963 [hereafter cited as Cassiodorus, *Inst.*], p. 156,8–11 or Isidorus, *Etym.* III, 42, 4, l. 17–20.

18 Cf. Cassiodorus, *Inst.*, p. 156,12–17 or Isidorus, *Etym.* III, 42, 4, l. 20–22. See also



which other climates were added according to the actual need for the differentiation of a certain area or in case they want to include various extremes or curiosities like the mythical Rhyphaean mountains or the island Thule in the far north, etc.<sup>19</sup>

The zone of Hellespont, which was introduced by Gerbert into overview table in his letter, was not usually absent from the basic enumeration of seven climates. However, the standard summaries of climates, available during Gerbert's time, do not bring out the climate where the longest day lasts 18 hours, which is approximated by one of the Gerbert's horological table in the letter to Adam. There are only scarce references about such climate during the Early Middle Ages, for instance, can be mentioned the chronicle of Venerable Bede<sup>20</sup> or Eriugena's commentary to Martianus' *The Marriage of Philology and Mercury*,<sup>21</sup> however, even then the Gerbert's introduction of this climate can be surprising.

## 5. Conclusion: Why the climate where the longest day lasts 18 hours?

There could be several reasons why Gerbert created this climate table. Most frequently mentioned cause presupposes Adam's place of life could be in the northern part of Europe and because of it this table should be useful for his purposes.<sup>22</sup> I do not find this interpretation to be necessarily true. I consider the illustrative and explanatory character of Gerbert's schemes encompassing both climates to be the most probable reason for including this table. If he had wanted to introduce the theory of unequal

---

Honigman, Ernst, *Die sieben Klimata und die ΠΟΛΕΙΣ ΕΠΙΣΗΜΟΙ*. Heidelberg: Carl Winter 1929.

19 See C. Plini Secvndi *Naturalis historiae libri XXXVII* VI, 33–34(39), 211–220. Ed. K. Mayhoff, L. von Jan Plinius. Vol. 1. Leipzig: Teubner 1906, pp. 517–522 or Bede, *De temp. rat.* 33, l. 1–98.

20 Baedae *Historia ecclesiastica gentis Anglorum* I, 1. Ed. and transl. J. E. King. LCL 246. London: W. Heinemann 1962, p. 14.

21 Iohannis Scotti *Annotationes in Marcianum* 296.5. Ed. C. E. Lutz. Cambridge: The Mediaeval Academy of America 1939, p. 140,14–15.

22 Cf. *The Letters of Gerbert with His Papal Privileges as Sylvester II*, p. 1<sup>oo</sup>



change in the duration of sunlight over the course of a year by using specific examples, the most suitable climates for this pedagogical-didactic task would have been those climates where the difference of the length of both solstitial days reaches the numerical value which can be easily divisible by number 12 because the monthly change can be measured as either one-twelfth, one-sixth or one-quarter of the difference between the length of both solstitial days. The climate with the longest day of 18 hours has the shortest day in the year 6 hours long, therefore the difference in their length is 12 hours, hence monthly changes can be easily described using the whole hours: i.e. 18 hours in June, 17 hours in July, 15 hours in August, 12 hours in September, 9 hours in October, 7 hours in November and 6 hours in December. Similarly, for the climate of Hellespont holds that the longest and the shortest day differs by 6 hours, therefore the table of this time zone can manage with only hours and half-hours (see Fig. 3).

I suppose this apparently illustrative power of both tables leads Gerbert to create these *horologia* as an exemplary guideline according to which Adam can make his own horologies, provided he considers the climate in which the given horology should be applied.

	December	January	February	March	April	May	June
	$1/12 a$	$1/6 a$	$1/4 a$	$1/4 a$	$1/6 a$	$1/12 a$	
Climate of Hellespont ( $a = 6$ hours)	9:00 →	9:30 →	10:30 →	12:00 →	13:30 →	14:30 →	15:00
Gerbert's first climate ( $a = 12$ hours)	6:00 →	7:00 →	9:00 →	12:00 →	15:00 →	17:00 →	18:00

Fig. 3: Daylight according to two Gerbert's horological tables;  $a$  is the difference between the length of the day during winter and summer solstice.



## **Meteorologia e climatologia nel sistema educativo italiano -alcuni spunti di riflessione**

Luigi Mariani (*MULSA/Museo Lombardo di Storia dell'Agricoltura*)

*Submitted June 1, 2017 accepted June 30, 2017*

### **Abstract**

Meteorology and climatology (M&C) are two reference sciences of the climate system which comprehends the whole planet (lands, atmosphere, oceans, biosphere, continental and sea ice) and is mainly driven by astronomic factors. Meteorology is the science of weather and it is strictly related to climatology, a statistical abstraction which considers weather over long time spans. Moreover the concept of climate change (change in frequency and persistence of different climatic variables) is strictly related to climatology. By the historical point of view, since their foundation by Aristotle, M&C are important tracers of the scientific progress, becoming with Galileo the lead of the scientific revolution of the seventeenth century (Galileo's school invented the earliest meteorological instruments - thermometer, pluviometer, barometer, evaporimeter - and created the oldest meteorological network of the world). The epistemological interest of Galileo for M&C was perhaps due to the fact that these sciences show in an effective and immediate way the link between observations/measurements and interpretations/models which characterized his new scientific method (*nuova scienza*). This is because the meteorological phenomena (clouds, wind, rainfall, etc.) are often under our senses and the observations/measurements are relatively simple if compared with other scientific fields. By the social and economic point of view, weather variables (radiation, temperature, relative humidity, wind, evapotranspiration, cloud cover and so on) are fundamental driving variables for natural and anthropised ecosystems. For this reason M&C affect significantly all human activities (agriculture, trade, transport, tourism, health care, construction, public works, civil protection, etc.). In view of the abovementioned aspects, some evaluations about education in M&C are developed with reference to the Italian education path, organized in primary, lower secondary (middle school), upper secondary (high school) and university. More specifically, primary and lower secondary schools could give a basic education in meteorology and climatology in the broader field of the natural sciences. The case of upper secondary school is a little bit more complicated because in schools directly related to the world of work the knowledge of some specific areas of M&C is important for professional aims (e.g.: agrarian schools, aeronautical schools, nautical schools) while a more general approach related for example to the teachings of physics or geography may be more profitable for secondary schools focusing on humanities or science (*liceo classico* and *liceo scientifico*). Finally universities should take charge of educational activities that enable graduates to understand the basic mechanisms of the climate system and take advantage of technological innovations (new



measuring instruments, new techniques of analysis and prediction and so on). After the end of the education path, specific master degrees could cover, at least within a certain extent, the residual knowledge gap.

### **Riassunto**

Meteorologia e climatologia (M & C) sono due scienze di riferimento del sistema climatico, il quale comprende l'intero pianeta (terre emerse, atmosfera, oceani, biosfera, ghiacci continentali e marini) ed è principalmente guidato da fattori astronomici. La meteorologia è la scienza del tempo atmosferico ed è strettamente collegata alla climatologia, un'astrazione statistica che tiene conto del tempo su periodi di tempo lunghi (decenni e più). Correlato alla climatologia è il concetto del cambiamento climatico, che è il cambiamento di frequenza e persistenza delle diverse variabili climatiche. Dal punto di vista storico, a partire dalla loro fondazione come scienze che si deve ad Aristotele, M&C sono state importanti traccianti del progresso scientifico, divenendo con Galileo la guida della rivoluzione scientifica del XVII secolo (la scuola di Galileo è benemerita per aver inventato i primi strumenti meteorologici - Termometro , pluviometro, barometro, evaporimetro - e la prima rete meteorologica mondiale, la rete dell'Accademia del Cimento). L'interesse epistemologico di Galileo per M&C è forse dovuto alla rilevanza di M&C per mostrare in modo efficace e immediato il legame tra osservazioni/misurazioni da un lato e interpretazioni/modelli dall'altro che caratterizza il nuovo metodo scientifico da lui proposto (scienza nuova). Infatti i fenomeni atmosferici (nubi, vento, piogge, ecc) sono spesso sotto i nostri occhi e le osservazioni/misurazioni sono relativamente semplici rispetto ad altri settori scientifici. Dal punto di vista socio-economico, le variabili meteorologiche (radiazione, temperatura, umidità relativa, vento, evapotraspirazione, copertura nuvolosa e così via) sono variabili guida fondamentali per gli ecosistemi naturali e antropizzati e per questo motivo M&C influenzano in modo significativo tutte le attività umane (agricoltura, commercio, trasporti, turismo, sanità, edilizia, lavori pubblici, protezione civile, ecc.). In considerazione degli aspetti sopraelencati, alcune valutazioni circa la didattica in M&C sono sviluppate con riferimento al percorso formativo italiano organizzato in scuola primaria, secondaria inferiore, secondaria superiore e università. Più in particolare le scuole primarie e secondarie inferiori potrebbero dare una formazione di base in M&C viste nel più vasto ambito delle scienze naturali. Il caso della scuola secondaria superiore è un pò più complicato perché nelle scuole direttamente connesse con il mondo del lavoro (ad es. scuole agrarie, scuole aeronautiche, scuole nautiche) la conoscenza di alcune specifiche aree di M&C è importante per scopi professionali immediati mentre un quadro più generale e legato alle scienze naturali potrebbe risultare più utile per i licei. Infine le università dovrebbero farsi carico di attività didattiche che consentano ai laureati di comprendere i meccanismi fondamentali del sistema climatico e di usufruire di innovazioni tecnologiche (nuovi strumenti di misura, nuove tecniche di analisi e previsione e così via). Al termine del percorso di formazione, specifici master potrebbero, almeno entro certi limiti, far fronte al divario di conoscenze residuo.



## **Premessa**

Premetto di non avere una conoscenza aggiornata in merito alla struttura dei corsi della scuola primaria e secondaria ove sono stato chiamato in passato da maestri e professori a tenere brevi conferenze su temi legati alla meteorologia e alla climatologia (M&C), materie che con riferimento alle applicazioni agricole ho insegnato per molti anni (dal 1992 al 2008) e sempre con incarichi a contratto alla facoltà di agraria dell'Università degli Studi di Milano. Ho inoltre occasione di valutare il livello di preparazione in M&C di laureati in occasione di master post-universitari in cui svolgo incarichi di docenza.

Alla luce di tali esperienze didattiche scrivo pertanto queste brevi note con lo scopo di porre in evidenza gli aspetti di M&C che mi paiono più rilevanti in termini didattici e che dovrebbero dunque attrarre l'attenzione dei docenti che operano nei diversi livelli del nostro sistema educativo. Tali considerazioni esulano totalmente dal tema della laurea in meteorologia il cui scopo è quello di formare meteorologi e climatologi ma si rivolgono unicamente al tema di M&C viste come discipline esemplari e dunque degne a mio parere avviso di lasciare una traccia nella cultura generale e nella cultura professionale di base di coloro che escono dal percorso educativo italiano con un diploma o una laurea triennale o specialistica.

Occorre in premessa dire che la meteorologia intesa come scienza dei fenomeni atmosferici nasce con Aristotele e percorre l'intera avventura scientifica fino ai giorni nostri, assurgendo con Galileo al ruolo di protagonista della rivoluzione scientifica del XVII secolo. Dalla meteorologia deriva la climatologia, un'astrazione statistica che considera i fenomeni meteorologici su archi di tempo lunghi, dell'ordine dei decenni e più. Alla climatologia si lega il concetto di



cambiamento climatico, inteso come variazione di frequenza e persistenza dei fenomeni oggetto di indagine climatologica.

### **Meteorologia e climatologia - spunti di interesse per la didattica**

*"We cannot hope to understand the causes of climatic stability or change by restricting ourselves to any one field of earth science. Nature is ignorant of how our universities are organized"* (Weyl, 1968).

*"Noi dunque desidereremmo di essere liberati una volta per tutte da codesto incubo della meteorologia, che consuma metà delle nostre forze senza alcuna soddisfazione"* (Schiaparelli, 1875).

Queste due frasi, pronunciate a così lunga distanza di tempo l'una dall'altra e in contesti totalmente diversi, sono espressione di due atteggiamenti culturali peculiari e che spesso ritroviamo anche nel dibattito odierno: da un lato la preoccupazione di Peter K. Weyl per il fatto che una sana interdisciplinarietà, che coinvolga la meteorologia e la climatologia, appaia sempre più lontana dagli obiettivi di un mondo accademico che fa della specializzazione sempre più spinta il proprio fine ultimo, fino al paradosso del "saper tutto di niente"; dall'altro l'ostilità per la meteorologia espressa da Giovanni Virginio Schiaparelli, uno dei massimi scienziati italiani del XIX secolo, cui la necessità di garantire la continuità delle misure meteorologiche nell'Osservatorio di Brera (allora gli osservatori erano contemporaneamente meteorologici, astronomici e a volte anche sismologici), rubava tempo prezioso alle amate ricerche in campo astronomico.

Aldilà degli elementi di verità che emergono da ambedue le posizioni, trovo quella di Weyl molto più vicina al mio sentire in quanto sono convinto che l'approccio sistemico ai fenomeni naturali si riveli essenziale per la comprensione degli stessi. Un tale



approccio spinge ad interpretare il reale alla luce della densa rete di cause che sono alla sua base e si richiama in ultima analisi alla frase di Galileo secondo cui “...*le cognizioni più eccellenti delle cose naturali <si ottengono> con gli studii e contemplazioni fatte sopra questo grandissimo libro che essa natura continuamente tiene aperto innanzi a quelli che hanno occhi sulla fronte e nel cervello*” (Galileo, 1611) ove per “*occhi sulla fronte*” deve intendersi la nostra capacità di misurare e osservare e per “*occhi nella mente*” quella di interpretare quanto osserviamo e misuriamo.

Occorre a questo punto dire che in moltissimi ambiti delle scienze naturali gli “*occhi sulla fronte*” sono rivolti alle grandezze atmosferiche (radiazione, temperatura, umidità relativa, vento, evapotraspirazione, copertura nuvolosa, ecc.) poiché queste sono variabili guida essenziali per gli ambienti naturali e antropizzati. Inoltre il tempo atmosferico assieme a quella sua astrazione statistica che è correntemente indicata come clima condizionano in modo rilevante tutte le attività umane (agricoltura, commercio, trasporti, turismo, sanità, edilizia, lavori pubblici, protezione civile, ecc.), per cui l’interesse economico associato ad una conoscenza approfondita di tali variabili è sempre più rilevante.

Si osservi inoltre che le variabili atmosferiche sono passibili di osservazione visiva e di misura mediante strumenti relativamente semplici e dunque costituiscono una palestra ideale per avvicinare lo studente alle scienze della natura e allo studio e misura sistematica dei fenomeni naturali.

Si ricorda inoltre che a livello storico la meteorologia può essere proposta come un ottimo esempio di scienza sperimentale. Infatti Galileo applicò la sua “scienza nuova” ai due settori dell’astronomia e della meteorologia e ciò spiega perché la scuola galileiana mise a



punto i primi strumenti meteorologici (Galileo stesso inventò il termometro, Castelli il pluviometro e l'evaporimetro e Torricelli il barometro) che poi abili artigiani provvidero a replicare in molti esemplari che furono diffusi a livello italiano ed europeo, rendendo così possibile la nascita della prima rete meteorologica osservativa mondiale (Camuffo e Bartolin, 2012).

### **L'educazione alla meteorologia e alla climatologia**

Chi vive in Italia osserva che le perturbazioni arrivano mediamente da ovest e, se abita al Nord, si accorge che la stagione dei temporali si protrae da marzo a novembre mentre se vive al sud tale stagione si estende all'anno intero. Ancora, chi vive nelle pianure del Nord ha una percezione del tempo atmosferico frutto di una "ricetta" che prevede mediamente 180-220 giorni di anticiclone con tempo stabile e soleggiato, 15-25 giorni di foehn alpino con tempo limpido e ventoso, 80-100 giorni di perturbazioni atlantiche o minimi mediterranei con tempo piovoso e così via. Sulle cause di tali comportamenti è di solito "nebbia fitta" in quanto ai più manca una cultura meteorologica e climatologia di base. A ciò si aggiunga che sui mezzi di comunicazione di massa appare sempre più spesso il concetto di *cambiamento climatico*. Tuttavia tale concetto è il più delle volte espresso da giornalisti totalmente privi di cultura meteorologica e climatologica di base, per cui emergono affermazioni che, oltre a risultare raccapriccianti per chi si occupa a livello professionale di tali tematiche, finiscono con l'inculcare nei lettori dei preconcetti totalmente privi di fondamento<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Al riguardo segnalo come paradigmatico l'articolo "La Terra mai così calda da 500 milioni di anni" (Corriere della sera del 24 luglio 2003 - <http://www.archiviostampa.it/it/articoli/art.aspx?id=2451>) a firma di Giovanni Caprara, attuale presidente dell'Unione dei Giornalisti Scientifici Italiani. Il titolo



In ragione di quanto sopra, l'educazione di base alla meteorologia e alla climatologia dovrebbe ragionevolmente rientrare nei programmi educativi delle scuole di ogni ordine e grado, dalle scuole elementari, a quelle secondarie di primo e secondo grado e alle università.

Nel caso della scuola primaria un approccio alla meteorologia e alla climatologia potrebbe aver luogo nell'ambito dell'insegnamento delle scienze o della geografia mentre nel caso della scuola secondaria di primo grado tali attività potrebbero ad esempio essere condotte nell'ambito dei vari corsi dedicati all'educazione tecnologica.

Più nello specifico, nella scuola primaria e in quella secondaria di primo grado potrebbe essere proposta la tenuta di un diario meteorologico, ove registrare non solo i fenomeni rilevanti ma anche le misure di pioggia effettuate con un pluviometro costruito in classe (figura 1) o quelle di temperatura ottenute con un termometro collocato in uno schermo antiradiazione sempre costruito in classe. A corollario di tali osservazioni e misure si potrebbero approntare le modalità di archiviazione e visualizzazione dai dati tramite foglio elettronico e discutere anche dei fenomeni atmosferici che più impressionano (temporali, grandine, trombe d'aria, foehn, neve, ecc.) o delle attività di previsione del tempo.

Nelle scuole secondarie di secondo grado sarebbe inoltre opportuno parlare di meteorologia, climatologia e cambiamento climatico approfondendo alcuni aspetti specifici nell'ambito ad esempio dei corsi di fisica o di geografia. Nel caso della scuola secondaria

---

infatti contiene una falsità enorme, in quanto la Terra – ad esempio – è stata di vari gradi più calda di oggi fra 8000 e 5000 anni fa, durante il grande optimum olocenico.



superiore si deve inoltre considerare il caso delle scuole direttamente connesse con il mondo del lavoro (ad es. scuole agrarie, scuole aeronautiche, scuole nautiche) per le quali la conoscenza di alcune specifiche aree di M&C è importante per scopi professionali immediati. Un quadro più generale e legato alle scienze naturali potrebbe risultare invece più utile per i licei.

Ovviamente perché un insegnante di scuola primaria o secondaria possa affrontare a ragion veduta le tematiche relative alla meteorologia, alla climatologia e al cambiamento climatico potrebbe rivelarsi in molti casi essenziale un'attività di formazione e/o aggiornamento riferita a tali materie.

Infine in ambito universitario risulterebbe molto utile poter sviluppare una didattica della meteorologia e della climatologia applicate alle discipline di profilo previste per i diversi corsi di laurea.

### **Un esempio per i corsi di laurea in discipline agronomiche**

L'agricoltura è un'attività che si svolge per lo più a cielo aperto, per cui la conoscenza delle variabili atmosferiche e l'interpretazione e previsione delle ricadute produttive delle stesse costituisce una priorità assoluta. Riferendoci ad esempio al caso della vite si osservi che la produzione viticola si fonda sulla radiazione solare che, intercettata dalla chioma, fornisce energia al processo di fotosintesi, il quale utilizza anidride carbonica e acqua per produrre glucosio. Da quest'ultimo prende il via la vasta gamma di biosintesi che conduce alle molecole organiche che compongono foglie, fusti, radici e frutti. Dal canto suo la produzione lorda di sostanza organica derivante dalla fotosintesi subirà decurtazioni per effetto delle limitazioni termiche (la vite opera in un intervallo grossomodo



compreso fra 7 e 35°C, con un optimum sui 22-28°C, ma ognuna delle biosintesi sopra accennate ha propri intervalli termici specifici), di quelle idriche (la vite, grazie ad un apparato radicale profondo, è in grado di sfruttare con grande efficacia la riserva idrica dei suoli, il cui livello è frutto del bilancio fra apporti da precipitazioni e perdite evapotraspirative, perdite che a loro volta sono funzione di temperatura, umidità relativa, vento e radiazione), di quelle nutrizionali (azoto, fosforo, potassio, macroelementi secondari e microelementi) e infine di quelle da avversità biotiche<sup>2</sup> (insetti, funghi, acari, batteri, ecc.) e abiotiche (gelo, vento forte, ecc.).

In virtù di quanto sopra sommariamente descritto, la radiazione solare, la temperatura, la precipitazione, il vento e l'umidità relativa sono variabili guida essenziali, in grado di influire in modo relevantissimo sulla quantità e qualità della produzione viticola ed enologica. Da ciò la necessità primaria di misurare queste variabili per avere il "polso" del vigneto. Nessun panettiere si sognerebbe mai di cuocere il proprio pane senza conoscere la temperatura del forno; analogamente le misure meteorologiche dovrebbero essere viste come un supporto essenziale per le decisioni del produttore ed in particolare per le decisioni strategiche in grado di condizionare l'intera vita dell'impianto (scelta della varietà, della sistemazione del suolo, della forma di allevamento, ecc.) e per quelle tattiche da cui dipende la produzione di una particolare annata (concimazioni, trattamenti, diserbi, lavorazioni, potature, sfogliatura, diradamento grappoli, ecc.).

Alla luce di quanto sopra colpisce il fatto che dal 2008 i corsi

---

2 Si noti che le limitazioni nutrizionali e da avversità biotiche sono influenzate in modo determinante dalle variabili meteorologiche.



specifici di Agrometeorologia (di cui in tabella 1 si riporta uno schema di programma) non siano più tenuti nella maggior parte delle Università Italiane e che la materia – che, per inciso, è anche ufficialmente riconosciuta dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (World Meteorological Organization, 2010) – venga trattata solo sinteticamente nella parte iniziale del corso di Agronomia Generale da parte di docenti che il più delle volte non sono per nulla esperti di una disciplina che negli ultimi decenni ha vissuto un progresso relevantissimo come attesta ad esempio l'ambito della meteorologia previsionale operativa.

Come conclusione dalla vicenda sopra delineata, mi pare ragionevole affermare che la scomparsa dell'agrometeorologia dall'insegnamento universitario sia frutto dell'affermarsi di un'idea distorta di unitarietà disciplinare, idea che contrasta con la necessità pratica degli allievi di cogliere in modo sistemico i fenomeni meteorologici che accadono alle diverse scale e di disporre di un quadro di conoscenze aggiornate su tematiche di stretto interesse professionale.

## **Conclusioni**

In conclusione la scuola primaria e secondaria inferiore dovrebbero favorire ad avviso di chi scrive la formazione di una cultura di base in M&C nel più vasto ambito delle scienze naturali mentre per le scuole secondarie superiori si potrebbero individuare priorità diverse a seconda delle tipologie di scuola. Infine l'università dovrebbe farsi carico di una formazione in meteorologia e climatologia che ponga i laureati in condizione di comprendere i meccanismi fondamentali del sistema climatico e di sfruttare appieno i nuovi strumenti di misura, analisi e previsione che la



tecnologia mette oggi a nostra disposizione. Ovviamente, se l'università non è in grado di far fronte a tale necessità, esiste sempre la possibilità di attivare Master specifici atti a coprire, per lo meno entro una certa misura, il gap di conoscenze cumulatosi lungo il percorso di studi.

## **Ringraziamenti**

Ringrazio il professor Sergio Pinna, ordinario di Geografia all'Università di Pisa, per la revisione critica operata.

## **Bibliografia**

Camuffo D. e Bartolin C., 2012. The earliest temperature observations in the world: The Medici Network (1654-1670), *Climatic Change* 111(2):335-363 · July 2012.

Galilei G., 1611. lettera di Galileo a Piero Dini del 21 maggio 1611, la 532 dell'Edizione Nazionale, righe 209-248.

Weyl Peter K., 1968. The Role of the Oceans in Climatic Change: A Theory of the Ice Ages. *Meteorological monographs*, 8: 37-62.

World Meteorological Organization, 2010. Guide to agrometeorological practices, Geneva (disponibile al sito [http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/gamp/gamp\\_en.php](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/gamp/gamp_en.php)).



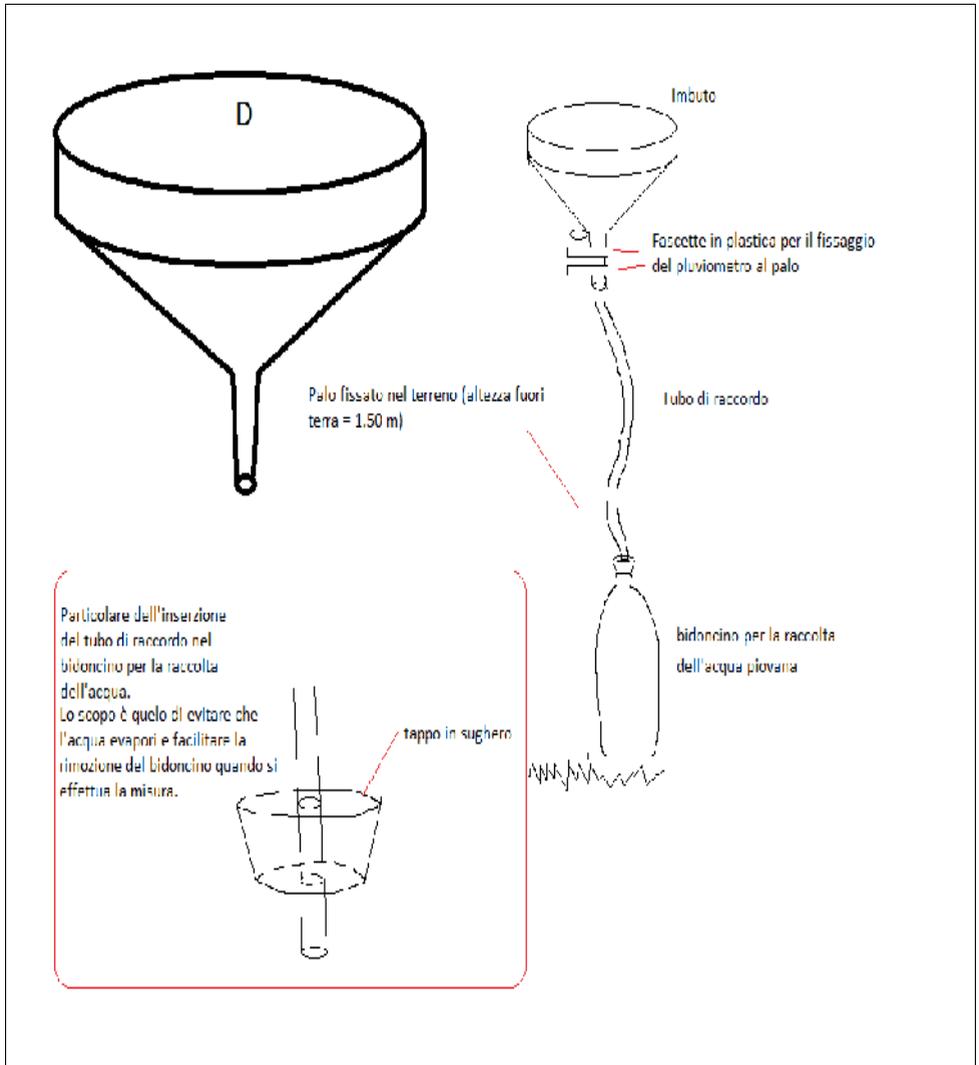


Figura 1 – Schema realizzativo di un pluviometro totalizzatore artigianale e che può essere facilmente costruito da chiunque.



*Tabella – Programma di un corso universitario di agrometeorologia (4 crediti)*

### **Parte 1 – Meteorologia e climatologia**

Il sistema atmosferico: funzioni, struttura, fenomeni e relative scale, elementi di complessità e di indeterminatezza.

Circolazione generale: strutture meteorologiche sinottiche e a mesoscala delle medie latitudini; Cenni di meteorologia tropicale: monsoni, Enso, cicloni tropicali.

Meteorologia previsionale: tipi di previsioni (nowcasting, breve e medio termine, lungo termine); attendibilità delle previsioni.

Esercizi di previsione meteorologica: interpretazione di mappe meteorologiche; previsione a breve e medio termine su un'area viticola a scelta

Il sistema climatico: caratteristiche del sistema, struttura e funzioni; elementi di complessità (feed – back, ruolo dei sistemi nuvolosi, ruolo dei gas serra); classificazioni climatiche alle diverse scale.

Simulazione del sistema climatico con modelli matematici (EBM, GCM).

### **Parte 2 – Misure agrometeorologiche**

Strumenti di misura meteorologica: tecnologie, principi di funzionamento, aspetti metrologici.

Esercitazione sull'uso degli strumenti: collocazione all'aperto di strumenti di misura, loro recupero dopo alcuni giorni e analisi dei dati acquisiti.

### **Parte 3 – micrometeorologia**

Micrometeorologia: boundary layer e canopy layer, bilancio radiativo, bilancio energetico di superficie e variabili



meteorologiche associate.

Micrometeorologia: la turbolenza (caratteristiche e fenomeni associati)

Micrometeorologia: Metodi per la stima delle variabili meteorologiche all'interno del canopy layer..

Micrometeorologia: metodi di stima dell'evapotraspirazione da coltura di riferimento

Micrometeorologia: Gelate, nebbie, brezze; cenni di micrometeorologia urbana

#### **Parte 4 – Geostatistica, GIS e modellistica**

Geostatistica e sistemi informativi geografici applicati alle variabili atmosferiche e fenologiche: variabili atmosferiche come variabili regionalizzate; variabilità nello spazio e nel tempo; legami fra scale.

Geostatistica: esercizio di ricostruzione di campi di temperatura dell'aria, radiazione globale, PAR, precipitazione.

Geostatistica: esercizio di ricostruzione di campi di grandezze fenologiche della vite

Modelli di simulazione dinamica: applicazioni al bilancio idrico ed alla produzione delle colture

Modelli di bilancio idrico e di produzione a livello territoriale: recupero dati ed esecuzione del modello su dati pregressi e previsti.

Esempio con il modello SIM\_PP.

Analisi agroclimatica per scopi vocazionali: dal recupero dei dati all'analisi degli stessi alla stesura di una relazione climatica riferita a un dato territorio



## **Sinossi del volume sui Cipressi e i loro pollini; Gerberto l'astrolabio, i climi e il numero dodici.**

Costantino Sigismondi<sup>1</sup>(<sup>1</sup>ICRA/Sapienza e IIS F. Caffè, Roma)

submitted June 1, 2020 accepted June 1, 2020

### **Abstract**

The volume XI of Gerbertus is dedicated to the Cypress and their pollens, connected to Gerbert's activities through the letter of Horologia (climates) and the Book on Astrolabes. The climates tables helps to compute the insolation for plants and snow during a season, and the astrolabe was used to calculate heights (of trees). The physics of pollens, as micro particles in atmosphere is discussed and experimented; their maturation and expulsion has been monitored along five years from 2015, and correlated with allergic rhinitis symptoms

### **Sommario**

Questo volume è interamente dedicato ai Cipressi e ai loro pollini, oggetto di studio approfondito dal 2015. Presentato al convegno gerbertiano del 2018 è stato completato con misure ulteriori nel 2020. L'altezza dei cipressi del filare "fonteiano" è misurata con lo stesso metodo dell'astrolabio pubblicato per primo da Gerberto in Europa. L'insolazione a cui sono sottoposte le piante è computata con le tavole degli Horologia di Gerberto, applicate anche alla sublimazione della neve sul monte Emilius (3559 m). La fisica dei pollini, come particelle micrometriche fluttuanti nell'atmosfera, e nel moto Browniano, è discussa e sperimentata. La correlazione con le riniti allergiche è stata verificata.

**Struttura del volume** si apre (1) con un parallelo tra Gerberto e Ildegarda e le comuni basi documentali, presenti nei *Problemata* di Aristotele. Si deduce che o i *Problemata* erano già diffusi in Europa ben prima di Pietro d'Abano, o che i loro temi erano già parte di una cultura popolare, benché molto tecnici (come la causa dell'ombra). Ildegarda sembra patire di allergia veicolata dal vento Favonio...la sintomatologia descritta è quella, ed è descritta già nella prima sezione dei *Problemata*. Segue un articolo (9) dedicato alla *fenologia* dei Cipressi, ossia lo studio dell'evoluzione stagionale delle sacche pollinifere, da ottobre a marzo, e dei galbuli femminili su due anni. Della crescita stagionale partecipa anche l'intero albero, e gli anelli annuali di accrescimento (15) sono oggetto del terzo articolo sulla *dendrocronologia*, anche in relazione al clima di Roma. Il cipresso #969 che è stato tagliato dal nostro filare era un esemplare di circa 120 anni di età, e i suoi anelli sono stati correlati con la piovosità a Roma. Le misure locali della piovosità sono cominciate nel settembre 2017, da



quando il pluviometro è uno degli esperimenti *ufficiali* del corso di fisica, ma i dati del Collegio Romano sono disponibili dal 1782. Lo studio dei pollini di Cipresso e Tuia nella loro fase aerea (25) e del loro moto Browniano in acqua è nel quarto articolo, accompagnato da numerosi video su youtube (a scopo di classificazione). La correlazione tra date di picco pollinico e massimo delle sintomatologie allergiche è presentata quantitativamente con i dati del laboratorio di *aerobiologia* del prof. Alessandro Travaglini. È possibile anche recuperare alcuni dati pollinici degli ultimi 17 anni dal sito di arpa Lazio. La crescita stagionale dei coni polliniferi sulla base di 5 anni di misure (35) è inclusa nel quinto articolo, e nella figura 1 di Tiziano Secci per il 2019/2020, in ordinata i mm del cono.



Il giardino fenologico (49) è impostato nel sesto articolo con lo *Zygocactus Truncata*, realizzabile in tre mesi per talea: tutti i fiori sono sbocciati al novilunio di maggio 2020. I nostri cipressi non essendo cloni hanno differenti fasi con la Luna. Il teorema della Basiliche (51) viene esteso alla pianta romana del quartiere per valutare le ore di insolazione delle piante, e infine viene esteso anche alla persistenza della neve sulle montagne (55) per il quale si discute l'uso della tavola climatica che Gerberto adatta da Marziano Capella e di una tavola con approssimazioni paraboliche. L'articolo di Marek Otisk p.1-14, della versione online 2018 sugli *Horologia* di Gerberto a frate Adamo è ristampato a pag. (73) di questo volume. La riflessione tra scienza fede ed epidemia (65), include temi micrometrici divenuti di grande attualità nel 2020. Si ritorna alla Geometria di Gerberto con l'astrolabio nel misurare il Cipresso più alto del filare (69). Il numero dodici ritorna sia nella tabella dei climi (76), sia nell'astrolabio 72, sia nella *Mensura Fistularum* (980) come *modus explicandi* privilegiato per Gerberto. Luigi Mariani presenta la Meteorologia e Climatologia a scuola e univ. (85)



## Indice

Costantino Sigismondi <i>Gerberto, Ildegarda e i Problemata di Aristotele</i>	1
Lorenzo Ricciardi e Costantino Sigismondi <i>Evoluzione parametrica della maturazione dei coni polliniferi</i>	9
Costantino Sigismondi <i>Dendroclimatologia su un tronco di Cipresso</i>	15
Costantino Sigismondi <i>Dinamica dei pollini in atmosfera, velocità limite e loro scattering</i>	25
Costantino Sigismondi e Lorenzo Ricciardi <i>La diffusione dei pollini di Cipresso</i>	35
Costantino Sigismondi <i>Un giardino fenologico in un vaso con <i>Zygocactus Truncata</i></i>	49
Costantino Sigismondi <i>Il teorema delle Basiliche, la pianta romana della città, l'ombreggiamento e la vegetazione</i>	51
Costantino Sigismondi <i>Quadrati nel medioevo, tabelle climatiche e persistenza della neve sulle montagne</i>	55
Costantino Sigismondi <i>Scienza, Fede ed epidemie</i>	65

Costantino Sigismondi	
<i>Misura del Cipresso più alto a scuola</i>	69
Marek Otisk	
<i>Why Gerbert of Aurillac added to the letter to brother Adam the climate table where the longest day of the year reaches 18 hours?</i>	73
Luigi Mariani	
<i>Meteorologia e Climatologia nel sistema educativo italiano – alcuni spunti di riflessione</i>	85
Costantino Sigismondi	
<i>Sinossi del volume sui Cipressi e i loro pollini; Gerberto l'astrolabio, i climi e il numero dodici.</i>	99
Indice	101