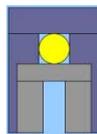


Osservatorio Astronomico di Genova
12 giugno 2021

23° Seminario di Archeoastronomia



Edizioni



ALSSA

Associazione Ligure per lo Sviluppo degli Studi Archeoastronomici

Prima edizione 2021

© 2021 - Edizioni ALSSA

Associazione Ligure per lo Sviluppo degli Studi Archeoastronomici,
con sede in La Spezia, c/o Luna Editore, via XXIV maggio 223.

mail: alssa1@libero.it

sito Web: www.alssa.it

ISBN – 978-88-942451-6-5

Tutti i diritti di traduzione, riproduzione e adattamento, totale o parziale, con qualsiasi mezzo, sono riservati.

Curatore del presente volume è

Giuseppe Veneziano, via Cascinetta 1/3, Ceranesi (Genova), vene59@libero.it .

Con il patrocinio
dell'Osservatorio Astronomico di Genova – U.P.S.



Genova, 2020

Osservatorio Astronomico di Genova

Atti del
22° Seminario
di
Archeoastronomia

a cura di **Giuseppe Veneziano**

© 2020

Edizioni ALSSA

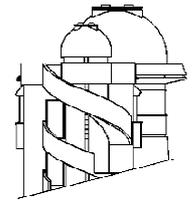
Associazione Ligure per lo Sviluppo degli Studi Archeoastronomici

In copertina: Fase di parzialità dell'eclisse totale di Sole dell' 11 agosto 1999 a Kapfenberg, Austria (G. Veneziano)



OSSERVATORIO ASTRONOMICO di GENOVA

www.oagenova.it info@oagenova.it



Università Popolare Sestrese

Piazzetta dell'Università Popolare 16154 GENOVA Italy

tel. (+39) 010 6043247

Associazione Ligure per lo Sviluppo degli Studi Archeoastronomici

23° Seminario di

A R C H E O A S T R O N O M I A

Genova, 12 giugno 2021

PROGRAMMA

sessione mattutina

- 9,45 Apertura del Seminario
- 9,50 **Prolusione - Resoconto delle attività A.L.S.S.A.**
Giuseppe Veneziano – Osservatorio Astronomico di Genova
- 10,00 **Impatto del clima sulla storia umana**
Elio Antonello – Società Italiana di Archeoastronomia, INAF Osservatorio Astronomico di Brera (Milano)
- 10,45 **Un millennio pagano. Attese escatologiche e portenti celesti nel III secolo d.C.**
Ettore Bianchi*, Mario Codebò*, Giuseppe Veneziano#
* Archeoastronomia Ligustica; # Osservatorio Astronomico di Genova
- 11,20 **Era Andromeda a celebrare il solstizio invernale nella Grotta di Tiberio a Sperlonga (Latina)?**
F. Flora*, F. Andreoli*, S. Bollanti*, M. De Franceschini#, D. De Meis+, G.P. Gallerano*, P. Di Lazzaro*, L. Mezi*, D. Murra*, G. Veneziano# – * ENEA, Dip. Fusione e Tecnologie per la Sicurezza Nucleare, Centro Ricerche di Frascati (Roma); # Osservatorio Astronomico di Genova; + Università Tor Vergata (Roma)
- 11,50 **“Figlia del Sole”: il Convertitore dei solstizi**
Anayansi Forlini – architetto
- 12,20 Pausa per il pranzo

sessione pomeridiana

- 15,20 **Primi risultati di Sunpass sul Survey-KIT**
F. Flora*, F. Andreoli*, S. Bollanti*, De Meis⁺, G.P. Gallerano*, P. Di Lazzaro*,
L. Mezi*, D. Murra*, L. Murra[#] – * ENEA, Dip. Fusione e Tecnologie per la
Sicurezza Nucleare, Centro Ricerche di Frascati (Roma); ⁺ Università Tor Vergata
(Roma); [#] Università La Sapienza (Roma)
- 16,00 **Archeoastronomia nel Mausoleo di Romolo (Villa di Massenzio, Roma)**
Marina De Franceschini – Archeologa
Giuseppe Veneziano – Osservatorio Astronomico di Genova
- 16,40 **Le stagioni dell'UV-B ed il COVID-19**
S. Bollanti, F. Flora, A. Torre – ENEA, Dip. Fusione e Tecnologie per la Sicurezza
Nucleare, Centro Ricerche di Frascati (Roma)
- 17,00 Chiusura del Seminario

Indice

Presentazione	p. 7
<i>Impatto del clima nella storia umana</i> Elio Antonello	p. 8
<i>Un millennio pagano. Attese escatologiche e portenti celesti nel III secolo d.C.</i> Ettore Bianchi, Mario Codebò, Giuseppe Veneziano	p. 15
<i>Era Andromeda a celebrare il solstizio invernale nella Grotta di Tiberio a Sperlonga?</i> F. Flora, F. Andreoli, S. Bollanti, M. De Franceschini, D. De Meis, G.P. Gallerano, P. Di Lazzaro, L. Mezi, D. Murra, G. Veneziano	p. 58
<i>“Figlia del Sole”: il Convertitore dei solstizi</i> Anayansi Forlini	p. 70
<i>Primi risultati di Sunpass sul Survey-KIT</i> F. Flora, F. Andreoli, S. Bollanti, D. De Meis, G.P. Gallerano, P. Di Lazzaro, L. Mezi, D. Murra, L. Murra	p. 83
<i>Archeoastronomia nel Mausoleo di Romolo (Villa di Massenzio), Roma</i> Marina De Franceschini, Giuseppe Veneziano	p. 98
<i>Le stagioni dell’UV-B ed il Covid-19</i> Sarah Bollanti, Francesco Flora, Amalia Torre	p. 115

Presentazione

È questo il secondo Seminario, al pari di quello dell'anno precedente, in cui non abbiamo potuto tenere le nostre relazioni "in presenza" a causa della pandemia da Coronavirus (CoViD-19). A differenza dell'anno scorso però, grazie all'aiuto di Rinaldo Queirolo, Luca Barone e di altri colleghi dell'Osservatorio Astronomico di Genova, siamo riusciti a vederci in "videoconferenza", dandoci l'opportunità di condividere domande e risposte sulle varie relazioni. Ritengo, comunque, che le argomentazioni trattate in questo Seminario – grazie agli apporti di Elio Antonello (INAF, Osservatorio Astronomico di Brera), Francesco Flora e colleghi (del Centro Ricerche ENEA di Frascati) e di Anayansi Forlini – siano tutte di grande levatura tecnica e scientifica. Nel momento di andare in stampa, la campagna di vaccinazione della popolazione italiana è nel pieno del suo svolgimento ed i primi dati sui nuovi contagi sembrano far ben sperare per una soluzione positiva della situazione a breve termine. Se queste stime saranno confermate anche nei prossimi mesi, non è escluso che potremo tornare a vederci per il prossimo anno, riprendendo con i nostri Seminari in presenza.

È con questo augurio che Vi invito alla lettura degli Atti di questo XXIII Seminario.

Genova, 30 ottobre 2021

Giuseppe Veneziano

Impatto del clima nella storia umana

Elio Antonello

*INAF-Osservatorio Astronomico di Brera
SIA-Società Italiana di Archeoastronomia
elio.antonello@inaf.it*

Riassunto

Nella breve nota si riassumono le precedenti rassegne dell'autore su clima e storia umana, e si riportano degli aggiornamenti, tra i quali alcuni riguardanti le discussioni in corso in ambito archeologico sul possibile contributo dell'archeologia allo studio dei grandi problemi globali attuali.

1. Introduzione

Il clima, attraverso i suoi effetti sull'ambiente, deve avere avuto una importanza significativa nella storia dell'uomo e delle sue società, cosa di cui si sono resi progressivamente conto antropologi, archeologi, e storici. Su questo, l'autore ha già scritto qualche lavoro (Antonello 2019, 2020). I convegni e le conferenze adesso offrono l'opportunità per aggiornamenti, correzioni e precisazioni. Lo scorso dicembre a Sassari era stata organizzata la nona edizione de *La Misura del Tempo*, ed era stata l'occasione per approfondire il proficuo legame tra astronomia e geologia su tempi scala di centinaia di milioni di anni. Più recentemente, il liceo scientifico A. Genoino di Cava dei Tirreni aveva organizzato un convegno dedicato all'impatto del clima sulle società umane, preceduto da un notevole lavoro di preparazione che aveva coinvolto docenti e studenti; anche in quel caso era stato presentato qualche aggiornamento. Oggi riassumeremo l'andamento del clima globale sul lungo periodo, e i possibili effetti sull'evoluzione umana e le sue società, e cercheremo infine di vedere l'apporto che l'archeologia potrebbe fornire nella discussione dei problemi globali che l'umanità sta affrontando.

2. Il clima e i parametri orbitali

Sul lunghissimo periodo il clima è regolato in particolare dall'attività geologica, con la produzione di anidride carbonica e il suo riciclo in rocce (*chemical weathering*) legati al vulcanismo. 60 milioni di anni fa l'anidride carbonica era dieci volte più di oggi, e c'era un clima caldo-umido generalizzato; infatti troviamo fossili di foreste tropicali in prossimità dei Poli (alle rispettive paleo-latitudini). Con la lentissima diminuzione di anidride carbonica, e quindi della temperatura, dapprima è ghiacciato l'Antartide e successivamente l'Artide. Durante gli ultimi milioni di anni, la temperatura media globale ha oscillato coi tempi-scala di origine astronomica (*orbital forcing*), fino ad arrivare alle glaciazioni, con brevi intervalli caldi (10-20 mila anni), seguiti da lunghi intervalli di raffreddamento di circa 100 mila anni che portano alle ere glaciali. L'ultimo intervallo caldo, Olocene, è quello della nostra civiltà umana, iniziato circa 11700 anni fa. È significativo come non ci siano plausibili teorie alternative a quella astronomica per spiegare i periodi osservati analizzando i *proxy* del clima, ma siamo ben lontani dall'aver capito in che modo il clima risponde alla sollecitazione astronomica.

I parametri orbitali che appaiono regolare il clima sul lungo periodo sono l'eccentricità (periodi di circa 400 mila e 100 mila anni), l'obliquità (circa 41 mila anni) e la precessione climatica (19 mila - 23 mila anni; combinazione del moto degli apsidi e della precessione astronomica). In pratica, la precessione climatica è la 'rotazione' delle stagioni: oggi la Terra è più vicina al Sole in autunno-inverno: stagione fredda nel nostro emisfero nord ma estiva in quello sud. Tra diecimila anni sarà più vicina al Sole in primavera-estate: l'estate sarà un po' più calda di oggi, e un po' più piovosa, ma non così tanto come è successo durante l'optimum climatico caldo-umido all'inizio dell'Olocene. Gli astronomi calcolano come varia nei millenni l'insolazione, cioè quanta energia solare raggiunge un punto sulla Terra; sono variazioni piccole, ma, sommandosi su migliaia di anni, hanno effetto sul clima. Per esempio, l'andamento dell'insolazione appare influenzare i monsoni, e anche l'Africa orientale, dove madre natura ha fatto i suoi esperimenti di evoluzione degli

ominidi, è soggetta al clima monsonico. La stratigrafia in Africa orientale mostra l'alternanza di clima umido durante i massimi di insolazione, e quindi prevalenza di ambiente foresta, e clima secco con poca pioggia durante i minimi di insolazione, e quindi ambiente in prevalenza savana. L'ultimo periodo caldo-umido è appunto l'optimum climatico del primo Olocene, quando è iniziata la storia della nostra civiltà; poi è cominciato un lento inaridimento, attualmente in corso.

3. Evoluzione umana

L'evoluzione dei mammiferi aveva avuto un forte impulso dopo l'estinzione dei dinosauri 66 milioni di anni fa. Quella degli ominidi è iniziata intorno a 7 milioni di anni fa, e per il successivo genere *Homo* si parla di circa 2,3 milioni di anni fa. La specie *Homo sapiens* compare circa trecentomila anni fa (preceduto dal *Neanderthal*). Non si può fare a meno di notare che *Homo sapiens* evolve durante i cicli delle glaciazioni; in un certo senso, non poteva capitare in un'epoca peggiore di questa. Secondo vari paleoantropologi, le oscillazioni climatiche avrebbero influito sull'evoluzione della nostra specie, e fu forse per poter superare le ere glaciali, e adattarsi all'ambiente, che madre natura avrebbe fornito all'*Homo sapiens* un cervello più grande e con più connessioni neuronali.

Più recentemente, per precisare la possibile relazione tra evoluzione umana e clima, studiata da diversi anni dal gruppo di R. Potts, questi autori (Potts et al. 2020) hanno analizzato la transizione in Africa Orientale da Acheuleano (utensili grossolani di pietra locale) a Paleolitico Medio (utensili diversificati, ossidiana, pigmenti), tra 500 e 300 ka fa, durante i grandi cambiamenti ambientali rilevati in un carotaggio (circa 1 milione - 100 mila anni fa). In questo caso, però, gli autori non trovano correlazioni tra i cambiamenti ambientali con i periodi orbitali che regolano il clima, e concludono: "By focusing on ecological resources rather than climate alone, our study suggests that a combination of geological, climatic, and ecological factors directly influenced fundamental shifts in hominin and faunal adaptations in the southern Kenya rift".

La nostra specie *Homo sapiens*, nel corso dei nostri primi 250 mila anni, è uscita varie volte dall'Africa, ma senza lasciare molte tracce. L'uscita importante è avvenuta 50 mila anni fa, verso l'Asia, e verso l'Europa, durante la quale ci sono stati incroci con i *Neanderthal* e i *Denisovan*; e, durante l'ultima glaciazione, è passata dall'Asia in America. Nel Paleolitico superiore, 40 mila anni fa, i nostri antenati hanno vissuto di caccia, pesca, e raccolta, e sono stati molto creativi, non solo in Europa. I paleontologi dicono che questi nostri antenati avevano ormai le nostre stesse capacità intellettive. Ma, se la specie ha 300 mila anni, come mai troviamo espressioni artistiche complesse solo ora? E come mai per tutti i 30 mila anni circa del Paleolitico superiore i nostri antenati si sono limitati a questo? Infatti, è stato solo in un'epoca successiva che hanno dato inizio alla civiltà agricola. Sembra che l'ultima evoluzione della struttura neuronale del cervello sia avvenuta tra Paleolitico Medio e Superiore, e da qui deriverebbe la creatività mostrata nelle espressioni artistiche. Ma 40 mila anni fa, e per migliaia di anni, il clima era stato freddo e, in base a proxy quali i pollini, anche molto instabile. L'agricoltura ha bisogno di stagioni stabili, che si ripetono abbastanza bene anno dopo anno; e questo appare essere avvenuto solo dopo il disgelo. Secondo chi scrive, lo sviluppo della civiltà agricola, base di tutte le società evolute, è quindi

dipeso da un fattore culturale-evolutivo come suggeriscono gli esperti di preistoria, e soprattutto dal cambiamento del clima.

4. Evoluzione delle società

Come già ricordato, nel primo Olocene, per qualche millennio, ci fu una fase caldo-umida nell'emisfero Nord, abbastanza generalizzata, che è stata seguita da un progressivo inaridimento, e un indebolimento del monzone più marcato a latitudini intorno ai tropici. Per quanto riguarda in particolare l'Europa, in un articolo recente è stato quantificato effettivamente l'inaridimento degli ultimi millenni anche alle nostre latitudini (Büntgen et al. 2021).

Nel Sahara e in Arabia 10 mila anni fa c'erano fiumi e laghi: oggi è tutta roccia e sabbia. Il lago Ciad allora era molto esteso; l'ambiente era una savana, con qualche foresta, e lo dimostrano le espressioni artistiche preistoriche che troviamo in mezzo al deserto. Nel Levante e Vicino Oriente le popolazioni non erano più nomadi, ma raccoglitori che abitavano in villaggi: lavoravano quanto bastava raccogliendo cereali selvatici e cacciando qualche gazzella. Col tempo, però, c'è il progressivo inaridimento, con in più sovrapposti, ogni 1000 - 1500 anni, degli eventi di instabilità climatica e irregolarità del monzone che durano qualche decennio o secolo, a volte più forti, a volte meno forti. Qui ne verranno ricordati solo alcuni.

Intorno al 3900 a.C. circa (5900 BP) c'è un grosso evento di aridità, dopo il quale i deserti si espandono: il Sahara orientale viene abbandonato, e la popolazione si sposta verso l'unica zona umida rimasta, la valle del Nilo. Aumentando la popolazione, diventa necessaria una qualche organizzazione statale, e quindi si sviluppa la civiltà egizia. Nello stesso periodo in Mesopotamia si passa dai molti villaggi sparsi alle città stato e alla civiltà sumerica. Verso il 2350 a.C. circa (4350 BP) Sargon è re di Akkad, e Akkad è ricordata come un impero, ma dura meno di due secoli. Nella Mesopotamia settentrionale, dove non si usava l'irrigazione, gli archeologi trovano indicazioni di una grande siccità per questa epoca. La popolazione aveva abbandonato tali siti e si era riversata verso Sud: l'impero di Akkad non è riuscito a far fronte a questa catastrofe (oggi la chiameremmo climatica e umanitaria), e decade. Alcuni archeologi pensano sia stata proprio l'aridità progressiva a costringere la società mesopotamica a organizzarsi prima in un impero, e poi a farlo crollare perché ciò non era stato sufficiente. L'instabilità climatica si manifesta invece con inondazioni in Cina, per cui sia la siccità sia le inondazioni estreme hanno caratterizzato questo periodo, creando difficoltà per tutte le grandi civiltà agricole dell'epoca. Un suggerimento recente di Groucutt (2021) riguarda la fine apparentemente improvvisa del 'Periodo dei Templi' in Malta. Circa 5800 anni fa, in poche centinaia di anni vennero costruiti templi spettacolari, che sono tra le costruzioni più vecchie al mondo. Questa cultura ebbe termine tra circa 4400 e 4200 BP, e fu seguita dalle società dell'Età del Bronzo, radicalmente differente. In effetti, su Malta anche lavori paleoclimatici precedenti avevano concluso che: "Cereal-based agriculture seems to have persisted until 4300 cal. BP, close to the end of the last phase of the Temple Period. At that point it would appear that arable agriculture declined dramatically" (Carroll et al. 2012).

Ci sono invece opinioni molto differenti sulla grande crisi avvenuta nel Mediterraneo alla fine dell'Età del Bronzo (circa 1200 a.C.), e cioè se essa sia legata o no a instabilità climatica. Secondo Weninger et al. (2009) ci sono così tante evidenze di guerre e distruzioni "that we have no need for climate deterioration, on top of all this, to further complicate our understanding of these complex processes". Comunque ci sono state siccità, e inondazioni in Cina, come durante l'evento precedente.

Un altro periodo difficile è quello intorno al VI-VII secolo dopo Cristo (piccola era glaciale della tarda antichità). Büntgen et al. (2016) affermano che il peggioramento del clima avrebbe contribuito al diffondersi della peste di Giustiniano, alla trasformazione dell'Impero Romano d'Oriente, al collasso dell'Impero Sasanide in Persia, alle migrazioni e alla dispersione delle popolazioni slave, e alle sollevazioni in Cina. Per l'origine del peggioramento si parla di una concomitanza di eruzioni vulcaniche, con freddo e inondazioni. Certamente le eruzioni vulcaniche forti provocano la salita nella stratosfera di polveri e cenere, che riducono la radiazione solare; però sono effetti della durata di pochi anni. In questo caso ci dovrebbero essere state, allora, più eruzioni in successione.

Sulla piccola era glaciale recente, nei secoli intorno al 1600, ci sono studi storici e cronache dell'epoca, tra cui analisi di osservazioni meteorologiche dettagliate fatte già con metodo scientifico da Louis Morin a Parigi, all'epoca del Minimo di Maunder (Pliemon et al. 2021). La conclusione è che la seconda metà del Seicento è stata caratterizzata da inverni freddi ed estati moderate, e con minor frequenza di nubi da occidente in inverno. Poiché nei nostri inverni si alternano la bassa pressione, che fa arrivare le correnti atlantiche da ovest portando pioggia o neve, e l'alta pressione con aria molto fredda da nord-est, avrebbe presumibilmente prevalso il gelo dell'alta pressione.

5. Sole e vulcani

Le macchie solari hanno un ciclo undecennale legato all'oscillazione del campo magnetico solare; a volte sono tante, a volte meno, ma nei decenni intorno al 1650, col Minimo di Maunder, proprio non se ne sono osservate. Quando il Sole è molto attivo, ha molte macchie scure ma anche molte facole, per cui risulta leggermente più luminoso. Come altri ricercatori, anch'io sospetto che forse il clima era stato freddo perché per molti anni il Sole non era stato attivo, e quindi era stato leggermente meno luminoso. Un altro periodo con relativamente poche macchie è il Minimo di Dalton di inizio Ottocento, e osservazioni meteorologiche fatte anche all'Osservatorio di Brera sembrano suggerire in effetti una corrispondente leggera diminuzione della temperatura.

I dati di Brera sono interessanti perché mostrano anche l'effetto di alcune forti eruzioni vulcaniche, come quella del Tambora (Indonesia) avvenuta alla fine delle guerre napoleoniche: il 1816 è ricordato come l'anno senza estate. Per chi volesse approfondire il tema dei vulcani, si segnalano discussioni recenti sui problemi sociali seguiti all'uccisione di Giulio Cesare nel 44 a.C., che sono stati collegati al peggioramento del clima a seguito di eruzioni, probabilmente quella molto forte dell'Okmok in Alaska nel 43 a.C. Gli autori, McConnell et al. (2020), però sono stati criticati dagli storici, per il motivo (ricorrente in questi confronti tra discipline diverse) che i non-storici tendono a pensare in termini troppo diretti di causa-effetto, mentre la realtà sociale è molto più complessa: "Overall, a

superficial correlation between climatic and social events cannot substantiate the purported effects. Butzer's critique of the 'continuing failure to appreciate the complexity of [human-nature] interrelationships,' therefore, still appears topical" (Strunz, Braeckel 2020).

6. Oggi

Oggi abbiamo l'aumento inarrestabile dei gas serra che hanno raggiunto valori innaturali, con riscaldamento progressivo e instabilità climatiche caratterizzate da eventi estremi. Rispondere alla domanda su cosa riserva il futuro è difficile. Di certo, sono coinvolte miliardi di persone; per esempio, non è un caso che diversi ricercatori cinesi e indiani siano tra i più preoccupati, perché sono generalmente convinti che l'indebolimento del monzone durante le instabilità secolari, ricordate sopra, dipenda dall'attività solare.

La costruzione di modelli climatici che diano risultati credibili appare molto complessa, e anche l'autore pensa sia necessario il contributo degli umanisti a questa costruzione. Per esempio, Haldon et al. (2018) hanno rimarcato l'importanza della collaborazione tra storia e paleoscienze, per studiare in modo efficace la risposta delle società umane ai cambiamenti climatici, in vista di come affrontare i problemi del XXI secolo. Barnes et al. (2013) hanno proposto di contribuire con l'antropologia, e a questa l'autore aggiungerebbe anche l'archeologia. In effetti, molto recentemente sono stati pubblicati articoli dove sono messi bene in rilievo i possibili contributi dell'archeologia ai programmi di ricerca interdisciplinare dedicati a valutare le sfide ambientali e sociali attuali, e fornire soluzioni per il futuro. Secondo Rick e Sandweiss (2020) il passato è un esperimento multimillenario nell'ecodinamica umana, e l'archeologia, insieme alle altre discipline, può ricavare indicazioni da quell'esperimento utili per il nostro futuro; nello stesso numero della rivista *PNAS*, a questo articolo erano stati aggiunti quelli di altri autori con un tenore analogo. Infine, nel numero di agosto 2021, la rivista *Antiquity* ha pubblicato un dibattito a più voci su questi stessi argomenti, sollecitato da un intervento di Smith (2021), che lamentava come: "Archaeologists are increasingly publishing articles proclaiming the relevance of our field for contemporary global challenges, yet our research has little impact on other disciplines or on policy-making". Il problema è la necessità che gli archeologi offrano dati quantitativi per questi scopi, e non solo limitarsi a ripetere che anche il loro lavoro è importante; ma la cosa non sembra essere recepita in modo sufficiente dalla loro comunità.

Le discipline umanistiche, basandosi sulla storia passata, possono quindi dare un contributo sostanziale agli studi riguardanti l'impatto del clima futuro e su quali provvedimenti prendere. Certamente il compito in questo campo, sia per le scienze naturali sia per le umanistiche, è immane, ma, secondo l'autore, non c'è scelta. L'alternativa è quella di continuare ciascuno a coltivare il proprio orticello disciplinare, cercando qualche possibilità di carriera o qualche soddisfazione personale, senza preoccuparsi di cosa si troveranno ad affrontare i nostri nipoti e pronipoti.

Bibliografia

Antonello E. 2019, *Astronomia, paleoclimatologia ed evoluzione umana*, Atti XVI Convegno SIA, p. 3.

Antonello E. 2020, *Astronomia, paleoclimatologia, evoluzione umana e delle società umane*, Aracne editrice.

Barnes J. et al. 2013, *Contribution of anthropology to the study of climate change*, Nature Climate Change, 3, June 2013, DOI:10.1038/NCLIMATE1775.

Büntgen U. et al. 2016, *Cooling and societal change during the Late Antique Little Ice Age from 536 to around 660 AD*, Nature Geoscience, DOI: 10.1038/NGEO2652

Büntgen U. et al. 2021, *Recent European drought extremes beyond Common Era background variability*, Nature Geoscience 14, 190.

Carroll F.A. et al. 2012, *Holocene climate change, vegetation history and human impact in the Central Mediterranean: evidence from the Maltese Islands*, Quaternary Science Reviews 52, 24.

Groucutt H.S. 2021, *The 4.2 ka event and the end of the 'Temple Period' in Malta*, EGU General Assembly 2021, EGU21-10760 (April 2021).

Haldon J. et al. 2018, *History meets palaeoscience: Consilience and collaboration in studying past societal responses to environmental change*, PNAS, 115, 3210.

McConnell J.R. et al. 2020, *Extreme climate after massive eruption of Alaska's Okmok volcano in 43 BCE and effects on the late Roman Republic and Ptolemaic Kingdom*, PNAS, 117, 15443.

Pliemon T. et al. 2021, *Analysis of Subdaily Meteorological Measurements by Louis Morin in the Late Maunder Minimum 1665 – 1709 in Paris*, EGU General Assembly 2021, EGU21-11953 (April 2021).

Potts R. et al. 2020, *Increased ecological resource variability during a critical transition in hominin evolution*, Science Advances, 6, eabc8975.

Rick T.C., Sandweiss D.H. 2020, *Archaeology, climate, and global change in the Age of Humans*, PNAS, vol. 117, 8150.

Smith M. 2021, *Why archaeology's relevance to global challenges has not been recognised*, Antiquity, 95(382), 1061-1069. doi:10.15184/aqy.2021.42.

Strunz S., Braeckel O. 2020, *Did volcano eruptions alter the trajectories of the Roman Republic and the Ptolemaic Kingdom? Moving beyond black-box determinism*, PNAS, 117, 32207.

Weninger B. et al. 2009, *The Impact of Rapid Climate Change on prehistoric societies during the Holocene in the Eastern Mediterranean*, Documenta Praehistorica, 36, 7; DOI: 10.4312/dp.36.2.



Ettore Bianchi
Mario Codebò
Giuseppe Veneziano



Un millennio pagano



*Attese escatologiche e
portenti celesti nel III secolo d.C.*



ver: 1.0 anno 2021

Un millennio pagano. Attese escatologiche e portenti celesti nel III secolo d.C.

Ettore Bianchi

(Archeoastronomia Ligustica; ettorealfredobianchi@cheapnet.it)

Mario Codebò

(Archeoastronomia Ligustica; info@archaeoastronomy.it)

Giuseppe Veneziano

(Osservatorio Astronomico di Genova; vene59@libero.it)

Sommario

Parte I

- 1.1 Il colosso in bilico
- 1.2 L'anniversario fatidico
- 1.3 Ottimismo di facciata
- 1.4 Un'allerta pervasiva
- 1.5 Fantasie catastrofiste
- 1.6 Maledizioni sincere

Parte II

- 2.1 L'eclissi di Tertulliano
- 2.2 Astrolatria e portenti celesti nell'Antico Testamento
- 2.3 Portenti celesti nel Nuovo Testamento: segno della "presenza" di Cristo
- 2.4 Una eclissi "divina"

Parte III

- 3.1 Astronomia negli Oracoli Sibillini
- 3.2 La "Battaglia dello Zodiaco"
- 3.3 La profetizzata fine di Roma nel 948 *ab Urbe còndita*
- 3.4 Conclusioni della parte III

PARTE I

(di Ettore Alfredo Bianchi)

1.1 IL COLOSSO IN BILICO

L'Impero di Roma, nell'età di Adriano (117-138 d.C.) e di Antonino Pio (138-161 d.C.), raggiunse l'apice della sua parabola storica. Nel 144, l'oratore Publio Elio Aristide descrisse uno spettacolo formidabile: uno spazio immenso, popolato da 100 milioni di abitanti; un perimetro lunghissimo, scandito da munite fortezze e protetto da legioni invitte, raccordate con flessibili linee di comando; un territorio punteggiato da migliaia di città piccole e grandi, collegate da una rete capillare di strade e rotte navali; un ambiente estremamente vivace, pulsante così per traffici di beni e servizi come per flussi di persone e culture; infine, sul piano politico, un paese retto da un governo sobrio e competente, amorevole del bene collettivo¹. Nei discorsi adulatori, sembrava che fosse in svolgimento un'epoca straordinaria, la più felice sperimentata dalla specie umana, e che Roma fosse divenuta l'unica fonte di luce civilizzatrice per il variopinto Ecumène². Tuttavia, proprio allora, il maestoso edificio imperiale cominciò a scricchiolare in maniera sinistra: sintetizzando, esso si rivelò troppo oneroso, in rapporto alle risorse economiche non illimitate di cui poteva disporre. In particolare il comparto agricolo, in precedenza serbatoio cospicuo di rendite fondiari e di profitti commerciali, soffrì la crescente penuria di braccia, dovuta alla obiettiva difficoltà di rimpiazzare, con manodopera libera o semi-libera, il modo di produzione schiavistico in esaurimento.

Il primo indizio preoccupante venne proprio dalle campagne, rimaste tagliate fuori dall'opulenza generale, dove l'abituale piaga del banditismo (*latrocinium* / *lēstēia*) si allargò e aggravò nel corso del II secolo³. In proposito, le autorità erano consapevoli che la delinquenza montante aveva come requisito imprescindibile la presenza di complici e favoreggiatori rustici⁴; in più servi e coloni fuggiaschi⁵. Talora, le bande armate fecero un salto organizzativo, al punto di suscitare ribellioni sociali su vasta scala. Lo stesso Antonino, dopo il 140, era stato costretto a fronteggiare allarmanti sedizioni che avevano toccato, in rapida successione, Britannia, Dacia, Germania, Mauretania, Grecia ed Egitto⁶.

¹ Aristide di Smirne, *Ode a Roma*, 11-13, 103-106.

² Appiano, *La Storia romana*, I, 1-5. Giulio Polluce, *Elogio di Roma*, cit. in Anonimo, *Suida*, voce «P 1951». Atenéo di Naucrati, *I dotti a banchetto*, I, 19.

³ Arriano di Nicomedia, *Le diatribe di Epitteto*, IV, 1. Apuleio di Madaura, *L'asino d'oro*, I, 7, 11, 15; IV, 6-22; VIII, 17-18. Artemidoro di Dalidi, *L'interpretazione dei sogni*, III, 5, 65. Cornelio Frontone, *Epistole*, II, 8. Luciano di Samosata, *Vita di Demonatte*, 1. *Idem*, *Dialoghi dei morti*, 27. Giulio Capitolino, *Vita di Massimino il Trace*, 2: 1.

⁴ Elio Marciano, *Sui processi pubblici*, cit. in Aa. Vv., *Digesto*, XLVIII, 3: 6 (1).

⁵ Ulpiano, *Commento all'Editto sui Patti*, cit. in Aa. Vv., *Digesto*, XI, 4: 1 (2-4).

⁶ Giulio Capitolino, *Vita di Antonino il Pio*, 5: 4-5.

Nel 169-170, i famelici predoni detti *Costobòci* calarono dalla nativa Dacia fino ai dintorni di Atene⁷. Nel 170-172, il delta del Nilo fu scosso da una sanguinosa rivolta di pastori egiziani (*boukòloi*)⁸, di cui gli strascichi furono avvertiti fino al 220 circa⁹; del resto, gli allevatori di bestiame erano ritenuti inclini per indole alle offese e alle grassazioni¹⁰. Nel 173, alcuni inquilini riottosi del demanio, adibiti alla bonifica delle paludi intorno a Ravenna, impugnarono le armi e s'impadronirono della città adriatica¹¹. Nel 174-175, entrarono in agitazione i montanari celtici del Giura, massiccio ubicato tra l'Italia del Nord e la valle del Reno, ma i loro tumulti furono prontamente sventati¹². Poco prima del 180, analoghi disturbi si manifestarono nella provincia spagnola di Lusitania¹³. Nel 186-188, le Gallie e la Penisola Iberica vennero messe a ferro e fuoco da criminali incalliti al seguito di un tale Materno¹⁴. Al fastidio continuo dei *latrones* nelle campagne si aggiunse il movimento dei «barbari» d'oltre-frontiera: periodicamente, tra il 166 e il 179, il confine fortificato (*limes*), che difendeva le province danubiane fu investito e violato da feroci tribù germaniche e/o sarmatiche: Marcomanni, Quadi, Iazigi e altri compirono innumerevoli razzie e carneficine¹⁵; più volte gli invasori furono appoggiati da *defectores* romani¹⁶, di norma schiavi vessati, fittavoli morosi, contribuenti esausti e disertori delle truppe ausiliarie¹⁷.

Per complicare ulteriormente le cose, nel 192-193, scoppiò un'intricata guerra civile, tra vari generali pretendenti alla porpora imperiale¹⁸; la vittoria arrise a Settimio Severo, un energico senatore di origine nord-africana, il quale inaugurò un regime politico stabile, con tratti burocratici e autoritari; significativo è il fatto che detto regime assunse, come impegno primario, quello di sgominare il brigantaggio interno, tanto intensificando la pressione poliziesca¹⁹ quanto inasprendo la legislazione vigente²⁰. Al di là dei focolai rivoltosi, dei pronunciamenti militari e degli attacchi barbarici, la popolazione romana, nella seconda metà del II secolo, fu sferzata anche da inattese calamità naturali.

⁷ Pausania di Magnesia, *Periègesi della Grecia*, X, 34: 5.

⁸ Dione Cassio, *Storia romana*, LXXII (epitome), 4.

⁹ Eliodòro di Emesa, *Le vicende etiopiche di Teagene e Cariclea*. I, 5: 2; II, 17: 4, 20: 5, 24: 2.

¹⁰ Cornelio Frontone, *Lettere*, II, 12. Ulpiano, *Sull'ufficio proconsolare*, cit. in Aa. Vv., *Digesto*, XLVII, 14: 1 (1-4). Cfr. Giustiniano, *Codice delle leggi*, IX, 2: 11.

¹¹ Dione Cassio, *Storia romana*, LXXII (epitome), 11.

¹² Giulio Capitolino, *Vita di Marco Antonino il filosofo*, 22: 10.

¹³ Giulio Capitolino, *Vita di Marco Antonino il filosofo*, 22: 11.

¹⁴ Erodiano, *Eventi dopo il regno di Marco Aurelio*, I, 10: 1-7. Lampridio, *Vita di Commodo Antonino*, 16: 2.

¹⁵ Giulio Capitolino, *Vita di Marco Antonino il filosofo*, 13: 1-6, 17: 1-7, 22: 1-2. Orosio, *Storie contro i pagani*, VII, 15: 5.

¹⁶ Cassio Dione, *Storia romana*, LXXII (epitome), 11; LXXII (epit.), 13; LXXII (epit.), 16.

¹⁷ Giulio Paolo, *Commentari su Maruzio Sabino*, cit. in Aa. Vv., *Digesto*, XLIX, 15: 19 (4-10).

¹⁸ Aurelio Vittore, *Il libro sui Cesari*, 18-20. Eutropio, *Breviario della storia romana*, VIII, 16-18.

¹⁹ Dione Cassio, *Storia romana*, LXXVII (epitome), 10.

²⁰ Callistrato, *Sulle indagini giudiziarie*, cit. in Aa. Vv., *Digesto*, XLVIII, 19: 28 (16).

Nel 161 una micidiale epidemia s'affacciò dalla Mesopotamia²¹. Il morbo – forse Vaiolo – provocò lutti ingenti in ogni provincia²²; continuò a mietere vittime per decenni²³ e creò un vuoto demografico che coinvolse i pastori e i contadini, i marinai e i soldati, i privati cittadini e i funzionari pubblici²⁴. Come se non bastasse, si manifestò un repentino disastro ambientale: il clima subì un deterioramento in senso caldo-secco, tale da prosciugare i corsi d'acqua, inaridire il suolo, seccare le foreste. La siccità persistente ebbe effetti nocivi sulla produzione agricola, guastando la coltivazione dei campi, la floridezza delle vigne, la raccolta delle olive, il pascolo delle mandrie²⁵. La derivante scarsità di generi alimentari sospinse verso l'alto il livello medio dei prezzi e peggiorò sensibilmente la vita quotidiana delle famiglie a basso reddito. Nel contempo, l'inflazione inasprì le manovre speculative, i ricatti e le estorsioni degli avidi *possessores*, ai danni dei *pauperes*, esasperando ancor più gli umori anti-plutocratici²⁶.



Il “Tondo severiano” è uno dei pochi esemplari di pittura su tavola lignea dell'antichità che si sono conservati fino ad oggi. Il pannello raffigura l'imperatore Settimio Severo con la moglie Giulia Domna e i suoi due figli Caracalla e Geta. Il volto di quest'ultimo appare cancellato, probabilmente dopo il suo assassinio da parte del fratello e la successiva *damnatio memoriae*. Di probabile origine egiziana, il manufatto è datato tra il 199 ed il 201. Il suo diametro è di 305 mm e attualmente fa parte della collezione Antikensammlung Berlin (inv. 31329), e conservato presso l'Altes Museum di Berlino.

²¹ Giulio Capitolino, *Vita di Lucio Vero*, 8: 1-2. Ammiano Marcellino, *Le storie*, XXIII, 6: 24.

²² Galeno, *Metodo della terapia*, V, 12. *Idem*, *L'ordine dei miei libri*, I, 16; III, 1-3. *Id.*, *Sull'indolenza*, 1-7, 1-35. Cassio Dione, *Storia romana*, LXXII (epitome), 14; LXXIII (epit.), 15. Erodiano, *Eventi dopo il regno di Marco Aurelio*, I, 12: 1-2. Giulio Capitolino, *Vita di Marco Antonino il filosofo*, 13: 3, 17: 2. Eutropio, *Breviario della storia romana*, VIII, 12. Orosio, *Storie contro i pagani*, VII, 27: 7.

²³ Dione Cassio, *Storia romana*, LXXIII (epitome), 14. Cipriano di Cartagine, *Trattati*, 7: 14-17. Ponzio il Diacono, *Vita e martirio di Cipriano*, 9.

²⁴ Cipriano di Cartagine, *Trattati*, 5: 2.

²⁵ Cipriano di Cartagine, *Trattati*, 5: 4, 7-8.

²⁶ Cipriano di Cartagine, *Trattati*, 5: 10-11.

1.2 L'ANNIVERSARIO FATIDICO

Riepilogando, la perniciosa congiuntura, dopo il 150, di violenze intestine e aggressioni esterne, di mortifere pestilenze e ossessionanti carestie, di povertà estrema e d'indecente ricchezza, finì con l'acutizzare tutte le preesistenti tensioni sociali. La pessima e inedita situazione suscitò scompiglio, sconcerto, sgomento nell'opinione pubblica moderata, di cui l'orizzonte immaginario prese a offuscarsi con nubi tempestose. Il lungimirante senatore e illustre storico Dione Cassio Cocceiano (155-235 d.C.), commentando la svolta dal regno di Marco Aurelio (161-180 d.C.), *Optimus Princeps*, a quello del figlio Commodo (180-192 d.C.), pazzoide sfrenato, vide profilarsi sui Romani l'ombra di una lugubre e rugginosa Età del Ferro²⁷. In altre menti, non meno turbate, si formò la triste idea che l'inesorabile Senescenza del Mondo (*Senectus Mundi*) avesse preso ormai nella sua morsa possente, spietata e stritolatrice, il corpo e l'anima della vecchia Roma. Come ogni essere vivente, di regola, veniva alla luce, assumeva le sue fattezze mature e, raggiunto il pieno vigore, prima avvizziva e poi si spegneva, così il pur robusto organismo dell'Impero, rappresentato dalla retorica come perenne, avrebbe dovuto subire un analogo ciclo naturale, articolato in tappe di nascita, ascesa, stasi, decadenza ed estinzione²⁸.

I guai drammatici, evidenti dopo il 150, sarebbero stati segnali che la società romana non godeva più di buona salute, stava deperendo giorno per giorno e volgeva alla sua rovina ineluttabile. In base a tale metafora biologica, arcane speculazioni matematiche, corroborate da congetture astrologiche di cui non è possibile discettare in questa sede, lasciavano preconizzare che l'indebolita Roma sarebbe andata incontro alla morte annunciata dopo che avesse compiuto il millesimo anno di travagliata esistenza: il *Millennium ab Urbe condita*. In molti, l'avvicinarsi del primo millennio di Roma suscitò forti apprensioni, come se fosse stato in gioco addirittura un «tramonto della civiltà». Tale previsione inquietante doveva costituire la premessa necessaria di un perduto ma, al suo tempo, celeberrimo discorso aulico, rivolto all'imperatore Gallieno (253-268 d.C.), gratulatorio per lo scampato pericolo²⁹. Una prova più esplicita si legge nella biografia dell'imperatore Claudio Tacito (275-276 d.C.), il quale, insieme al fratellastro Floriano, suscitò il giubilo di àuguri, arùspici e indovini vari, lieti perché gli dèi avevano consentito che la potenza romana durasse ancora per altri mille anni, a dispetto di ogni interrogativo sopra la sua longevità³⁰. Entrambe le testimonianze sono tardive ma, dietro le lodi occasionali, si coglie nettissima la eco di ansie e diffidenze che avevano serpeggiato nei decenni precedenti. A questo punto, va fatta una precisazione cronologica di non poco peso: la data convenzionale per la fondazione di Roma era stata fissata, dall'erudito Marco Terenzio Varrone (116-27 a.C.), in corrispondenza col primo o secondo anno della VII Olimpiade, cioè nel 754-753 a.C.³¹. L'astrologo Tarruzio

²⁷ Dione Cassio, *Storia romana*, LXXII (epitome), 36.

²⁸ Cipriano di Cartagine, *Trattati*, 5: 3.

²⁹ Callinico di Petra, *Discorso sul rinnovamento di Roma*, cit. in Anonimo, *Suida*, voce «K 231».

³⁰ Vopisco, *Vita di Tacito*, 16: 4.

³¹ Varrone, *Antichità delle umane cose*, XVIII, frammenti 64-65.

di Fermo, dopo aver ricostruito niente di meno che l'oroscopo genetliaco di Romolo in mensilità egiziane, aveva specificato il giorno esatto nel 21 Aprile del 753³²; perciò, il temuto disfacimento dell'Impero sarebbe dovuto cominciare a ridosso del suo millesimo compleanno, ossia nel (1000 - 753) 247 d.C. Invero, la scadenza del millennio fatale avrebbe potuto oscillare leggermente, giusta la molteplicità di date che Timéo di Tauromènio, Catone il Censore, Pomponio Attico *et alii* avevano assegnato alla nascita della Capitale; in effetti, stime diverse, ricavate usando diverse coordinate temporali e diversi metodi di calcolo, anticipavano la fondazione all'814 a.C. o la ritardavano fino al 728 a.C.³³. Per esempio, il cronachista Fabio Pittore (254-190 a.C.), riprendendo computi fatti dal greco Diocle di Pepàreto, aveva fatto risalire il celebre solco di Romolo a 435 anni dopo la caduta di Troia, cioè al (1182-435) 747 a.C.³⁴; tale valutazione «ufficiosa» continuò a circolare anche dopo l'accoglienza «ufficiale» dello schema varroniano-tarruziano. Di sfuggita, si noterà come la data fornita da Pittore fosse equivalente all'anno d'inizio – il 747 appunto – dell'Era di Nabonassar, re di Babilonia, largamente impiegata dagli Antichi per determinare con coerenza la cronologia di notevoli eventi storici e astronomici³⁵. Qui, per ora, conviene fermarsi, per non dare l'impressione di voler ricamare senza scrupoli su una tela troppo esile. In ogni caso, partendo da un'ampia gamma di datazioni per il primo natale di Roma – come s'è detto fluttuanti dall'814 al 728 a.C. – e aspettando mille anni finché l'impero avesse esaurito i residui margini vitali, il paventato sfacelo sarebbe arrivato in un anno compreso tra il (1000 - 814) 186 e il (1000 - 728) 272 d.C. Quindi, qualsiasi individuo minimamente riflessivo, vivente allo scorcio del secolo II o durante la prima metà del secolo III, avrebbe dovuto prendere atto dei guai ricorrenti e addirittura crescenti intorno a lui e presagire che l'organismo imperiale, affetto da incurabile degenerazione senile, fosse già sul punto di spirare³⁶.

1.3 OTTIMISMO DI FACCIATA

Tra il 193 e il 235 d.C., l'Impero malato fu rimesso alle cure della dinastia severiana, cioè della casa intronizzata dal prefato imperatore Settimio Severo. Alla sua epoca, il nuovo potere si sforzò di raddrizzare la barca statale nel mare in burrasca. Forti iniziative furono assunte per consolidare la macchina amministrativa, aumentare le paghe dei soldati, sostenere generosamente i consumi delle plebi urbane ed equiparare, con una scorciatoia giuridica, tutte le categorie di cittadini, tranne cioè i sudditi più recenti. Col senno di poi, gli editti severiani non furono efficaci, poiché risultarono troppo costosi per l'Erario, che aveva le casse quasi vuote. Comunque, a

³² Cicerone, *Sulla divinazione*, II, 47. Dionigi d'Alicarnasso, *Antichità romane*, I, 74. Plutarco di Cheronea, *Vita di Romolo*, 12. Solino, *Raccolta di cose memorabili*, I, 18-19.

³³ Vedi Dionigi d'Alicarnasso, *Antichità romane*, I, 74. Velleio Patercolo, *Storia romana*, I, 8: 4. Solino, *Raccolta di cose memorabili*, I, 27-30.

³⁴ Fabio Pittore, *Annali*, cit. da Dionigi d'Alicarnasso, *Antichità romane*, I, 74.

³⁵ Vedi Censorino, *Sul giorno natale*, 21.

³⁶ Vedi Cipriano di Cartagine, *Trattati*, 5: 22-25.

quel tempo, gli stessi provvedimenti riscossero la *concordia* e finanche la gratitudine dei pingui oligarchi romani, coscienti che, senza riforme incisive, l'intero *status quo* sarebbe stato a repentaglio. Così, gli opulenti latifondisti e i grossi trafficanti, forti delle loro cospicue riserve economiche e delle loro posizioni alto-locate, poterono permettersi una relativa serenità dinanzi ai potenziali inconvenienti del futuro. Qui si tralascia, per limiti di spazio, la considerazione che alcuni *honestiores*, cercando d'attenuare l'impatto emotivo delle imperversanti sciagure, intrapresero collaudate vie di salvezza individuale, offerte vuoi da consolatorie metafisiche neo-platoniche o eclettiche³⁷, vuoi da esclusive rivelazioni di segreti esoterici (*mysteria*)³⁸. A parte le opzioni personali, la grande maggioranza dei senatori e dei cavalieri s'identificò docilmente con la propaganda politica dei Severi, volta ad esaltare metodicamente, nella documentazione ufficiale, nell'emissione di moneta e nell'edilizia pubblica, la *Aeternitas Romae*, la *Felicitas Temporum*, la *Fortuna Augusta*, la *Pax Romana* e simili astrazioni lusinghiere. Non per caso, nel 203 d.C., Settimio medesimo pagò con soldi suoi un magnifico monumento, chiamato «Settizodio», ubicato in asse con la Via Appia e nelle adiacenze della sua dimora principesca sul Colle Palatino³⁹. Sotto il profilo architettonico, il manufatto fu un elegante *nymphaeum*, cioè un capace bacino idrico sormontato da un sontuoso prospetto a tre piani, decorato con statue e colonne a imitazione di una quinta teatrale⁴⁰. Qui interessa il bizzarro appellativo dell'edificio – *Septizodium* – composto dal numero latino «septem» e dalla parolina greca *zōidion*, traducibile come «lembo di cielo designato da un animale fantastico»; donde il complesso dello Zodiaco. Dato che sette erano i pianeti erranti *sub Firmamento*, a sua volta comprendente le dodici costellazioni zodiacali, il nome avrebbe potuto celare l'allusione encomiastica a una rara armonia dei corpi celesti, in vista agli inizi del III secolo, che avrebbe permesso di sperare in una pronta guarigione del grande infermo⁴¹. Neppure è un caso se, negli anni 218-222, il giovane Bassiano, detto Eliogabalo, cercò d'inserire il culto del Sole Nascente (*Sol Luciferus / Hélios*) nel sistema religioso politeista: egli tentò d'imporre l'astro luminoso come l'aspetto sensibile o il riflesso accecante di un Sommo Dio, vero sovrano del *Pàntheon*, al quale le molteplici divinità tradizionali sarebbero state subordinate, così come, secondo un parallelismo istituzionale, i plurimi ministri e dignitari imperiali erano meri strumenti in mano al loro autocrate, assiso su un trono inaccessibile⁴². Il disegno di «enoteismo solare», promosso da Eliogabalo e collaboratori, non ebbe lo sperato gradimento, perché il suo carattere oltranzista sollevò non poche riserve ideologiche in

³⁷ Plotino, *Enneadi*, V, 3: 17; VI, 9: 11.

³⁸ Zosimo, *La storia nuova*, IV, 3: 2-3.

³⁹ Sparziano, *Vita di Severo*, 19: 5; 24: 3.

⁴⁰ Ammiano Marcellino, *Le storie*, XV, 7: 3. Per quel che serve, un'ala in rovina dell'edificio era ancora visibile nel secolo XVI, prima della demolizione; donde s'evince che la *scaenae frons* primitiva era lunga quasi 90 m e circa 30 m alta.

⁴¹ A onore del vero, in origine, il presente saggio sarebbe dovuto essere propedeutico a un'indagine circa i simbolismi astrali sulle monete romane di età severiana; per motivi di spazio, quell'argomento numismatico sarà trattato in altra occasione.

⁴² Lampridio, *Vita di Antonino Eliogabalo*, 7: 4.

coloro che paventavano un despotismo di stampo «asiatico»⁴³. Comunque, tale insuccesso politico non dovrebbe trarre in inganno: quello del *Sol Salutis* fu un asterismo assai caro ai fautori dell'Impero debilitato. Infatti, come il Sole risorgeva sempre, ogni giorno, per illuminare, scaldare e aiutare gli uomini di buona volontà, così bisognava stare pur certi che, presto, le tenebre sarebbero state disperse da un'aurora radiosa⁴⁴. Infine, non può essere casuale che, nel 248 d.C., l'imperatore Giulio Filippo, soprannominato l'Arabo (244-249), rallegrato assai dalla constatazione che nulla d'irreparabile era avvenuto sotto il suo regno, tirò un profondo respiro di sollievo e non badò a spese per allestire, nell'Urbe, i «Giochi Secolari» (*Ludi Saeculares*) più sontuosi di sempre, inauditi per fasto e varietà⁴⁵. Tramite questa festa gioiosa, Filippo volle lanciare ai suoi concittadini un messaggio spirituale incoraggiante: dal momento che la loro Capitale aveva raggiunto e superato senza traumi la scadenza del primo millennio, nel 247, si poteva ben sperare che l'undecimo *Saeculum Novum*, appena agli esordi, avesse in serbo ulteriore gloria e prosperità per la Città Eterna⁴⁶. Purtroppo, il gaudente Filippo fu ammazzato poco dopo, l'Impero conobbe periodi infausti quant'altri mai, certamente non forieri di magnifiche sorti progressive. In sintesi, i ripetuti, ostentati e perfino stucchevoli inviti alla fiducia nell'avvenire profusi dal governo centrale, ebbero gli effetti voluti soltanto in alcune cerchie magnatizie, nelle stanze della corte imperiale e ai vertici dell'amministrazione civile e delle forze armate; altrove, nella società civile, furono poco ascoltati.

1.4 UN'ALLERTA PERVASIVA

Nella compagine romana della prima età imperiale, un posto di rilievo occuparono le cosiddette «borghesie municipali», vale a dire le classi intermedie, costituite da proprietari di piantagioni, concessionari di grandi aziende, spedizionieri, negozianti, impresari industriali, professionisti urbani e altri uomini d'affari. Costoro, dopo la metà del secolo II, furono messi in affanno da continue turbolenze economiche e disorientati da notizie e fole terrificanti, al punto da precipitare in una tetra disperazione o, addirittura, in uno stato di panico. Al dubbio lancinante che tutto l'ordine costituito fosse incrinato e in procinto di cadere in frantumi trascinandosi con sé l'incolumità fisica e l'assetto patrimoniale delle persone, la mentalità borghese cercò di opporre tre rimedi, per così dire, ansiolitici. La prima risposta psicologica, atta a mitigare le diffuse paure, fu la spinta all'«ecumenismo» o, meglio, al «sincretismo religioso». Tale abitudine già esisteva da tempo⁴⁷, nella misura in cui le fedi personali

⁴³ Lampridio, *Vita di Antonino Eliogabalo*, 33: 1-8. Aurelio Vittore, *Il libro sui Cesari*, 23. Eutropio, *Breviario della storia romana*, VIII, 22.

⁴⁴ Macrobio, *Saturnali*, I, 17-18.

⁴⁵ Eutropio, *Breviario della storia romana*, IX, 3. Orosio, *Storie contro i pagani*, VII, 20: 2.

⁴⁶ Aurelio Vittore, *Il libro sui Cesari*, 28.

⁴⁷ Dionigi d'Alicarnasso, *Antichità romane*, II, 19. Ovidio, *Il Gli amori*, II, 13: vv. 11-14. Persio, *Il libro delle satire*, 5: vv. 179-184. Giovenale, *Satire*, 6: vv. 544-552.

(*superstitiones*) di schiavi importati o di commercianti immigrati dal Vicino Oriente penetravano in mezzo ai culti «olimpici» tradizionali. Tuttavia, dalla metà del secolo II in poi, gli influssi orientalizzanti sul panorama religioso greco-romano, trovarono un'indubbia accelerazione. Allora i timidi possidenti, sperando di salvaguardare «la pelle e la roba», smisero di adorare un precipuo nume tutelare, a rischio di dimenticarlo e ingelosirne altri, e puntarono sulla riverenza per molte divinità assieme. Così, il padre celeste, Giove / Zèus, fu accostato liberamente all'egiziano Seràpide e all'anatolico Sabàzio; Apollo / Febo fu assemblato con gli esotici Adòne, Ba'al e Mitra; la madre Giunone / Hera fu mescolata con Iside, Cibèle, Dèmetra, Cèrere e altre regine ctònie; Minerva / Artèmidè fu confusa con l'Atargàte siro-palestinese e con disparate dèe femminili. Tale promiscuità di credi e riti pagani è testimoniata dalle «polinomie divine» che ricorrevano nelle preghiere dei devoti⁴⁸, nelle descrizioni degli osservatori neutrali⁴⁹, nelle polemiche dei detrattori cristiani⁵⁰. Inoltre, si rammenta l'opportunistica conversione, soprattutto dopo lo scoppio della «peste antoniniana», a divinità salutari⁵¹; in particolare, straordinaria divenne la *pietas* verso Esculàpio / Asclèpio⁵².

Un secondo strumento tranquillante fu il ricorso massivo alla mantica e alla magia. La gente sprovveduta o ignorante s'era sempre cullata nell'illusione di superare le proprie angustie grazie a quelle arti fumose. Tuttavia, dopo il 150, questa voga irrazionale assunse proporzioni senza precedenti. Luciano di Samosata (120-192 d.C.), ebbe buon gioco a ironizzare contro oscuri cialtroni, come Mitrobarzàne il Caldeo⁵³, o impostori osannati, come Alessandro di Abùtico⁵⁴. Ciò nonostante, se facile era lo scherno sulla paccottiglia di trucchi e incantesimi, la divinazione e la magia non solo aiutarono i loro utenti a sopportare i disagi del presente e le minacce del futuro, ma anche esercitarono un sottile fascino intellettuale legato al tema del determinismo nei comportamenti umani⁵⁵.

La terza reazione, vergognosa, per scongiurare un avvenire gravido di tribolazioni, fu la domanda insistente di sanzioni esemplari per coloro, come gli Ebrei e i Cristiani, che avessero rifiutato testardamente di pregare per la salute di Roma. Fino alla prima metà del secolo II, il culto obbligatorio degli imperatori, venerati ancora in vita e/o divinizzati *post mortem*, rimase un po' equivoco sul piano legale, sicché i processi per lesa maestà, intentati nei confronti d'irresponsabili minoranze religiose, rimasero abbastanza sporadici⁵⁶. Fu solo dopo il 150, con le palesi avvisaglie di una crisi

⁴⁸ Vedi Anonimo, *Papiri Greci Magici*, III, 234-258; V, 4-5; XII, 263-266; XIII, 289-293.

⁴⁹ Vedi Plutarco di Cheronea, *Opere morali*, 26. Apuleio di Madaura, *L'asino d'oro*, 8: 25-27; 11: 2, 5-6, 26-30. Pseudo-Luciano, *Sulla deà di Siria*, 44-48, 71-73.

⁵⁰ Vedi Clemente d'Alessandria, *Esortazione ai Greci*, I, 13. Eusebio di Cesarea, *Preparazione al Vangelo*, I, 10: 7. Firmico Materno., *Sull'errore delle religioni pagane*, 10: 1-17.

⁵¹ Giulio Capitolino, *Vita di Marco Antonino il filosofo*, 21: 6.

⁵² Aristide di Smirne, *Discorsi sacri*, I, 57-77; II, 1-4, 58-60.

⁵³ Luciano di Samosata, *Menippo o sulla necromanzia*, 6-22.

⁵⁴ Luciano di Samosata, *Alessandro, il falso vate*, 10-60.

⁵⁵ Plutarco di Cheronea, *Opere morali*, 29. Apuleio di Madaura, *L'apologia*, 25-32.

⁵⁶ Vedi Plinio il Giovane, *Epistolario*, X, 97: 2.

globale, che si moltiplicarono gli appelli, ogni giorno più assertivi, a giurare lealtà verso i Cesari periclitanti: si raffrontino le esortazioni dell'intransigente pagano Celso, verso il 180⁵⁷, con le ingiunzioni dell'ancor più acido Demetriano, verso il 240⁵⁸. Di pari passo, iniziarono a fioccare le condanne dei tribunali romani, incalzati da idolatri furibondi, che pretendevano la tortura e la pena capitale per i «traditori della patria»; di conseguenza, nel 155 d.C. si ebbe il martirio di Policarpo, vescovo di Smirne⁵⁹, e, nel 177, il massacro dei Cristiani a Lione⁶⁰. Le azioni punitive s'accentuarono nell'età dei Severi⁶¹, ma giunsero al colmo regnante Decio (249-251 d.C.), il quale decretò una vasta e sistematica repressione delle comunità cristiane residenti nell'Impero⁶². La vigilanza stringente dei poteri statali riuscì quasi a piegare la Chiesa primitiva e a comprometterne l'integrità⁶³; questa, però, è un'altra storia. Qui basta sottolineare che, nel campo pagano, la più stupida credulità formò una sgradevole mistura con la più perversa intolleranza religiosa⁶⁴. Tipico fu il personaggio di Giulio Scàpola (Scapula), tratteggiato in una lettera aperta dell'apologista Fiorenzo Tertulliano (155-225 d.C.). Lo Scàpola s'era guadagnato dall'imperatore Caracalla (212-217d.C.) la nomina a Proconsole dell'Africa, dove, tra l'altro, mostrò un attivismo zelante, quasi fanatico, nel tentativo di sradicare la Cristianità dalla sua provincia⁶⁵. Tuttavia, quando apprese che, sopra il cielo di Utica, s'era vista un'improvvisa ed enigmatica eclissi di Sole, l'alto funzionario fu assalito da un grande terrore e interpretò goffamente quell'anomalia come premonitrice di un prossimo castigo divino⁶⁶; castigo di un demone misconosciuto, in collera con lui in persona o, in generale, adirato con gli amministratori e i sacerdoti, i beneficiari e i nostalgici del fatiscante Impero⁶⁷.

Antonino d'argento raffigurante l'imperatore Caracalla (*Marcus Aurelius Severus Antoninus Augustus*) della zecca di Roma, del 216 d.C. (Wikipedia Creative Commons, I, Sailko).



⁵⁷ Vedi Origène, *Contro Celso*, 8: 68.

⁵⁸ Vedi Cipriano di Cartagine, *Trattati*, 5: 3.

⁵⁹ Ireneo di Lione, *Il martirio di san Policarpo*, 7-9.

⁶⁰ Eusebio di Cesarea, *Storia ecclesiastica*, V, 1.

⁶¹ Vedi Tertulliano, *Apologia*, 40. Cipriano di Cartagine, *Le epistole*, 75.

⁶² Eusebio di Cesarea, *Storia ecclesiastica*, VI, 39-46.

⁶³ Vedi Cipriano di Cartagine, *Trattati*, 3: 27-28; *Idem*, *Le epistole*, 31.

⁶⁴ Cipriano di Cartagine, *Trattati*, 5: 5, 12-14.

⁶⁵ Vedi Tertulliano, *Lettera a Scàpola*, 1-2.

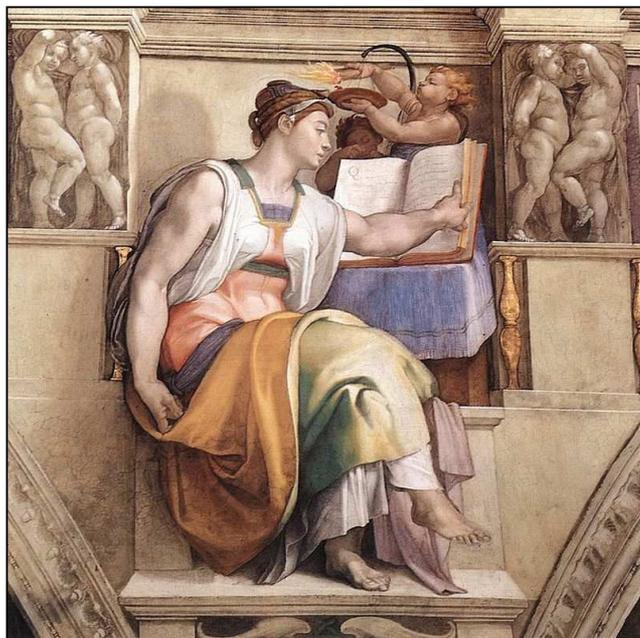
⁶⁶ Tertulliano, *Lettera a Scàpola*, 3. Per la datazione puntuale del testo e la ricostruzione grafica dell'eclissi di cui l'autore tratta, si rimanda alle analisi effettuate, più avanti, da Giuseppe Veneziano.

⁶⁷ Tertulliano, *Lettera a Scàpola*, 4-5.

1.5 FANTASIE CATASTROFISTE

Milioni di schiavi incatenati, fittavoli vincolati alla gleba e prigionieri di guerra affamati, nonché numerosi precari e gli indigenti di condizione libera, quali coltivatori diretti, artigiani, bottegai, garzoni, domestici, pescatori, disoccupati e via dicendo, rimasero tutt'altro che affranti per le sventure che afflissero l'Impero dopo il 150. In passato, i lavoratori forzati e i loro compagni avevano perseguito un'emancipazione terrena mediante la lotta politica: essi avevano combattuto tre spaventose «guerre servili» in Italia, dal 135 al 71 a.C., e, per di più, avevano sostenuto i più strenui avversari dell'ordine romano, da Aristonico di Pergamo (133-129 a.C.) a Mitridate del Ponto (89-63 a.C.), da Sertorio (83-72 a.C.) a Sesto Pompeo (43-35 a.C.). Imparata la dura lezione, i *servi* e gli *humiliores* sconfitti sublimarono i loro desideri frustrati nell'attesa fervida, quasi spasmodica, di una «rivoluzione dall'alto dei cieli»; così, invocarono un urgente intervento divino, che finisse l'indebolito bestione romano e ne sterminasse gli accoliti, tutti empi e malvagi.

Tali sentimenti, impregnati di rancore paranoide e di euforica speranza, commossero, coinvolsero e stimolarono parecchi letterati di provincia, i quali, coperti da un rigoroso anonimato, iniziarono a comporre in lingua greca brevi poemi, peraltro non elegantissimi, zeppi di accuse, invettive e minacce dedicate all'abominevole mostro imperialista. Quei visionari, obbligati a restare anonimi per scampare alle indagini giudiziarie, finsero di divulgare, in versi, certi moniti emessi, centinaia e migliaia d'anni prima, da parte delle *Sibyllae*, leggendarie fattucchiere ispirate dal divo Apollo⁶⁸; pertanto, è corretto parlare d'ignoti Sibillisti, specializzati nella redazione di carmi con taglio apocalittico, detti, appunto, «Oracoli Sibillini», per distinguerli dai più paludati «Libri Sibillini»⁶⁹. Sotto il profilo cronologico, la raccolta definitiva dei testi oracolari, in ben 15 volumi, fu realizzata da un copista bizantino del VII secolo, al quale forse sono riconducibili molte interpolazioni «cristianizzatrici», che si leggono qua e là⁷⁰.



“La Sibilla Eritrea”. Opera di Michelangelo Buonarroti (XVI Secolo), dall'affresco della volta della Cappella Sistina, a Roma. (dal Web)

⁶⁸ Vedi Eraclide di Eraclea Pontica, *Sui centri oracolari*, frammenti 130-141. Plutarco di Cheronea, *Opere morali*, 28. Pausania di Magnesia, *Periègesi della Grecia*, X, 5: 5-6. Lattanzio, *Le istituzioni divine*, I, 6. Servio, *Commentari sulla «Eneide» di Virgilio*, III, v. 445.

⁶⁹ Vedi Dionigi di Alicarnasso, *Antichità romane*, IV, 62: 2-4.

⁷⁰ Anonimo, *Oracoli Sibillini*, 1: vv.323-400; 8: vv. 446-500.

Tuttavia, la stragrande parte della collezione riprendeva materiali antecedenti, composti in varie fasi ma sistemati agli inizi del secolo III dopo Cristo: un paio di passi indicavano che Roma, la superba padrona del vecchio mondo, sarebbe sparita, per divina provvidenza, non prima che avesse compiuto 948 anni; gli anni cifrati nel valore numerico di quattro letterine, che traducevano in Greco il nome proprio dell'Urbe (*Rōmē*)⁷¹. A conti fatti, l'ora fatale, per la quale bisognava tenersi pronti, sarebbe scattata poco tempo dopo l'anno (948 - 753) 195 d.C.⁷². Sotto il profilo ideologico, i plurimi Sibillisti furono portatori, più o meno consapevoli, di uno «Stoicismo militante»; vale a dire che furono influenzati non poco dalle critiche sociali della *Stoa*, la scuola d'avanguardia nella filosofia antica. L'ispirazione stoica emerge, anzitutto, dalla continua denuncia verso la cupidigia, la crudeltà, la menzogna, la corruzione e altre deprecabili mancanze etiche⁷³. Il biasimo espresso dagli «Oracoli Sibillini», però, non si ridusse a un tiepido rimprovero di vizi connaturati nell'animo umano ma si tramutò in sdegno ardente contro la società romana, profondamente iniqua, e contro i suoi ceti abbienti, aristocratici o borghesi, colpevoli delle nefandezze peggiori⁷⁴. In altre parole, i Sibillisti non fecero del moralismo placido e indulgente, per intenderci alla maniera di Marco Aurelio, conservatore illuminato⁷⁵; piuttosto, essi recuperarono il pensiero pugnace e innovatore sviluppato, già verso il 130 a.C., da un Blossio di Cuma, il coraggioso filosofo che, disgustato dalle storture del sistema schiavistico, aveva aderito con slancio al movimento del citato Aristonico⁷⁶, teso a costruire un'equalitaria «Città del Sole» in Asia Minore⁷⁷.

Un analogo radicalismo stoico, negli *Oracula Sibyllina*, affiora anche al momento d'additare la favolosa ricompensa divina riservata agli uomini giusti: la celere instaurazione, sulle macerie fumanti di Roma, di un mondo migliore, improntato da una sorta di «socialismo utopistico», nel quale pace, giustizia e abbondanza sarebbero state garantite a ogni individuo, senza discriminazioni di proprietà privata e di posizione gerarchica⁷⁸. In siffatto disegno ideale trapelava, insieme alla rimembranza di Blossio, il ricordo di un fortunato romanzo auto-biografico, pubblicato, tra il 225 e il 150 a.C., da un tale Giambulo, mercante e viaggiatore istruito, che aveva dipinto il quadro idilliaco di una perfetta società collettivista, impiantata sopra un gruppo di «Isole del Sole»

⁷¹ Anonimo, *Oracoli Sibillini*, 8: vv. 148-150; 13: vv. 46-49.

⁷² Si sarebbe dovuto sottrarre la data convenzionale per la fondazione dell'Urbe dalla somma di [Rhò/100 + Oméga/800 + Mìcron/40 + Èta/8] = 948.

⁷³ Vedi Anonimo, *Oracoli Sibillini*, 2: vv. 6-213, 250-312; 3: vv. 71-96; 5: vv. 286-531; 7: vv. 24-39, 51-69, 96-117; 8: vv. 337-359.

⁷⁴ Vedi Anonimo, *Oracoli Sibillini*, 3: vv. 46-70, 156-175, 350-530; 5: vv. 167-178; 7: vv. 40-50.

⁷⁵ Marco Aurelio, *Colloqui con sé stesso*, IX, 2. Giulio Capitolino, *Vita di Marco Antonino il filosofo*, 2: 1-5; 3: 1-9. Eutropio, *Breviario della storia romana*, VIII, 11-12.

⁷⁶ Vedi Plutarco di Cheronea, *Vita di Tiberio Gracco*, 20.

⁷⁷ Vedi Strabone di Amasea, *Geografia*, XIV, 1: 38.

⁷⁸ Anonimo, *Oracoli Sibillini*, 2: vv. 313-329; 3: vv. 619-623; 5: 281-285; 7: vv. 140-150; 8: vv. 107-121, 206-212; 14: vv. 350-354.

nell'Oceano Indiano⁷⁹; a sua volta , l'autore era stato mosso dall'infantile certezza che quell'esperimento livellatore avrebbe potuto indicare niente di meno che la strada maestra per la redenzione dell'Umanità infelice⁸⁰. Dunque, i Sibillisti furono scrittori attivi soprattutto a cavallo dei secoli II e III dopo Cristo, provvisti d'una educazione in senso lato stoicizzante, debitrice a lontane suggestioni riformatrici, impegnati a testimoniare, trasfigurandola in una passionale «soteriologia dei miserabili», la vibrante protesta delle classi subalterne contro la vecchia società romana.

1.6 MALEDIZIONI SINCERE

Generazioni di filologi e storici hanno dibattuto intorno alla vera matrice culturale dei Sibillisti. Oggi, l'opinione di gran lunga più condivisa è che, in fondo, gli autori fossero stati furbi falsari di fede cristiana o ebraica, intenti a confondere i loro sciocchi rivali politeisti, restii ad ascoltarli e a convertirsi. Cauti dubbi circa la contraffazione *ad hoc* degli oracoli furono sollevati già dal filosofo pagano Celso, nel 178 d.C.⁸¹ In effetti molti Cristiani di tendenza «millenarista», vale a dire quelli sognanti un Governo di Dio sulla Terra destinato a durare mille anni, furono grati alle Sibille, di cui i responsi sembravano accreditare le loro istanze⁸²; tuttavia, nessun Cristiano raziocinante mai rivendicò lontanamente l'esclusiva afferenza di quei pronostici alla propria confessione religiosa⁸³. Lo stesso diniego vale per i supposti intrighi degli Ebrei: vero è che alcuni passi oracolari, forzandoli un po', parevano conformi ai dettami dell'Antico Testamento e dei profeti d'Israele⁸⁴. Ciò nonostante, Flavio Giuseppe (37-100 d.C.), pur compiacendosi che le Sibille avessero avuto contezza di alcuni prodigi biblici, non osò postulare che le veggenti greche avessero attinto da Mosè o chi per lui⁸⁵. Inoltre, tanto i Cristiani quanto gli Ebrei avrebbero potuto difendersi, dalle imputazioni di brogli, obiettando che molti «Oracoli Sibillini», ora favorevoli ora ostili al dominio mondiale di Roma, giravano già in tempi non sospetti. Il sommo poeta Virgilio, verso il 40 a.C., aveva evocato le suadenti promesse, circa un cambiamento epocale benedetto dal cielo, fatte dalla Sibilla di Cuma, in Campania⁸⁶; promesse, quindi, circolanti almeno quattro decenni prima che Gesù nascesse⁸⁷. A proposito degli Ebrei, sarebbe logico aspettarsi che avessero indirizzato all'Impero romano caterve d'insulti verbali, rabbiosi ma praticamente impotenti, soltanto dopo la loro sconfitta nelle guerre «messianiche»

⁷⁹ Diodoro Siculo, *La biblioteca storica*, II, 56-60.

⁸⁰ Luciano di Samosata, *La storia verace*, 1: 3.

⁸¹ Origene, *Contro Celso*, 7: 53, 56.

⁸² Vedi Lattanzio, *Le istituzioni divine*, II, 11, 13; IV, 6, 13, 15; VII, 13, 15-16, 18-20, 24-25.

⁸³ Vedi Origene, *Contro Celso*, 5, 61. Eusebio di Cesarea, *Preparazione al Vangelo*, XIII, 13. Lattanzio, *Le istituzioni divine*, I, 6; II, 8.

⁸⁴ Vedi Anonimo, *Oracoli Sibillini*, k11: vv. 5-326. Eusebio di Cesarea, *Preparazione al Vangelo*, X, 11. Lattanzio, *Le istituzioni divine*, IV, 18-20.

⁸⁵ Flavio Giuseppe, *Antichità giudaiche*, I, 118: 2. Cfr. Eusebio di Cesarea, *Preparazione al Vangelo*, IX, 15.

⁸⁶ Virgilio, *Bucoliche*, 4, vv. 5-17. Cfr. Anonimo, *Oracoli Sibillini*, 6: vv. 1-30.

⁸⁷ Vedi Eusebio di Cesarea, *Discorso di Costantino all'assemblea dei devoti*, 18-19.

del 66-70⁸⁸, del 115-117⁸⁹ e del 132-135 d.C.⁹⁰ Invece, i Sibillisti, con le loro invettive roboanti, già avevano contrariato Augusto (27 a.C.-14 d.C.)⁹¹ e lasciato perplesso Tiberio (14-37 d.C.)⁹²; per non sbagliare, costui comminò la pena di morte per chi fosse stato sorpreso a leggere i testi censurati⁹³. Si noti che, nell'età augusteo-tiberiana, i rapporti tra Roma e Gerusalemme furono freddini ma non cattivi, se non altro perché il giogo tributario gravante sulla Palestina era appena agli esordi ed era ancora sopportabile.

Questi lampanti anacronismi incrinano la certezza moderna che gli *Oracula Sibyllina* fossero stati inventati di sana pianta o alterati pesantemente da subdoli imitatori. Al fine di puntellare il traballante paradigma accademico, s'insinua che, agli oracoli in esame, fosse sottesa la concezione di un Dio Unico, Onnipotente, Creatore di tutte le cose⁹⁴; come tale, più congruo alla «teologia monoteista esclusiva» ebraica e cristiana che al classico pluralismo religioso greco e romano. Quest'obiezione è speciosa, cioè suggestiva ma fallace: essa scorda che, in antico, si diede pure un «monoteismo pagano»; esso, al di là delle pittoresche vestigia idolatriche, contemplò un solo, trascendente e imperscrutabile «Signore del Cosmo» (*Kyrios Pantokrátōr*). La concezione suprematista della divinità scaturì, ancora, dal pensiero stoico⁹⁵; tuttavia, s'estese presto ad altri cenacoli filosofici⁹⁶. Importante è che il culto di un «Essere Supremo» raggiunse un apprezzabile seguito popolare, laddove la credenza nei molteplici numi tradizionali s'era logorata spontaneamente, data la manifesta impotenza dei numi stessi a risolvere i problemi esistenziali dei loro adepti⁹⁷.

Nell'Occidente del II secolo, si potevano incontrare sette religiose adoranti un *Summus Deus*, con usanze peculiari, non cristiane né giudaiche e⁹⁸, parimenti, in Oriente, pullulavano gli «Ipsistari», devoti al Dio Altissimo (*Theòs'Ypsistos*) ma autonomi tanto dalle chiese quanto dalle sinagoghe circostanti⁹⁹. Attenzione merita anche un tema cosmologico singolare, proprio dei Sibillisti più impetuosi o allucinati: in cima alla serie di atroci punizioni inflitte ai reprobì, i progetti divini avrebbero disposto che la Terra, come una torcia, venisse avvolta e bruciata da fiamme ardenti¹⁰⁰. L'incendio sarebbe stato appiccato da un'esplosiva collisione tra pianeti erranti e stelle

⁸⁸ Dione Cassio, *Storia romana*, LXIII (epitome), 22; LXV (epit.), 4-6. Orosio, *Storie contro i pagani*, VII, 9: 1-8.

⁸⁹ Dione Cassio, *Storia romana*, LXVIII (epit.), 31-32. Orosio, *Storie contro i pagani*, VII, 12: 6-7.

⁹⁰ Dione Cassio, *Storia romana*, LXIX (epit.), 13-14. Orosio, *Storie contro i pagani*, VII, 13: 4-5.

⁹¹ Svetonio, *Vita del divo Augusto*, 31: 1. Tacito, *Gli annali*, VI, 6: 12. Dione Cassio, *Storia romana*, LIV, 17: 2.

⁹² Tacito, *Gli annali*, I, 76: 1.

⁹³ Vedi Giustino di Nablùs, *Apologia prima*, 44: 14-15.

⁹⁴ Anonimo, *Oracoli Sibillini*, 3: vv. 8-45; 8: vv. 359-445.

⁹⁵ Vedi Cleante di Asso, *Inno a Zèus*, cit. in Epittèto, *Il manuale*, 53. Seneca, *Questioni naturali*, II, 45: 1-3. Dione di Prusa, *Orazioni*, 12. Arriano di Nicomedia, *Le diatribe di Epittèto*, I, 6: 1-2; 9: 16-17.

⁹⁶ Vedi Plutarco di Cheronea, *Opinioni dei filosofi sulla Natura*, I, 5-7. Apuleio di Madaùra, *Su Platone e la sua dottrina*, I, 12: 204-206. Aristide di Smirne, *Le orazioni*, 43: 18-19.

⁹⁷ Cipriano di Cartagine, *Trattati*, 5: 19.

⁹⁸ Vedi Tertulliano, *Alle nazioni*, 1: 13.

⁹⁹ Vedi Gregorio di Nazianzo, *Discorsi teologici*, 18: 5. Gregorio di Nissa, *Trattato contro Eunomio*, II, 5.

¹⁰⁰ Anonimo, *Oracoli Sibillini*, 2: vv. 194-213; 3: vv. 82-93, 672-701; 4: vv. 152-180; 8: vv. 337-342.

fisse, che avrebbe fatto crollare la volta celeste¹⁰¹. Tale immagine di «guerra cosmica» ben illustrava la dottrina stoica circa una ciclica Conflagrazione Universale (*Ekpýrosis*), destinata periodicamente a purificare col fuoco i vecchi mondi fatiscenti¹⁰². Ancora prima, il motivo delle fiamme divoratrici cadute dal cielo aveva avuto riscontro nel mito greco di Fetonte, maldestro auriga del carro solare¹⁰³. Al contrario, un incendio d'immane portata, che avrebbe fatto della superficie terrestre una crosta abbrustolita, desolata e inabitabile, non poteva trovare spazio nel racconto giudaico-cristiano sugli Ultimi Giorni: infatti, pur prefigurando catastrofi a bizzeffe¹⁰⁴, la Divina Misericordia avrebbe tenuto una mira selettiva, risparmiando non solo i suoi figli dilette ma anche il globo terracqueo¹⁰⁵. Quest'ultimo, anzi, sarebbe rimasto in premio ai superstiti come un giardino delizioso e luogo accogliente per il venturo Regno di Dio¹⁰⁶. In conclusione, il nucleo centrale degli «Oracoli Sibillini», al netto di posteriori ritocchi, fu prodotto genuino di scrittori greci anonimi, che, a modo loro, s'atteggiarono a nemici giurati di Roma imperiale.



I "Sybillina Oracula" in una versione stampata del 1599.

¹⁰¹ Anonimo, *Oracoli Sibillini*, 5. vv. 510-531. Più sotto, Mario Codebò impugna la credibilità, dal punto di vista astronomico, degli immaginari incontri e scontri tra questi corpi celesti.

¹⁰² Vedi Seneca, *Questioni naturali*, III, 29: 1-2. *Idem*, *Consolazione a Marcia*, 26: 6. Giustino di Nablùs, *Apologia prima*, 20.

¹⁰³ Vedi Euripide, *Fetonte*, vv. 214-37. Platone, *Timeo*, 22. Apollonio di Rodi, *Argonautiche*, IV, vv. 598-627. Diodoro Siculo, *Biblioteca storica*, V, 23: 2-3. Ovidio, *Le metamorfosi*, II, vv. 1-400. Seneca, *Fedra*, vv. 1085-926. Stazio, *La Tebaide*, VI, vv. 321-25. Pseudo-Igino, *Poema astronomico*, II, 42. Filostrato di Lemno, *Le immagini*, I, 11. Quinto di Smirne, *Post-homerica*, X, vv. 190-200. Nonno di Panopoli, *Le Dionisiache*, XXXVIII, vv. 291-434.

¹⁰⁴ Vedi Giovanni Apostolo, *Rivelazione (o Apocalisse)*, 5: 1-5; 12: 7-12; 16: 14, 16.

¹⁰⁵ Giovanni Apostolo, *Rivelazione*, 7: 9-10, 14-17; 14: 3-12.

¹⁰⁶ Giovanni Apostolo, *Rivelazione*, 20: 1-3, 6.

PARTE II

(di Giuseppe Veneziano)

2.1 L'ECLISSI DI TERTULLIANO

Quinto Settimio Fiorente Tertulliano (*Quintus Septimius Florens Tertullianus*, ca. 155 - ca. 230 d.C.) nacque a Cartagine, nella provincia romana dell'Africa. Di origini berbere e fenicie, figlio di un centurione proconsole, Tertulliano durante la sua giovinezza seguì i principi della religione pagana e molto probabilmente fu iniziato ai misteri di Mitra. Visse sotto due imperatori: Settimio Severo (146-211 d.C.) e Caracalla (188-217 d.C.). Dopo aver passato un certo periodo a Roma, esercitando la professione di avvocato, ritornò a Cartagine dove, attorno al 195 si convertì al cristianesimo, attratto – a quel che si dice – dall'esempio dei martiri,¹⁰⁷ adottando ben presto posizioni intransigenti. Nel 213 aderì alla setta religiosa dei "Montanisti" noti proprio per il loro fanatismo.

Dopo la sua conversione scrisse numerose opere teologiche in lingua latina dal tono apertamente polemico nei confronti dei pagani e delle loro riprovevoli usanze religiose, ma anche contro gli Ebrei ed alcuni cristiani che non condividevano le sue idee. Una di queste opere, scritta nel 212-213 e intitolata *Ad Scapulam* (A Scapola), è una lettera aperta in 5 capitoli indirizzata al proconsole della provincia d'Africa, reo di aver scatenato una violenta persecuzione contro i cristiani. Secondo varie iscrizioni epigrafiche vi furono due personaggi di nome Scapola in quel periodo, entrambi consoli: Publio Giulio Scapola Tertullo Prisco e Gaio Giulio Scapola Lepido Tertullo.¹⁰⁸ Quest'ultimo probabilmente era un cugino od un parente di Tertulliano.¹⁰⁹

Nella sua lettera al proconsole, lo scrittore fa menzione di due personaggi storici ben conosciuti: "Antonino" (*Antoninus*) che era uno dei nomi dell'imperatore Caracalla; e Ilariano (*Hilarianus*), procuratore che un decennio prima a Cartagine aveva guidato la persecuzione contro i cristiani. Di questo secondo personaggio, sono state scoperte recentemente alcune iscrizioni in Spagna, le quali indicano che era un pagano romano vecchio stile dalla mentalità alquanto rigida

Nel suo scritto, Tertulliano, simulando amore fraterno, cerca di dissuadere Giulio Scapola dal continuare la persecuzione e lo avvisa che altrimenti i nemici di Dio avrebbero subito una terribile condanna dopo il Giudizio Universale prossimo venturo;

¹⁰⁷ Da quello che si evince da due delle sue opere: *Apologeticum* 50, 15 (scritta attorno al 197) e *Ad Scapulam* 5, 4 (ca. 212).

¹⁰⁸ G. Rinaldi, 2006, *Cristiani e Impero Romano nell'Africa romana. Note prosopografiche*, p.12, nota 65, dove sono riportate altre fonti secondarie precedenti. Nelle datazioni consolari pervenute su epigrafi i nomi dei consoli sono citati con diverse forme: in [CIL XIV, 169](#) e in [CIL III, 4407](#) come Scapola Tertullo e Tineio Clemente; in [CIL III, 12802](#) come Scapola Prisco e Tineo Clemente.

¹⁰⁹ A. R. Birley, 1992, *Persecutions and Martyrs in Tertullian's Africa*, p. 53.

nel frattempo, molti di essi sarebbero andati incontro a ogni genere di punizione terrena (malattie, sconfitte, sciagure personali, etc.). Per intimidire ancora di più il suo interlocutore, evidentemente ritenuto abbastanza superstizioso, Tertulliano gli addita una recente eclissi parziale di Sole osservata nel Distretto di Utica (l'odierna Utique in Tunisia), nei pressi di Cartagine, sfidandolo a domandarne il significato ai suoi astrologi di fiducia:

*“Tutti questi sono i segni dell’ira imminente di Dio, che ci è d’aiuto, qualora lo rendesse necessario, di esporre e predire, e nel frattempo di implorare al Cielo che il male non possa andare oltre; ma coloro che fraintendono questi segni, sentiranno, in tempo utile, che raggiungerà tutto e sarà il grande e l’ultimo male. Di nuovo, il sole, con la sua luce quasi spenta, nel distretto di Utica, era davvero portentoso. Questo non poteva essere dovuto a nessuna eclissi, perché si trovava allora nella sua altitudine e nella sua casa. Avete astrologi, chiedete a loro!”*¹¹⁰

(Ad Scapulam, 3, 3)

Qualche ricercatore, già in passato, è andato a verificare la cronologia dell’eclissi e ha concluso che l’evento descritto da Tertulliano si verificò nel 212; ma si è parlato anche del 210. In realtà non si hanno riscontri precisi in merito. Comunque, codesta missiva a Scapola dichiara *straordinaria*, o meglio *“portentosa”*, la circostanza in cui il Sole si era oscurato in modo imprevisto, pur trovandosi “al suo apogeo e nella sua posizione normale”. Ovviamente, lo spettacolare evento non può essersi limitato al cielo sopra Utica, altrimenti si dovrebbe evocare – come qualcuno ritiene – un oscuramento repentino a causa di nubi molto fitte o provocato da una improvvisa tempesta di sabbia; in tal caso però non si capisce come l’apologista cristiano avrebbe potuto intimidire il suo potente interlocutore impugnando un banale e ben conosciuto fenomeno meteorico. Piuttosto, è più probabile che il governatore romano fosse stato presente a Utica per motivi di servizio il giorno di questo evento straordinario e ne avesse ricavato un sensibile sgomento. In definitiva, Tertulliano approfittò astutamente di un singolare fenomeno celeste, registrato all’epoca sua con una certa superficialità, per lanciare una neanche tanto velata minaccia ai funzionari imperiali troppo zelanti nel reprimere la chiesa primitiva.

L’invito di Tertulliano a Giulio Scapola di chiedere spiegazioni del significato di questo evento astronomico ai suoi astrologi, sembra ricalcare da vicino le parole di scherno pronunciate nelle Sacre Scritture dal profeta Isaia all’indirizzo dei Babilonesi, quando predisse la distruzione della loro capitale ad opera degli eserciti medo-persiani guidati da Ciro il Grande (539 a.C.). Isaia invitò sarcasticamente i saggi e gli astrologi di Babilonia a salvare la loro patria dall’imminente distruzione:

¹¹⁰ *“Omnia haec signa sunt imminentis irae Dei, quam necesse est (...). Nam et Sol ille in Conventu Uticensi extincto paene lumine adeo portentum fuit, ut non potuerit ex ordinario deliquio hoc pati, positus in suo hypsomate et domicilio. Habetis astrologos!”*

“Ma su di te si abatterà la sciagura, e nessuno dei tuoi malefici potrà impedirla. Piomberà su di te un disastro e non potrai evitarlo. ... Stattene, ora, con le tue malie e con l’abbondanza delle tue stregonerie, nelle quali ti sei affaticata fin dalla tua giovinezza ... Stiano in piedi, ora, e ti salvino, gli adoratori dei cieli, quelli che guardano le stelle, che alle lune nuove divulgano conoscenza circa le cose che verranno su di te”.

(Isaia 47:11-13, TNM)¹¹¹

2.2 ASTROLATRIA E PORTENTI CELESTI NELL’ANTICO TESTAMENTO

La teologia monoteistica ebraica del periodo preesilico (cioè prima della distruzione di Gerusalemme da parte di Nabucodonosor e della deportazione degli Ebrei a Babilonia) lottò vigorosamente contro l’estendersi del culto degli astri, che era considerato il nemico più pericoloso e corrompente per la loro religione (Veneziano, 2004, pp. 78, 79). Nelle Scritture Ebraiche le costellazioni, i pianeti e le stelle vengono ammirati e lodati, ma sempre senza alcun privilegio o prerogativa. Essi non hanno alcuna interferenza sugli accadimenti umani. Lo spettacolo imponente dei cieli stellati doveva unicamente servire ad esaltare la gloria di Dio. L’ammirazione della volta stellata e dei suoi fenomeni celesti era unicamente incentrata sull’adorazione di Colui che l’aveva creata. Tali sentimenti sono ben espressi dalle parole attribuite al re Davide riportate nel libro dei Salmi.



“Morte del Sole, della Luna e caduta delle stelle”. Opera di Cristoforo de Predis (XV secolo). Miniatura tratta da *Storie di San Gioachino, Sant’Anna, di Maria Vergine, di Gesù, del Battista e della fine del mondo* (1476), realizzata per Galeazzo Maria Sforza, oggi conservata nella Biblioteca Nazionale di Torino

¹¹¹ Tutte le citazioni bibliche del Nuovo Testamento riportate in questo testo si rifanno alla *Traduzione del Nuovo Mondo delle Sacre Scritture* (TNM 1987, versione con riferimenti) che – a parere dello scrivente – rispecchia più fedelmente il significato originale della traslitterazione dal testo greco. Per le citazioni del Nuovo Testamento, il testo può essere confrontato con quello della *The Kingdom Interlinear Translation of Greek Scriptures* (KIT 1969), una traduzione interlineare (parola per parola) dal greco all’inglese. I riferimenti di entrambe le versioni sono riportati in bibliografia.

*“Oh Yahwèh¹¹² nostro Signore,
 com'è maestoso il tuo nome su tutta la terra,
 Tu, la cui dignità si narra al di sopra dei cieli...
 ...Quando vedo i tuoi cieli, le opere delle tue dita,
 la luna e le stelle che Tu hai preparato,
 Che cos'è l'uomo mortale che Tu ti ricordi di lui,
 e il figlio dell'uomo terreno che Tu ne abbia cura?
 ...Oh Yahweh nostro Signore,
 com'è maestoso il tuo nome su tutta la terra.”*
 (Salmi 8:1-9)

L'astrolatria, cioè il culto rivolto agli astri, praticata dagli Egiziani e dagli Assiro-Babilonesi, con cui gli Ebrei vennero a contatto e alla quale più volte cedettero, è menzionata nelle Sacre Scritture come un pensiero altamente sacrilego, un qualcosa da cui rifuggire. L'astrologia faceva parte di quelle pratiche detestabili contro le quali la stessa Legge Mosaica metteva in guardia:

*“E dovete badare bene alle vostre anime, ...
 ... affinché non agiate rovinosamente e non vi facciate
 realmente una immagine scolpita, la forma di un qualche simbolo,
 la rappresentazione di maschio e femmina, ...
 ... la rappresentazione di qualunque cosa che si muove sul suolo, ...
 ... e affinché non alzi i tuoi occhi ai cieli,
 e sia realmente sedotto e ti inchini davanti ad essi e li serva,
 essi, che Yahweh tuo Dio ha ripartito a tutti i popoli sotto tutti i cieli.”*
 (Deuteronomio 4: 15-19)

Da questa ultima parte del verso biblico si intuisce quale era il pensiero divino a questo riguardo: Dio aveva creato i cieli, e le stelle contenute in essi, in maniera tale che fossero visibili e di utilità per tutti i popoli della Terra¹¹³. Il fatto che alcuni individui le

¹¹² È il nome proprio di Dio nelle Sacre Scritture. Esso compare quasi 7000 volte nelle Scritture Ebraiche (l'Antico Testamento) e 237 volte nelle Scritture Greche Cristiane (il Nuovo Testamento). Nei testi originali esso appare sotto forma di un tetragramma (quattro lettere) dell'alfabeto ebraico: יהוה (*yod, he, waw, he*, da leggersi da destra a sinistra). La traslitterazione più comune è: **YHWH** o, per altri **JHVH** (Douglas, Levine 2011). Dato che nella lingua ebraica non si scrivono le vocali, il tetragramma biblico è costituito unicamente da consonanti. Purtroppo, a causa di una superstizione secondo la quale il nome di Dio è troppo sacro per essere pronunciato, la corretta vocalizzazione (l'interpolazione di vocali alle consonanti) è andata col tempo perduta. La pronuncia più vastamente accettata del tetragramma (YHWH), sulla base di trascrizioni greche antiche, è **Yahweh**, talvolta in italiano **Jahvè** (Sperling 2005). Un'altra forma per rendere la pronuncia di YHWH è **Yehova(h)** da cui l'italiano **Geova**, che è quella riportata dalla TNM 1987, anche se in questo testo, per scelta personale, verrà usata la forma “Yahweh”, che è sicuramente la più antica. La forma Yehovah è stata usata soprattutto dal XI secolo in poi. Tuttavia, alcuni testi magici del V secolo in lingua semitica e greca presentano una prima pronuncia del nome divino sia con Jehovah che con Yahweh (Kotansky, Spier 1995).

¹¹³ Vedi *Genesi* 1:14-16.

utilizzassero per i propri scopi divinatori era agli occhi di Dio una cosa ignobile e detestabile ¹¹⁴.

A questo punto c'è da chiedersi: se l'astrologia era così osteggiata dalla Sacre Scritture, perché allora Tertulliano, in quanto cristiano, invita Giulio Scapola a consultare proprio gli astrologi? Molto probabilmente Tertulliano è a conoscenza delle credenze dei pagani per i responsi dell'arte divinatoria, che includevano i fenomeni *ex-caelo*. Generalmente, nell'antichità, tutti quegli eventi astronomici che si ripetevano con una certa frequenza e che erano quindi prevedibili, venivano rivestiti da una connotazione positiva, mentre quelli improvvisi – quali le eclissi, l'apparizione di stelle novae o di comete – proprio per il loro carattere imprevedibile, erano spesso associati ad eventi nefasti.

Anche nelle Sacre Scritture le eclissi assumono un segno della disapprovazione e del giudizio divino, spesso associati ad indizi precursori di cataclismi e flagelli o, addirittura, della fine del mondo. Nell'Antico Testamento (le Scritture Ebraiche) i profeti Amos e Gioele così descrivono la collera divina per l'idolatria in Israele:

“E deve accadere in quel giorno – è l'espressione di Yahwèh – che certamente farò tramontare il Sole in pieno mezzogiorno, e certamente farò oscurare la terra in pieno giorno. E certamente muterò le vostre feste in lutto e tutti i vostri canti in una nenia funebre, e farò sì che tutti i fianchi si coprano di sacco ¹¹⁵ e ogni testa di calvizie.”

(Amos 8: 9, 10)

“Si agitano tutti gli abitanti del Paese, poiché il giorno di Yahwèh viene, è vicino! È un giorno di tenebre e di caligine, un giorno di nuvole e di fitta oscurità ... davanti a Lui il Paese si è agitato, i cieli han sobbalzato. Il Sole e la Luna stessi si sono oscurati, e le medesime stelle hanno ritirato il loro fulgore.”

(Gioele 2:1, 2, 10)

“E certamente farò portentosi nei cieli e sulla Terra, sangue e fuoco e colonne di fumo. Il Sole stesso sarà mutato in tenebre, e la Luna in sangue, prima della venuta del grande e tremendo giorno di Yahweh.” (Gioele 2: 30, 31)

¹¹⁴ Vedi Deuteronomio 18:9-12.

¹¹⁵ Tela grossolana che serviva per fare sacchi come quelli usati per il grano. Di solito era un tessuto di pelo di capra di colore scuro. (Rivelazione o Apocalisse 6:12; Isaia 50:3) Il termine ebraico per sacco (*saq*) indicava sia l'oggetto stesso che la tela usata per farlo (Genesi 42:25; Giosusè 9:4). Era il tradizionale abito di lutto, ed è menzionato per la prima volta in merito al lutto che Giacobbe fece, con i fianchi cinti di sacco, per il figlio Giuseppe che credeva morto. (Genesi 37:34). Sia il re che il popolo si vestivano di sacco in momenti di grave crisi o nel ricevere notizie calamitose. – Il Libro dei Re (o IV Libro dei Re, secondo la versione greca dei *Settanta*) 19:1; Isaia 15:3; 22:12. (AA.VV. 1991, vol. 2, p. 817).

2.3 PORTENTI CELESTI NEL NUOVO TESTAMENTO: IL SEGNO DELLA “PRESENZA” DI CRISTO

Tra i cristiani dei primi secoli era inoltre viva l’attesa per una seconda “venuta” o “presenza” di Gesù Cristo. Il significato di questo avvenimento generava spesso confusione tra i credenti. Il termine greco – usato ben 24 volte nelle Scritture Greche Cristiane (il Nuovo Testamento) – era παρουσία, *parousía* (o *parusìa*). Il termine era in realtà una parola composta: *parà* (presso) e *ousìa* (“l’essere”, da *eimi*, “io sono”). Quindi *parousìa* significa letteralmente “essere presso”, in altre parole “essere presente”. Esso era spesso associato con la presenza di Cristo, in relazione al Regno messianico. Molte traduzioni rendono questo termine in svariati modi: in alcuni versetti esso viene tradotto talvolta come “presenza”, ma più spesso come “venuta”. Questo ha dato origine all’espressione “seconda venuta” o “secondo avvento” di Gesù Cristo (essendo *parousìa* tradotto *adventus* nella *Vulgata* latina in Matteo 24:3).

Ma qual era la natura della “parousìa” di Gesù? Il termine greco dà adito a due interpretazioni. Esso poteva essere usato per descrivere una natura visibile, riferito alla presenza umana, cioè visibile, di persone¹¹⁶. Ma che la “parousìa” potesse essere anche invisibile è indicato dall’uso che San Paolo (o Paolo Apostolo) fa della corrispondente forma verbale (*pàreimi*) quando dice di essere “presente nello spirito” benché assente nel corpo¹¹⁷. (I Corinti 5:3). Una fonte extrabiblica conferma questo uso: lo storico Giuseppe Flavio, nella sua opera *Antichità Giudaiche*, usa il termine *parousìa* in riferimento alla presenza invisibile di Dio al monte Sinai, resa evidente dai tuoni e dai lampi (*Op. cit.*, III, 80, [v, 2]). Qualunque fosse il tipo di avvento (reale sulla Terra o invisibile nei cieli), la “seconda venuta” del Cristo realizzava l’attesa di una figura vittoriosa diffusa anche in alcuni ambienti giudaici. Come riporta un dizionario teologico: “*Il Nuovo Testamento vede la parusia come l’evento conclusivo della catastrofica «fine del mondo», annunciata da molti segni premonitori, cioè come la venuta del Figlio dell’uomo «sulle nubi con grande potenza e gloria» (Vangelo di Marco 13:26), oppure come discesa di Gesù Cristo dal cielo (I Tessalonicesi 4,16s). Lo scopo immediato di questa venuta è la celebrazione del giudizio escatologico.*”¹¹⁸

Come la *parousìa* di Dio al monte Sinai era stata resa evidente da eventi tangibili quali tuoni, lampi e movimenti sismici (Esodo 19:16-18), così la nuova presenza di Gesù sarebbe stata resa evidente da portenti celesti. È Gesù stesso ad evidenziarlo in una risposta data ai suoi apostoli sul Monte degli Ulivi, appena fuori da Gerusalemme. Questi ultimi erano preoccupati per il destino del tempio e della città, dato che Gesù aveva appena predetto che nemmeno una pietra di quell’edificio sarebbe rimasto in piedi. Ma c’era dell’altro. Qualche tempo prima aveva rivolto loro questa esortazione: “*Tenetevi pronti, perché il Figlio dell’uomo viene in un’ora che non vi aspettate*” (Luca 12:40).

¹¹⁶ Paolo Apostolo, *I Corinti* 16:17; *II Corinti* 7:6, 7; 10:10; *Lettera ai Filippesi* 1:26; 2:12.

¹¹⁷ Paolo Apostolo, *I Corinti* 5:3.

¹¹⁸ Vorgrimler H., 2004, *Nuovo Dizionario Teologico*, p. 503.

Aveva anche parlato del “giorno in cui il Figlio dell’uomo” sarebbe stato “rivelato” (Luca 17:30). Queste affermazioni erano in qualche modo collegate a quello che Gesù aveva appena detto riguardo al tempio? Gli apostoli non riuscendo a trattenere la loro curiosità fecero al loro maestro una domanda:

“Mentre sedeva sul Monte degli Ulivi, i discepoli gli si accostarono privatamente, dicendo: “Dicci: quando avverranno queste cose, e quale sarà il segno della tua presenza [parousìa] e del termine del sistema di cose?” (Matteo 24:3)

La risposta che ricevono è ricca di dettagli. Gesù fornisce un segno composito (cioè di più eventi che sarebbero avvenuti nello stesso periodo di tempo) che avrebbe permesso ai cristiani di comprendere quando il sistema di cose giudaico e il tempio sarebbero stati distrutti, cosa che avvenne di lì a poco, nel 70 d.C. Ma aveva svelato anche dell’altro. In futuro questo segno avrebbe aiutato i cristiani a capire se stessero vivendo durante la sua “presenza” (parusìa) o “seconda venuta” di Gesù, che avrebbe significato la fine dell’intero sistema di cose politico sulla Terra a vantaggio di un regno divino o *teocratico*, in accordo con la preghiera del “Padre Nostro”: “... *Venga il tuo regno. Si compia la tua volontà, come in cielo, anche sulla terra ...*” (Matteo 6:9, 10). Tale segno composito sarebbe stato caratterizzato da “*guerre e notizie di guerre*” (Matteo 24:6, 7), da “*terremoti e, in un luogo dopo l’altro, carestie ed epidemie*” (Luca 21:11), dalla persecuzione dei suoi seguaci (Luca 21:12) e dalla predicazione della Buona Notizia del veniente regno di Dio in tutta la terra abitata (Matteo 24:14). La profezia di Gesù proseguiva poi predicando “*una grande tribolazione, quale non c’è stata dal principio del mondo fino ad ora, né ci sarà mai più*” (Matteo 24:21). Vi sarebbero stati anche dei portenti nel cielo e sulla Terra. L’evento storico che Gesù usa per fare un parallelo – il Diluvio Universale dei giorni di Noè – indica che tali segni avrebbero avuto un impatto sull’intero pianeta (Matteo 24:36-39).

Ben tre dei quattro evangelisti (Matteo, Marco e Luca) descrivono questi eventi nei loro relativi Vangeli e negli Atti degli Apostoli¹¹⁹. L’evangelista mancante – Giovanni Apostolo – li descrive invece nel libro dell’Apocalisse (o Rivelazione). Soffermandoci solo sugli aspetti “celesti” del segno composito dato da Gesù agli apostoli in quel frangente, ecco cosa riportano gli scrittori summenzionati:

¹¹⁹ Fin dai tempi antichi la compilazione di *Atti degli Apostoli* è stata attribuita allo scrittore del Vangelo di Luca. Entrambi i libri sono indirizzati a Teòfilo (Luca 1:3; Atti degli Apostoli 1:1). Ripetendo gli avvenimenti finali del suo Vangelo nei versetti iniziali di Atti, Luca collega i due racconti come opera dello stesso autore. Pare che Luca abbia completato la stesura di *Atti* attorno all’anno 61. Fin dai primi tempi Atti è stato accettato dagli studiosi biblici come libro canonico. Parti del libro si trovano in alcuni dei più antichi manoscritti papiracei esistenti delle Scritture Greche, in particolare i manoscritti Michigan 1571 (P³⁸) del III o IV secolo e Chester Beatty I (P⁴⁵) del III secolo. Entrambi indicano che Atti circolava insieme ad altri libri delle Scritture ispirate e che pertanto era incluso nel catalogo già in data assai antica (AA.VV., 1991).

(Matteo 24:29-31) ²⁹ *“Immediatamente dopo la tribolazione di quei giorni il sole sarà oscurato, e la luna non darà la sua luce, e le stelle cadranno dal cielo, e le potenze dei cieli saranno scrollate. ³⁰ E allora il segno del Figlio dell’uomo apparirà nel cielo, e allora tutte le tribù della terra si percuoteranno con lamenti, e vedranno il Figlio dell’uomo venire sulle nubi del cielo con potenza e gran gloria. ³¹ Ed egli manderà i suoi angeli con gran suono di tromba, e raduneranno i suoi eletti dai quattro venti, da un’estremità all’altra dei cieli.”*

(Marco 13:24-27) ²⁴ *“Ma in quei giorni, dopo tale tribolazione, il sole sarà oscurato, e la luna non darà la sua luce, ²⁵ e le stelle cadranno dal cielo, e le potenze che sono nei cieli saranno scrollate. ²⁶ E allora vedranno il Figlio dell’uomo venire nelle nubi con grande potenza e gloria. ²⁷ Ed egli manderà quindi gli angeli e radunerà i suoi eletti dai quattro venti, dall’estremità della terra fino all’estremità del cielo.”*

(Luca 21:25-28) ²⁵ *“E ci saranno segni nel sole e nella luna e nelle stelle, e sulla terra angoscia delle nazioni, che non sapranno come uscirne a causa del muggito del mare e del [suo] agitarsi, ²⁶ mentre gli uomini verranno meno per il timore e per l’aspettazione delle cose che staranno per venire sulla terra abitata; poiché le potenze dei cieli saranno scrollate. ²⁷ E vedranno quindi il Figlio dell’uomo venire in una nube con potenza e gran gloria. ²⁸ Ma quando queste cose cominceranno ad avvenire, alzatevi e levate in alto la testa, perché la vostra liberazione si avvicina”.*

(Atti 2:19-21) ¹⁹ *E farò portenti nel cielo di sopra e segni sulla terra di sotto, sangue e fuoco e vapor di fumo; ²⁰ il sole sarà mutato in tenebre e la luna in sangue prima che arrivi il grande e illustre giorno di Yahwèh. ²¹ E chiunque invocherà il nome di Yahwèh sarà salvato”.*

(Apocalisse o Rivelazione 6:12-14) ¹² *E vidi quando aprì il sesto sigillo, e ci fu un grande terremoto; e il sole divenne nero come un sacco di crine, e l’intera luna divenne come sangue, ¹³ e le stelle del cielo caddero sulla terra, come quando un fico scosso da un gran vento getta i suoi fichi immaturi. ¹⁴ E il cielo si ritirò come un rotolo che si avvolge, e ogni monte e [ogni] isola furono rimossi dai loro luoghi...”.*

2.4 UNA ECLISSI “DIVINA”

Come si è visto, le eclissi nell’antichità erano viste come un segno nefasto. Per i pagani erano un giudizio avverso da parte degli dèi. Per i cristiani erano il segno di un giudizio divino per coloro che si opponevano a Dio e a Gesù Cristo, a seguito del quale sarebbe arrivato anche sulla terra l’agognato Regno di Dio che avrebbe distrutto i malvagi e liberato i veri fedeli dalla persecuzione e dall’oppressione pagana. Date queste premesse. Tertulliano era sicuro che gli astrologi avrebbe confermato a Giulio

Scapola il carattere nefasto dell'evento osservato nel distretto di Utica dal governatore romano.

Ma quale fu l'eclisse di Sole a cui fece riferimento Tertulliano? Ovviamente, l'evento non può essersi limitato solamente al cielo sopra Utica, altrimenti si dovrebbe evocare – come alcuni ritengono – un oscuramento. Se si analizzano gli eventi di questo tipo avvenuti nei pressi di Utica, tra la fine del II e la prima metà del III secolo d.C. è possibile notare che vi fu un'unica eclisse totale di Sole (quella del 3 aprile 265); un'eclisse anulare (il 28 dicembre del 186); e numerose eclissi parziali. Le più interessanti sono riportate in tabella.

<i>Sun eclipses visible from Utica</i>						
Latitude: 37° 03' 25" N - Longitude: 10° 03' 43" E - Time Zone 00:00 E						
<i>Date</i>	<i>Type (P – A)</i>	<i>Maximum (hh/mm) local time</i>	<i>Height of the Sun (°)</i>	<i>Azimuth of the Sun (°)</i>	<i>Eclipse magnitude</i>	<i>Eclipse observed (%)</i>
186, December 28	A	15 :58	02	238	0.906	82
197, June 03	P	11 :55	73	214	0.915	89
211, March 02	P	17 :12	0 (s)	261	0.619	53
212, August 14	P	05 :10	07	76	0.937	92
218, October 07	P	05 :56	06	101	0.718	63
228, March 23	P	06 :22	12	98	0.778	73
240, August 05	P	04 :26	0 (r)	68	0.813	77
265, April 03	T	17 :20	04	274	1.038	100

Fonte: *Five Millennium Catalog of Solar Eclipses*

<https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEcat5/SEcatalog.html>

P – Eclisse parziale

A – Eclisse anulare

T – Eclisse totale

(s) – il fenomeno è ancora in corso al tramonto del Sole sull'orizzonte locale

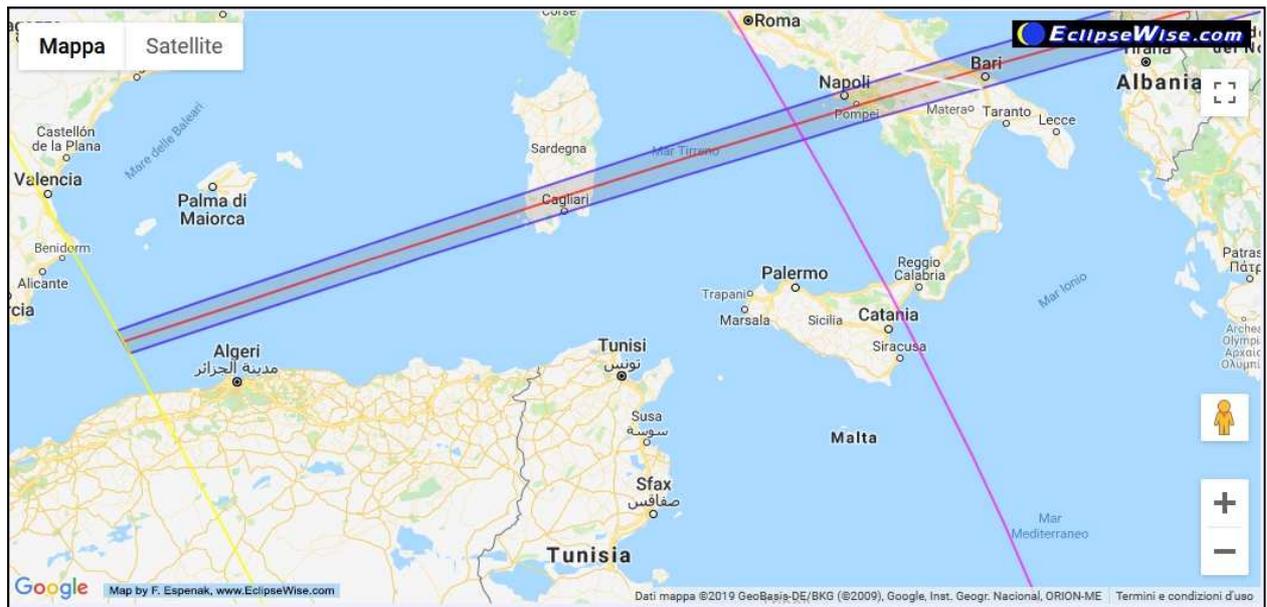
(r) – il fenomeno è già in corso al sorgere del Sole sull'orizzonte locale

Di tutte queste, l'eclisse anulare del 28 dicembre 186 appare troppo antecedente ai fatti e ai personaggi descritti dallo scrittore latino. L'eclisse totale del 3 aprile 265, è invece – per gli stessi motivi – troppo posteriore. A restringere il campo temporale è lo stesso Tertulliano, che nella sua lettera fa cenno all'imperatore Caracalla, il quale regnò dal 198 al 217 (dal 198 al 209 coregnante con Settimio Severo; dal 209 al febbraio 211 con Settimio Severo insieme a suo fratello minore Geta; dal febbraio al dicembre 211 con Geta, dal dicembre 211 fino al 8 aprile 217 – giorno della sua uccisione – al regno da solo). Restringendo quindi il campo dell'eclisse descritta da Tertulliano al regno di Caracalla, possono essere escluse sia l'eclisse anulare di Sole, che l'eclisse totale. Le uniche due eclissi che ricadono in questo campo temporale sono quelle parziali del 2 marzo 211 e del 14 agosto 212. La prima fu un'eclisse di magnitudine 0,619, il che vuol dire che il disco lunare coprì fino al 61,9% del diametro solare, per una copertura totale del 53 per cento della sua superficie, il che depone per un evento di non eccezionale portata. Il fenomeno fu visibile nel tardo pomeriggio e il Sole tramontò ancora parzialmente eclissato.

La seconda eclisse, quella del 14 agosto 212, sembra la più plausibile. Il Sole cominciò ad essere eclissato dalla Luna già sotto l'orizzonte, per cui, visto dal distretto di Utica, sorse già in eclisse parziale, e raggiunse la massima copertura a circa 7° sopra l'orizzonte locale. Durante la fase massima dell'eclisse – di magnitudine 0,937 – il disco lunare eclissò il 92 per cento della superficie solare. Il cielo che era stato appena rischiarato dal Sole che stava sorgendo tornò così ad oscurarsi nuovamente. Davvero uno spettacolo suggestivo, ma anche spaventoso per chi era poco avvezzo a questi fenomeni, soprattutto per coloro che erano di natura superstiziosa, come tale sembra essere stato il governatore romano Giulio Scapola.



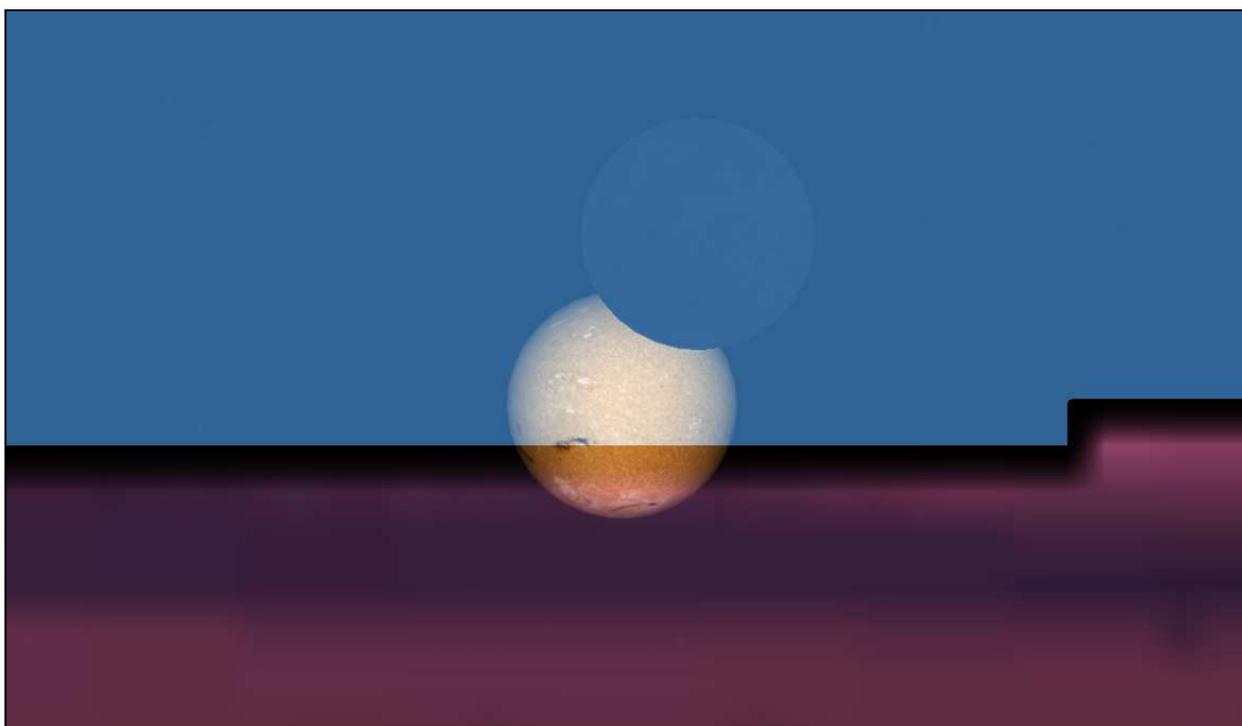
Sopra: Percorso iniziale della totalità dell'eclisse del 14 agosto 212. Nella pagina seguente: Particolare del percorso dell'ombra sul Mediterraneo durante l'eclisse. Da Cartagine, nei pressi dell'odierna Tunisi, fu possibile osservarla solo come parziale, seppure con una buona copertura del disco solare, non molto lontana dalla totalità. (Google Map di Fred Espenak, www.EclipseWise.com)



È lo stesso Tertulliano a corroborare questa scelta, dal momento che nella sua lettera afferma che *“il Sole, con la sua luce quasi spenta, nel distretto di Utica, era davvero portentoso.”* Il fatto che la sua luce fosse *“quasi spenta”* depone a favore di una eclisse solare molto vicina alla totalità, come quella del 14 agosto 212. Le due immagini nella pagina seguente mostrano come si presentava il disco solare al suo sorgere all’orizzonte locale e alla massima copertura da parte della Luna.



Sopra: Fase di parzialità durante l’eclisse totale di Sole del 11 agosto 1999 in Austria (foto di G. Veneziano). Da sempre l’oscurarsi del Sole durante un’eclissi ha generato stupore e timore negli uomini.



Sopra: Sorgere del Sole da Utica la mattina del 14 agosto 212. Il disco solare è già parzialmente eclissato dalla Luna. Sotto: Ecco come si presentava il Sole alla sua massima copertura (elaborazione di G, Veneziano con *Starry Night Pro Plus 6.0.3*)



PARTE III (di Mario Codebò)

3.1 ASTRONOMIA NEGLI ORACOLI SIBILLINI

Negli Oracoli Sibillini (Monaca 2008) – eterogeneo testo di epoca romana imperiale, di cultura giudaica e cristiana, ma con presumibili apporti di più antiche tradizioni aruspicine pagane, forse derivate dai perduti Libri Sibillini di matrice etrusca, a noi giunto in quattordici libri ed otto frammenti – vi sono quattordici citazioni astronomiche (traduzione tratta da Monaca 2008):

libro I, vv. 217-219;
libro III, vv. 54 e 65; 221 e 228;
libro IV, v. 57;
libro V, vv. 217-219; 300; 510-532;
libro VII, vv. 24-28; 125;
libro VIII, vv. 148-151; 191-194; 204-205; 337-342; 477;
libro XIV, vv. 269-273.

Libro I, vv. 217 – 219:

*“Raccolse le nubi e nascose il disco dallo splendore di fuoco,
insieme con le stelle, la luna a la volta celeste,
oscurando tutto; produsse un enorme fragore, orrore per i mortali ...”*

Libro III, vv. 53 – 54:

*“Tutti gli uomini moriranno nelle loro case,
quando dal cielo pioverà una cateratta di fuoco ...”*

Libro III, vv. 63 – 65:

*“Poi dal popolo di Sebaste verrà Beliar
E solleverà la cima dei monti, alzerà il mare,
il gran sole ardente e la splendida luna ...”*

Libro III, vv. 221 – 229:

*“Infatti nè il corso circolare della sole e della luna,
né i grandi prodigi sulla terra li preoccupano,
né la profondità dell’azzurro mare oceano,
né l’interpretazione degli starnutio gli auspici dagli uccelli degli àuguri,
né gl’indovini, i maghi o gl’incantatori,
né gl’inganni celati nelle parole fatue dei ventriloqui;*

non praticano la divinazione astrologica alla maniera dei Caldei né si dedicano all'astronomia; considerano infatti errore tutto ciò che gli uomini insensati inseguono ogni giorno ...".

Libro IV, v. 57:

"... gli astri e le orbite della luna scompariranno dal cielo ..."

Libro VII, vv. 24 – 28:

*"Lo stesso Creatore, il gran Dio, gli astri moltiplicherà,
l'asse nel centro dell'etere fisserà,
Ed erigerà, qual motivo di grande timore per gli uomini, visibile per la sua altezza,
una colonna di fuoco, immensa, le cui scintille
annienteranno le generazioni degli uomini, colpevoli di perniciosa rovina."*

Libro VII, vv. 124 – 125:

*"Sentendosi bruciare, allora, sventurati, rivolgeranno i loro occhi
al cielo, che non risplenderà più per le stelle, ma per il fuoco ..."*

Libro VIII, vv. 190 – 194:

*"Le stelle cadranno tutte a picco sul mare
E sorgeranno molte stelle nuove e una cometa raggiante,
che gli uomini chiameranno la stella, segno della calamità
che si avvicina, della guerra e della contesa "*

Libro VIII, vv. 203 – 204:

*"Il sole, percorrendo il suo arido cammino, brillerà anche di notte,
e le stelle abbandoneranno il cielo;"*

Libro VIII, vv. 337 – 342:

*"Allora, con il tempo, si decomporranno tutti gli elementi del mondo:
l'aria, la terra, il mare e la luce del fuoco ardente,
la volta celeste, la notte e i giorni tutti
si confonderanno in un solo elemento e in un a forma del tutto oscura;
poi tutte le stelle lucenti cadranno dal cielo. "*

Libro VIII, v. 476:

"Dai magi fu venerata una stella, profetica, dal nuovo splendore, ..."

Libro XIV, vv. 269 – 272:

*"Tutti gli astri cadono nel mare di fronte,
molti astri, uno dopo l'altro, e una cometa dotata di raggi
gli uomini la chiameranno "la stella" e sarà il segno
dei molti mali che si avvicinano, della guerra e della discordia ... "*

Si tratta per lo più di citazioni “apocalittiche” senza alcuna base astronomica e volte fondamentalmente a “spaventare” i lettori, a fare loro percepire il radicale sconvolgimento cosmico di una sorta di giudizio finale e la potenza del dio. In qualcuna di esse “sembra” potersi scorgere riferimenti a reali fenomeni di meccanica celeste:

- 1) nel Libro VII, il verso 25 “... *l'asse nel centro dell'etere fisserà ...*” potrebbe intendersi come un riferimento concreto all'asse terrestre. Per contro, i versi seguenti sembrano rimandare più alla colonna di nube e fuoco di Esodo 13, 21-22 che a riferimenti astronomici;
- 2) Il verso 476 del Libro VIII “*Dai magi fu venerata una stella, profetica, dal nuovo splendore, ...*” è un chiaro riferimento alla Stella di Betlemme, citata in Matteo 2 e da noi ampiamente studiata (Bianchi e Codebò 2005; Bianchi, Codebò, Veneziano 2005; Bianchi, Codebò, Veneziano 2008; Bianchi, Codebò, Veneziano 2009; Bianchi, Codebò, Veneziano 2010; Codebò 2012; Codebò 2014; Codebò 2017; Codebò 2019; Codebò 2020; Codebò inedito).

Degna di nota è l'ambiguità con la quale sono trattate le stelle comete: positivamente nel libro VIII, v. 476 e negativamente nel Libro XIV, vv. 269-272. È già stato discusso altrove come questa “negatività” di comete, pianeti e novae sia da riferire al fatto che esse alterano il ritmo regolare del cielo “voluto da Dio” (Codebò, *De Santis* 2021).

Due citazioni però, ad un più attento esame, mostrano qualche possibile riferimento ad eventi astronomici reali e, presumibilmente, ad una certa conoscenza dell'astronomia da parte del/dei compilatore/i (che qui di seguito citeremo al singolare, astraendoci dalla complessa questione di chi fosse o fossero e rimandando per questo argomento all'Introduzione di Monaca 2008, traduzione assunta come base per le nostre indagini astronomiche):

libro V, vv. 510-532
libro VIII, vv. 148-151.

In realtà quest'ultima citazione non ha, a prima vista, carattere astronomico; ma, come vedremo nel prosieguo, il suo significato potrebbe essere il più importante di tutta la raccolta oracolare.

3.2 LA “BATTAGLIA DELLO ZODIACO”

Nel libro V, ai vv. 510-532, è descritto, con dovizia di dettagli, un complesso insieme di eventi astronomici coinvolgenti le costellazioni dello Zodiaco, Orione, il Cane (verosimilmente il Maggiore, non il Minore), le Pleiadi, il Serpente (Ophiuchus?

Hydra?), il Sole, la Luna, Saturno e “Lucifero” cioè Venere. Ecco il testo nella traduzione di Monaca 2008:

*“La minaccia del sole lucente apparve tra gli astri
e la terribile collera della Luna tra i lampi;
le stelle sostennero la battaglia, poiché Dio comandò loro di combattere.
Davanti al Sole alte fiamme si affrontavano,
il disco della Luna, dalle doppie corna, si trasformò.
Lucifero incitò alla battaglia, seduto sulla groppa del Leone;
il Capricorno colpì il tendine del giovane Toro
e il Toro lasciò il Capricorno privo del giorno del ritorno.*

520

*Orione rimosse la Bilancia, perché non esistesse più;
la Vergine posta nell’Ariete cambiò la sua sorte con i Gemelli;
le Pleiadi non brillarono più e il Serpente rigettò la sua cintura;
i Pesci s’introdussero nel cerchio del Leone;
il Cancro non rimase nel suo luogo, ché ebbe paura di Orione;
lo Scorpione batté la coda sul selvaggio Leone;
il Cane si oscurò con la fiamma del Sole;
la forza del poderoso Saturno arse l’Acquario.
Lo stesso Cielo si mise in movimento finché scosse i contendenti
e irritato li gettò sulla terra.*

530

*Allora, presto, combattendo sulle correnti dell’oceano,
diedero fuoco a tutta la terra; e il cielo restò senza stelle”.*

Data la posizione degli astri e delle costellazioni citate, solo i tre eventi qui di seguito discussi potrebbero corrispondere a fenomeni astronomici reali:

- 1) *“Lucifero ... seduto sulla groppa del Leone”* sembra riecheggiare le congiunzioni tra Venere (= Lucifero) e Regolo (α Leonis) che giace, tutt’oggi come duemila anni fa, quasi sul piano dell’eclittica, a distanza di circa mezzo grado da essa (J2000.0: $\lambda 149^{\circ}49'44,27''$; $\beta +0^{\circ}27'53,23''$; $\alpha 10:08:22,195;$; $\delta +11^{\circ}57'59,27''$). Col programma *Solex 12.1*¹²⁰ abbiamo studiato le congiunzioni tra Venere e Regolo tra l’anno 1 e l’anno 500 d.C. (ponendo il Δt in automatico), riscontrando frequenti congiunzioni, più o meno “strette”. Il 3 settembre 196 d.C., alle ore 21:54:27: UTC

¹²⁰ <http://www.Solexorb.it/>

i due corpi celesti raggiunsero una distanza angolare di soli 0,03" in longitudine eclittica e di 02'37" in latitudine eclittica, apparendo praticamente sovrapposti (Regolo $\lambda 124^{\circ}50'43,19''$; $\beta +0^{\circ}23'23,58''$. Venere/Vespero $\lambda 124^{\circ}50'43,17''$; $\beta +0^{\circ}20'46,07''$). Come stella del mattino Venere/Lucifero si congiunse con Regolo a soli 18,95" di separazione angolare il giorno 3 settembre 212, UTC 03:11:59: (Regolo $\lambda 125^{\circ}04'02,35''$; $\beta +0^{\circ}23'26,55''$. Venere $\lambda 125^{\circ}04'02,34''$; $\beta +0^{\circ}23'45,50''$). Il 16 giugno 314¹²¹ Venere occultò Regolo¹²². Nelle tabelle 1 e 2 sono date, dalle latitudini di Roma e di Alessandria, le coordinate eclitticali, equatoriali ed altazimutali del fenomeno all'inizio, al momento centrale ed alla fine.

Tab. n. 1: Occultazione di Regolo da parte di Venere da Alessandria N31,2°; E29,9°; Q.m. 11, il 16/06/314.

Orario	Regolo	Venere
17:12: UTC	$\lambda 126^{\circ}28'41''$; $\beta 0^{\circ}23'45''$ $\alpha 8h36m04s$; $\delta 19^{\circ}12'24''$; $A 274^{\circ}20'05''$; $h 31^{\circ}56'56''$;	$\lambda 126^{\circ}28'29''$; $\beta 0^{\circ}24'00''$; $\alpha 8h36m03s$; $\delta 19^{\circ}12'42''$; $A 274^{\circ}20'28''$; $h 31^{\circ}56'57''$;
17:20:30: UTC	$\lambda 126^{\circ}28'41''$; $\beta 0^{\circ}23'45''$; $\alpha 8h36m04s$; $\delta 19^{\circ}12'24''$ $A 275^{\circ}13'03''$; $h 30^{\circ}21'53''$;	$\lambda 126^{\circ}28'41''$; $\beta 0^{\circ}23'58''$; $\alpha 8h36m04s$; $\delta 19^{\circ}12'37''$; $A 275^{\circ}13'14''$; $h 30^{\circ}22'01''$;
17:29: UTC	$\lambda 126^{\circ}28'41''$; $\beta 0^{\circ}23'55''$; $\alpha 8h36m05s$; $\delta 19^{\circ}12'24''$; $A 276^{\circ}20'46''$; $h 28^{\circ}19'11''$;	$\lambda 126^{\circ}28'57''$; $\beta 0^{\circ}23'55''$; $\alpha 8h36m05s$; $\delta 19^{\circ}12'30''$; $A 276^{\circ}20'43''$; $h 28^{\circ}19'29''$;

¹²¹ Si noti come l'occultazione sia avvenuta poco più di un anno dopo l'Editto di Costantino e Licinio del febbraio 313. È possibile che l'anonimo autore – o piuttosto il successivo interpolatore – del libro V degli *Oracoli Sibillini* abbia citato questa occultazione ("...Lucifero incitò la battaglia, seduto sulla groppa del Leone...") proprio in funzione della storica data che segnò la fine delle persecuzioni dei cristiani, a significare, con la *Battaglia dello Zodiaco*, la fine del pantheon degli *dèi uranii* del paganesimo.

¹²² Lo splendore di Venere ed il suo diametro apparente di 33,3" fu tale da nascondere completamente la vista di Regolo, specialmente da Alessandria.

Tab. N. 2: Congiunzione Regolo – Venere da Roma N41°54'; E12°30' il 16/06/314.

Orario	Regolo	Venere
17:10: UTC	λ 126°28'42"; β 0°23'45"; α 8h36m04s; δ 19°12'24"; A 253°47'12" h 45°15'18";	λ 126°28'31"; β 0°24'01"; α 8h36m03s; δ 19°12'42"; A 253°47'37"; h 45°15'24";
17:18: UTC	λ 126°28'41"; β 0°23'45"; α 8h36m04"; δ 19°12'24"; A 255°35'38"; h 43°50'14";	λ 126°28'43"; β 0°23'58"; α 8h36m04s; δ 19°12'36"; A 255°35'46"; h 43°50'26";
17:26: UTC	λ 126°28'41"; β 0°23'45"; α 8h36m04s; δ 19°12'24"; A 257°15'41"; h 42°23'11";	λ 126°28'56"; β 0°23'55"; α 8h36m05s; δ 19°12'30"; A 257°15'32" h 42°23'27";

2) “... e il Toro lasciò il Capricorno privo del giorno del ritorno” sembra riecheggiare il seguente verso del libro XV dell’Odissea¹²³:

*“Cert’isola, se mai parlar ne udisti,
Giace a Delo di sopra, e Siria è detta,
Dove segnati del corrente Sole
I ritorni si veggono ...”*
(traduzione di Ippolito Pindemonte).

in cui Omero parla di τροπαὶ ἡελίου, termine interpretato dagli archeoastronomi quale *eliotropio*, ovvero luogo e struttura in cui si osservavano le inversioni del moto (o “ritorni”) che il Sole fa sull’orizzonte ai solstizi.

Secondo l’interpretazione di Giuliano Romano (*Romano 1992*, pp. 182 – 183) sull’isola Siria ci sarebbe stato un “eliotropio”, cioè uno strumento in grado di misurare l’inversione del moto del Sole sul piano dell’orizzonte dopo ciascun solstizio sia all’alba

¹²³ Gli stessi versi del libro XV hanno numerazione differente, a causa della diversità di traduzione, in edizioni dell’*Odissea* curate da altri autori: *Pindemonte I. 1989*, vv. 500 – 503; *Romagnoli E. 1960*, vv. 398 – 400 “Tu forse udito avrai parlare dell’isola Siria/posta al di sopra di Ortigia, dove il Sole compie il suo corso”; *Calzecchi Onesti R. 2006*, vv. 403 – 404: “... Siria chiamano un’isola, se mai tu l’udivi,/sotto Ortigia, dov’è il calar del Sole”; *di Benedetto V. 2014*, vv. 403 – 404: “C’è un’isola chiamata Siria, se mai ne hai sentito parlare,/al di là di Ortigia, dove c’è l’inversione del Sole”.

che al tramonto. Il termine deriva dal latino *solis stazio* = arresto del Sole: l'astro diurno, giunto alla sua massima declinazione¹²⁴ estiva + 23°26'21,448" J2000.0¹²⁵, alla sua massima altezza meridiana ed al suo azimut ortivo ed occaso più settentrionale, comincia a diminuirli, provocando l'accorciamento delle ore di luce. Quando invece giunge alla sua minima declinazione invernale -23°26'21,448" J2000.0, alla sua minima altezza meridiana ed al suo azimut ortivo ed occaso più meridionale, comincia ad aumentarli, provocando l'allungamento delle ore di luce. Il fenomeno si ripete ogni anno, rispettivamente al solstizio d'estate ed al solstizio d'inverno.

Un secondo "eliotropio" sembra essere identificabile sulla collina Pnice ad Atene. Nella loro relazione stilata nel 1932 per il Servizio Archeologico Greco, Konstantinos Kourouniotis e Homer Thompson citano un passo degli *Scolii agli Uccelli di Aristofane* in cui l'autore Filocoro afferma che "... durante l'arcontato di Apseude, che aveva preceduto quello di Pitodoro, [Metone] collocò un heliotropion nel luogo in cui si svolgono tutt'ora le assemblee, presso il muro della Pnice" (Jones 2019, pp. 95 – 103).

Non si sa quale forma avesse lo strumento (se mai fu tale): l'accostamento dei due vocaboli greci indica infatti anche il fenomeno astronomico dei solstizi (*Esiodo* 1991, vv. 479 e 564). Con traduzione strettamente letterale, τροπαὶ ἡελίου, ἡελίου τροπῆ e τροπὰς ἡελίου significano tutti "rivolgimento, ritorno del Sole", da τροπή¹²⁶ = rivolgimento, ritorno (a sua volta dal verbo τρέπω = volgo, rivolgo, torco, dirigo) ed

¹²⁴ La declinazione del Sole varia di circa 2° in un ciclo di circa 41000 anni per effetto della attrazione gravitazionale che i pianeti esercitano sull'asse terrestre: la cosiddetta "precessione planetaria" (*Romano* 1992, pp. 151-152; *Smart* 1977, pp. 235-238; *Zagar* 1984, pp. 153-165). Questa oscillazione dell'obliquità dell'asse terrestre, e quindi dell'eclittica (per una completa descrizione dei moti dell'eclittica si vedano *Cecchini* 1969, pp. 161-188; 229-239; e *Meeus* 2009, pp. 207-215), è contenuta entro 2° per l'azione stabilizzante esercitata dalla Luna, senza la quale potrebbe essere molto maggiore. Per esempio, nel caso di Marte, che ha solo due satelliti di massa quasi insignificante rispetto al pianeta, l'oscillazione dell'asse è molto maggiore, potendo raggiungere addirittura i 60° (*Corradini* 2015, pp. 87 – 97; *Ferreri* 2018, p. 18; *Guaita* 2005, p. 190; *Guaita* 2009, p. 72) e la si ritiene una delle cause della perdita di acqua ed ossigeno e delle condizioni geo-climatiche attuali. La variazione dell'obliquità dell'asse terrestre si calcola, con buona approssimazione, per mezzo della formula di Laskar (*Meeus* 2005, pp. 147 – 148; *Meeus* 2007, pp. 235 – 236; *Meeus* 2014, pp. 55 – 56).

¹²⁵ J2000.0 significa che il valore della declinazione è quello misurato alla data giuliana (usata nel sistema FK5 e diversa dalla data besseliana, indicata con B ed usata nel sistema FK4) di riferimento 1 gennaio 2000 ore 12:00:00: TDT (tempo dinamico terrestre, ossia tempo medio di Greenwich). La data J2000.0 corrisponde al giorno giuliano 2451545.0 (*Meeus* 2005, p.133).

¹²⁶ Da cui l'italiano "tropico". I tropici (abituamente detti del Cancro e del Capricorno, benchè ormai i due solstizi si siano spostati nelle contigue costellazioni dei Gemelli e del Sagittario per effetto della precessione degli equinozi) sono i due paralleli aventi latitudine nord e sud uguale alla declinazione massima e minima del Sole $\pm 23^{\circ}26'21,448''$ J2000.0. Essi sono:

- 1) partendo dai poli, la prima latitudine in cui il Sole raggiunge lo zenit (che non raggiunge mai alle latitudini tra i poli ed i tropici);
- 2) partendo dall'equatore, l'ultima latitudine in cui il Sole raggiunge lo zenit (che raggiunge invece ripetutamente tra l'equatore ed i tropici).

La zona compresa tra i due tropici è detta climaticamente "torrida", perché i raggi solari vi cadono a perpendicolo (*Flora* 1987, p. 105; *Grillo* 1942, p. 77; *La Leta* 1895, p. 139)

ἥλιος = Sole, che nel greco seriore di Omero ed Esiodo si scriveva ἥλιος¹²⁷ In ultima analisi, quindi, il termine può indicare tanto il fenomeno quanto lo strumento. Le due cose di cui però siamo certi è che il fenomeno era ben noto (e del resto è anche facilmente visibile ad occhio nudo, a differenza degli equinozi) e che veniva in qualche modo osservato per stabilire due date dell'anno. Possiamo quindi concludere che l'autore del v. 519 usa un vocabolo professionale e tecnico.

Sembra invece estremamente difficile correlare questo verso degli Oracoli Sibillini con l'uscita del solstizio invernale dalla costellazione del Capricorno avvenuta alle soglie del I millennio d.C. e con l'ingresso del solstizio d'estate nel Toro avvenuto alle soglie del III millennio d.C.¹²⁸.

Un terzo elemento da non sottovalutare è la citazione dello Zodiaco non con le dodici costellazioni note al mondo greco ma con parte delle diciassette / diciotto costellazioni (più il Cane, il Serpente ed il pianeta Saturno) citate nel MUL.APIN, II, iv, 31 – 39 (Hunger e Pingree 1989, pp. 68 – 69) nel percorso mensile della Luna, attraversato anche dal Sole e dai cinque pianeti visibili ad occhio nudo: le Stelle (= le Pleiadi); il Toro Celeste; il Vero Pastore di Anu (= Orione); il Vecchio (= Perseo); il Bastone Pastorale (= Auriga); i Grandi Gemelli (= Castore e Polluce); il Granchio (= Cancro); il Leone; il Solco (= Spica = α Virginis); la Bilancia e parte della Vergine; lo Scorpione; il Sagittario; il Pesce – Capra (= Capricorno); il Grande (=Acquario); le Code [del]la Rondine (= il Pesce occidentale?); Anunitu (= il Pesce Orientale); il Bracciante (= Ariete).

- 3) Le altre “catastrofi” astronomiche descritte nella *battaglia dello Zodiaco* sono astronomicamente impossibili; da ritenersi quindi, ancora una volta, immagini puramente “apocalittiche” di sconvolgimenti cosmici.

3.3 LA PROFETIZZATA FINE DI ROMA NEL 948 AB URBE CÒNDITA

I versi 148 – 150 del libro VIII, datato tra l'età di Marco Aurelio ed il III secolo d.C. (Monaca 2008, p. 30), forniscono una data profetica sulla fine di Roma:

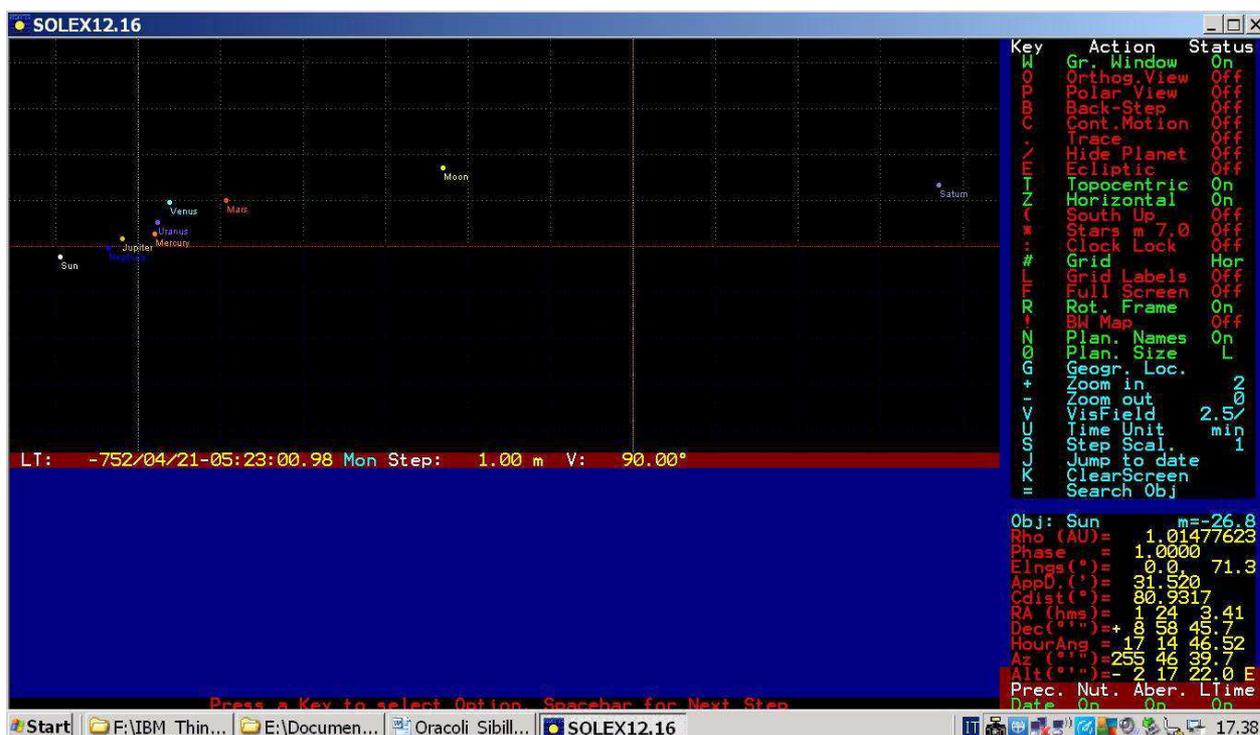
*“E tre volte trecento e quaranta e otto
anni compirai quando su di te cadrà
la violenta sorte del tuo avverso destino,
che darà pienezza al tuo nome”.*

¹²⁷ Sono interessanti anche le lezioni dorica e ionica ἀέλιος, dalle quali deriva evidentemente la lezione latina “aelius”.

¹²⁸ Non è mai possibile che lo stesso solstizio esca dal Capricorno per entrare in Toro, dato che le due costellazioni non sono contigue, ma distano tra loro circa 87°. Sono possibili solo le seguenti combinazioni: uscita di un solstizio ed ingresso dell'altro solstizio; uscita di un equinozio ed ingresso di un solstizio; uscita di un solstizio ed ingresso di un equinozio.

L'anonimo autore gioca sul significato numerico di Ρώμη, nome greco di Roma: $\rho = 100 + \omega = 800 + \mu = 40 + \eta = 8$, che in totale si legge 948. In altre parole la fine di Roma è profetizzata avvenire novecentoquarantotto anni dopo la sua fondazione. Non entreremo nella complessa discussione del *dies natalis urbis Romae* e ci atterremo alla tradizione classica, secondo la quale Marco Terenzio Varrone (116 – 27 a.C.) fissò tale data al 21 aprile 753 a.C. su suggerimento dell'astrologo Lucio Tarunzio Firmano, detto anche Taruzio di Fermo, che, secondo Plutarco, Plinio e Cicerone, aveva fatto, allo scopo, un "oroscopo di Romolo". Quindi: $948 - 753 \text{ a.C.} = 195 \text{ d.C.}$

L'architetto ed archeologo Piero Meogrossi aveva già pubblicato (Meogrossi 2019, pp. 164 – 179) la notizia che, poco prima della levata del Sole all'alba del 21 aprile 753 a.C., erano raggruppati sopra l'orizzonte tutti i pianeti visibili ad occhio nudo: Giove, Mercurio, Venere, Marte, Luna; più lontano Saturno (come si vede dall'immagine sottostante erano presenti anche Nettuno ed Urano, ovviamente invisibili ad occhio nudo).



Il raggruppamento dei pianeti alle ore locali 05:23, poco prima dell'alba del 21 aprile 753 a.C., visibile dal colle del Palatino (N41°53'21"; E12°29'15"; Q.m. 48,2). Il Sole è a 2° sotto l'orizzonte. (Schermata da *Solex 12.1*).

Dalle nostre indagini è risultato che all'alba del 21 aprile 195 d.C., ore locali 05:13, si manifestò quasi lo stesso raggruppamento di pianeti: quando il Sole era ancora 2° sotto l'orizzonte, sopra di esso si allineavano in sequenza Mercurio, Venere, Giove, la Luna e Saturno; mancava solo Marte ed era presente, ovviamente invisibile ad occhio nudo, anche Nettuno (*immagine pagina seguente*).



Il raggruppamento dei pianeti alle ore locali 05:13 poco prima dell'alba del 21 aprile 195 d.C. visibile dal Palatino (N41°53'21"; E12°29'15"; Q.m. 48,2). Il Sole è a 2° sotto l'orizzonte (Schermata da *Solex 12.1*).

Sono possibili quindi due ipotesi interpretative sui vv. 148 – 150 del libro VIII:

- 1) l'anonimo autore giocò soltanto sul significato numerico del nome di Πώμη;
- 2) egli era al corrente del fenomeno astronomico avvenuto, in forma quasi identica, il 21 aprile sia del 753 a.C. che del 195 d.C. Questa seconda possibilità richiede che il *dies natalis urbis Romae* fosse stato suggerito effettivamente su base astronomica: possibilità non remota, essendo Taruzio un astrologo ed essendo i *Libri Sibillini* – nei quali poteva essere menzionato il raggruppamento astronomico del 21 aprile 753 a.C. – andati distrutti in un incendio nell'83 a.C., ancora viventi sia Varrone che Taruzio.

3.4 CONCLUSIONI DELLA PARTE III

Non vi sono negli *Oracula Sibyllina* elementi astronomici che consentano riferimenti a fatti precisi, realmente accaduti, e quindi datanti. Si nota però una differenza tra l'autore del libro V, che sembra dotato di buone conoscenze tecnico-teoriche, e il/gli autore/i dei restanti libri, che non usano nulla più che i classici τόποι astronomici dell'apocalittica del tempo. Questa apocalittica appare, nel giudaismo del secondo tempio e nel cristianesimo patristico, caratterizzata dal catastrofismo. Il clima

era quello dell'attesa di un ritorno imminente del Giorno del Giudizio, che il giovane S. Paolo attendeva ancora durante la sua vita terrena (1 Corinti 15, 51-53; 1 Tessalonicesi 4, 13-18) e che, secondo il monaco Valerio del Bierzo, la pellegrina Egeria riteneva prossima alla fine del IV secolo (*Egeria 2017³*, p. 101)¹²⁹. A quanto pare, questi aspetti catastrofici del messianismo si stemperarono col passare del tempo, trasformandosi prima nella "rinascita dell'anno 1000" documentata da Rodolfo il Glabro nelle sue *Historiarum libri quinque* (Rodolfo il Glabro 1989) e poi nell'attesa di Giacchino da Fiore dell'arrivo dell'Età dello Spirito Santo.

Quanto agli aspetti astronomici della fondazione e della profetizzata fine di Roma, ben consapevoli delle difficoltà insite in datazioni "leggendarie" e nella complessa questione del *dies natalis urbis Romae*, riteniamo tuttavia opportuno ed utile non tacere la coincidenza di questi eventi astronomici indiscutibilmente accaduti.

Ringraziamenti della parte III

Un sentito ringraziamento all'architetto ed archeologo Piero Meogrossi e all'astronomo Walter Ferreri per le informazioni e la documentazione fornita.

¹²⁹ S. Valerio del Bierzo, monaco iberico del VII secolo, scrisse intorno al 680 una *Lettera scritta in lode della beatissima Egeria indirizzata da Valerio ai monaci del Bierzo*. In questa lettera, contenuta in appendice all'edizione del Diario di Viaggio di Egeria da noi usato (*Egeria 2017³*, pp. 99-103), al par. 2 Valerio scrive testualmente: "...questa [Egeria], che attendeva l'arrivo del Signore dopo la fine del mondo e la credeva vicina...>. Egeria era originaria della Galizia come Valerio, anche se era vissuta circa tre secoli prima di lui. Avendo effettuato in Terra Santa un pellegrinaggio economicamente costoso e fisicamente impegnativo anche per un uomo ed avendone scritto un diario, doveva essere considerata una figura di spicco nelle comunità cristiane galiziane. Si noti che il Diario, scoperto "...ad Arezzo nel 1884 dal giurista Francesco Gamurri in un codice di pergamena risalente al secolo XI..." (*Egeria 2017³*, p. 14) e la lettera di Valerio sono le uniche due fonti che ci attestano il pellegrinaggio. Il Diario è mutilo e, posto a confronto con la lettera di Valerio, presenta delle lacune e delle incongruenze, delle quali non è questo il luogo per discutere e che possono essere lette dagli interessati sul sito www.altriochi.com/H-ita/pi3/egeria/lettera_valerio.html. Ciò che qui importa è il fatto che Valerio del Bierzo deve avere avuto accesso ad un testo del diario più completo di quello a noi pervenuto e che ci testimonia come tra la fine del IV e la fine del VII secolo la venuta del Cristo giudice – sia che fosse palesemente scritta nel Diario di Egeria sia che fosse ad esso attribuita da Valerio nella sua lettera – era ancora ritenuta prossima.

Bibliografia

AA.VV., 1991, *Perspicacia nello studio delle Scritture*, Congregazione Cristiana dei Testimoni di Geova, Watch Tower, Roma.

BIANCHI E. – CODEBÒ M., 2005, [Considerazioni astronomiche sulle aspettative messianiche giudaico-cristiane](#). In: Atti dell'VIII Seminario A.L.S.S.A. di Archeoastronomia, Genova 22-23 aprile 2005, pp. 82-94.

BIANCHI E. – CODEBÒ M. - VENEZIANO G., 2005, [Ipotesi astronomica sulla stella di Betlemme e sulle aspettative escatologiche coeve nel mondo mediterraneo](#). In: Atti del V Congresso Nazionale della Società Italiana di Archeoastronomia, Osservatorio Astronomico di Brera - Milano, 2005, pp. 9-28.

BIANCHI E. – CODEBÒ M. - VENEZIANO G., 2008, [Dalla stella di Betlemme alla creazione del mondo](#). In: Atti del IX Seminario A.L.S.S.A. di Archeoastronomia, Genova 31 marzo 2007, pp. 72-82.

BIANCHI E. – CODEBÒ M. - VENEZIANO G., 2009, [Tempo della creazione e ciclo precessionale nella Bibbia](#). In: Atti del X seminario A.L.S.S.A. di Archeoastronomia, Genova 12 aprile 2008, pp. 76-87.

BIANCHI E. – CODEBÒ M. - VENEZIANO G., 2010, [Tempo della creazione e ciclo precessionale nella Bibbia](#). In: Il cielo e l'uomo: problemi e metodi di astronomia culturale, Atti del VII Congresso Nazionale della Società Italiana di Archeoastronomia, ed. Società Italiana di Archeoastronomia, Roma, 2010, pp. 119-131, ISBN 978-88-904402-0-5.

BIRLEY A.R., 1992, *Persecutions and Martyrs in Tertullian's Africa*, in University of London Institut of Archaeology Bulletin, 29, 1992, di K. Sallmann, J. Doignon (a cura di), *Die Lieteratur des Umbruchs: von der römischen zur chrislichen Literatur, 117 bis 284 n. Chr.*, C.H. Beck editore, München 1997, p.451.

CALZECCHI ONESTI R., (a cura di), 1989, *Odissea*, Einaudi, Torino.

CECCHINI G., 1969, *Il Cielo*, UTET, Torino.

CODEBÒ M., 2012, [La precessione degli equinozi prima d'Ipparco: dalla Stella di Betlemme alla creazione del mondo](#). In: Atti del I Convegno Nazionale di Archeoastronomia in Sardegna, "Cronache di Archeologia", vol. 9, Sassari, 2012, pp. 47-83, ISBN 978-88-89502-48-8.

CODEBÒ M., 2014, [The knowledge of the Aequinoctial precession before Hypparcus](#). In: Cielo e Terra: fisica e astronomia, un antico legame. Saggi di storia della fisica e dell'astronomia e dell'archeoastronomia. Aracne Editrice, Ariccia (RM), giugno 2014, pp. 323-339, ISBN 978-88-548-7206-6

CODEBÒ M., 2017, [La triplice congiunzione Giove-Saturno del 12895 a.C.](#) In: Atti del XIX Seminario A.L.S.S.A. di Archeoastronomia, Genova 01-02 aprile 2017, pp. 171-179. ISBN 978-88-942451-1-0.

- CODEBÒ M., 2019, [*Agiografia di Matteo 2 e prevedibilità della Stella di Betlemme*](#). In: Atti del XXI Seminario A.L.S.S.A. di Archeoastronomia, Genova 30-31 marzo 2019, Edizioni ALSSA, ISBN 978-88-942451-3-4.
- CODEBÒ M., 2020, [*30000 anni di Stelle di Betlemme*](#), In: atti del XXII Seminario ALSSA, Genova.
- CODEBÒ M., (inedito). [*La Stella di Betlemme: un'ipotesi astronomica*](#). Articolo richiesto da una rivista confessionale e poi rifiutato nel 2019.
- CODEBÒ M. – DE SANTIS H., (corso stampa). [*Orientamenti al polo nord celeste nel III millennio a.C. in Egitto, Turkmenistan e Valle dell'Indo*](#). Articolo presentato al IV Convegno Internazionale di Archeoastronomia in Sardegna *La misura del tempo*, tenutosi presso l'Università degli Studi di Sassari il 19 dicembre 2014 ed in corso di stampa su "Cronache di Archeologia in Sardegna", Sassari, TAS.
- CODEBÒ M. – DE SANTIS H., (2021). [*Sulla Coppa Foroughi e sui sette pianeti nel mondo antico*](#). in: Atti del XVIII Convegno della Società Italiana di Archeoastronomia, tenutosi a Genova dal 22 al 24 ottobre 2018.
- CODEBÒ M. – FOURLIS A., 2019, [*Sirius was already white*](#). In: Atti del XVI Convegno della Società Italiana di Archeoastronomia "*Quis dubitet hominem coniungere caelo?*", a cura di E. Antonello, ed. La Città del Sole, Napoli, ISBN 978-88-8292-504-8.
- CORRADINI M., 2015, *Marte, l'ultima frontiera*, Il Mulino, Bologna.
- DE BENEDETTO V., 2010, *Odissea*, BUR, Rizzoli, Milano.
- DOUGLAS A.K. – LEVINE A.J., 2011, *The Meaning of the Bible: What the Jewish Scriptures and Christian Old Testament Can Teach Us*, HarperOne, p. 142, New York.
- EGERIA, 2017³, *Diario di viaggio*, Edizioni Paoline, Milano.
- ESIODO, 1991, *Le opere e i giorni. Lo scudo di Eracle*, Rizzoli – BUR, Milano.
- FERRERI W., 2018, *Marte*, stampato in proprio, distribuzione Hoepli.
- FLORA F., 1987, *Astronomia Nautica*, Hoepli, Milano.
- GRILLO A., 1942, *Astronomia Nautica*, R. Accademia Navale, Livorno.
- GUAITA C., 2005, *Alla ricerca della vita nel sistema solare*, Sirio editore, Milano.
- GUAITA C., 2009, *I pianeti e la vita. Ultime scoperte*, Gruppo B Editore, Milano.
- HUNGER H. – PINGREE D., 1989, *MUL.APIN An Astronomical Compendium in Cuneiform*, Archiv für Orientforschung, 24, Verlag F. Berger & Söhne Gesellschaft M.B.H., A – 3580 Horn, Austria.
- JONES A., 2019, *La macchina del cosmo. La meraviglia scientifica del del meccanismo di Anticitera*, Hoepli, Milano.

KIT, 1969, *The Kingdom Interlinear Translation of the Greek Scriptures*, Watch Tower Bible & Tract Society of Pennsylvania, International Bible Students Association, New York.

KOTANSKY R. – SPIER J., 1995, *The 'Horned Hunter' on a Lost Gnostic Gem*, *The Harvard Theological Review*, vol. 88, n. 3 (July 1995).

LA LETA M., 1895, *Cosmografia*, Hoepli, Milano.

MAGLI G., 2005, *Misteri e scoperte dell'archeoastronomia*, Newton Compton, Roma.

MEEUS J., 2002, *Mathematical astronomy morsels II* (or: *More mathematical astronomy morsels*), Willmann – Bell Inc., Richmond, Virginia, USA.

MEEUS J., 2005, *Astronomical Algorithms*, Willmann – Bell Inc., Richmond, Virginia, USA.

MEEUS J., 2007, *Mathematical astronomy morsels IV*, Willmann – Bell Inc., Richmond, Virginia, USA.

MEEUS J., 2009, *Mathematical astronomy morsels V*, Willmann – Bell Inc., Richmond, Virginia, USA.

MEEUS J., 2014, *Calculs astronomiques à l'usage des amateurs*, Société Astronomique de France, Paris, France.

MEOGROSSI P., 2019, *I sentieri per il disegno di Roma*, XY Digitale, 8.

MONACA M., 2008, *Oracoli Sibillini*, Città Nuova Editrice, Roma.

PINDEMONTI I., 1989, *Odissea*, Fratelli Melita Editori, La Spezia.

RINALDI G., 2006, *Cristiani e Impero Romano nell'Africa romana. Note prosopografiche* (testo on-line sul sito del Master in studi storico religiosi “Il Cristianesimo nel suo contesto storico” dell'Università degli studi di Napoli “L'Orientale”, anno accademico 2005-2006).

RODOLFO IL GLABRO, 1989, *Cronache dell'anno Mille*, Fondazione Lorenzo Valla – Mondadori editori, Milano.

ROMAGNOLI E., 1960, *Odissea*, Zanichelli, Bologna.

ROMANO G., 1992, *Archeoastronomia Italiana*, CLEUP, Padova.

SERIANNI L. – TRIFONE M. (a cura di), 2012, *Devoto-Oli 2012. Vocabolario della lingua italiana*.

SMART W. M., 1977, *Textbook on spherical astronomy*, Cambridge University Press, UK.

SPERLING S.D., 2005, *Encyclopedia of Religion*, vol. 7, p. 3538, Macmillan, New York.

TNM, 1987, *Traduzione del Nuovo Mondo delle Sacre Scritture*, (edizione con riferimenti), Congregazione Cristiana dei Testimoni di Geova, Watch Tower, Roma.

VENEZIANO G., 2004, *L'Astronomia nei testi biblici*, Atti del VII Seminario di Archeoastronomia dell'Associazione Ligure per lo Sviluppo degli Studi Archeoastronomici, Osservatorio Astronomico di Genova, 24 aprile 2004.

<https://www.alsa.it/Documenti/Seminari/7/06%20-%20L'Astronomia%20nei%20testi%20biblici.pdf>

VORGRIMLER H., 2004, *Nuovo Dizionario Teologico*, Centro Editoriale Dehoniano, Bologna.

ZAGAR F., 1984, *Astronomia sferica e teorica*, Zanichelli, Bologna.

Era Andromeda a celebrare il solstizio invernale nella Grotta di Tiberio a Sperlonga?

*Francesco Flora^a, Fabrizio Andreoli^a, Sarah Bollanti^a,
Marina De Franceschini^b, Domenico De Meis^c, Gian Piero Gallerano^a,
Paolo Di Lazzaro^a, Luca Mezi^a, Daniele Murra^a, Giuseppe Veneziano^b*

a - ENEA, Dip. Fusione e tecnologie per la Sicurezza Nucleare,
Centro Ricerche Frascati, Via Fermi 45, 00044 Frascati (RM)

b - Osservatorio Astronomico di Genova (OAG),
Via Superiore Gazzo, 16154 Genova

c - Università di Roma Tor Vergata, Dip. di Ingegneria Industriale,
Via del Politecnico 1, 00133 Roma



1. Introduzione

Nelle memorie del XXII Seminario dell'Associazione Ligure per lo Sviluppo degli Studi Archeoastronomici [1] erano stati riportati i risultati ottenuti nel dicembre 2019 durante i rilievi presso il sito archeologico della grotta di Tiberio a Sperlonga (LT), eseguiti con la bussola solare di alta precisione dell'ENEA. Gli stessi risultati sono anche stati pubblicati in un Rapporto Tecnico ENEA [2].

Come riportato in queste due pubblicazioni, le misure di azimuth delle rette di congiunzione tra diversi punti di riferimento del sito archeologico hanno dimostrato non solo l'esattezza delle precedenti analisi condotte da Giuseppe Veneziano e da Marina De Franceschini, dalle quali risulta che le due nicchie interne "A" e "B" (indicate in Fig.2) sono orientate con le pareti di fondo ortogonali alla direzione del tramonto rispettivamente al solstizio invernale ed al solstizio estivo [3], ma anche che la retta di congiunzione tra il centro del varco di accesso al cubicolo interno della nicchia "A" ed il centro della piccola nicchia esterna (denominata Postazione n° 8 in [1] e [2]) è allineata con la direzione che il sole aveva al tramonto al solstizio invernale 2000 anni fa (cioè ai tempi di Tiberio) con un errore di appena 0.2°.

È quindi molto probabile che questa nicchia esterna, di cui oggi nessuno conosce la funzione, contenesse una struttura atta a fungere da gnomone per proiettarne l'ombra sul muro interno al cubicolo della nicchia "A" al tramonto del solstizio invernale, così da poterne celebrare il compimento.

Varie considerazioni di natura fisica e archeologica [1, 2] inducono a pensare che la suddetta struttura con funzione di gnomone potesse essere la scultura di Andromeda, oggi conservata nel museo adiacente al sito archeologico. La statura della ragazza (1.70 m), le dimensioni della sua testa ($\Phi \sim 27$ cm) e la posizione alzata delle braccia, riportate sotto, in Figura 1, fanno sì che, se collocata nella nicchia esterna (Post. 8), la testa e le braccia si sarebbero trovate all'altezza giusta, cioè appena sopra il livello dell'orizzonte sul mare se osservato dal cubicolo della nicchia "A" da una persona alta circa quanto la statua stessa (1,70 m).

In questo XXIII convegno si mostra, per la prima volta, la simulazione degli effetti ottici che la statua avrebbe prodotto se posta in tale nicchia esterna, ovvero la simulazione di cosa avrebbe visto ai tempi di Tiberio, al tramonto del solstizio invernale, un osservatore posto al centro dell'ingresso al cubicolo e rivolto verso il mare, oppure cosa avrebbero visto i presenti nella grotta se, sempre al tramonto del solstizio invernale, avessero guardato l'ombra di Andromeda proiettarsi nel muro interno al cubicolo.



Figura 1: La statua di Andromeda conservata nel Museo Nazionale di Sperlonga.

2. Andromeda come mirino

Un mirino per l'osservazione del Sole al tramonto, che potesse verificare il raggiungimento del solstizio, poteva avere la forma di un disco pieno avente un diametro inferiore a quello con cui appare il sole dal punto di osservazione. La nicchia esterna e l'ingresso al cubicolo, qui mostrati in Fig. 2a e 2b, distano tra loro circa 40 m, come mostrato in Fig. 2c.



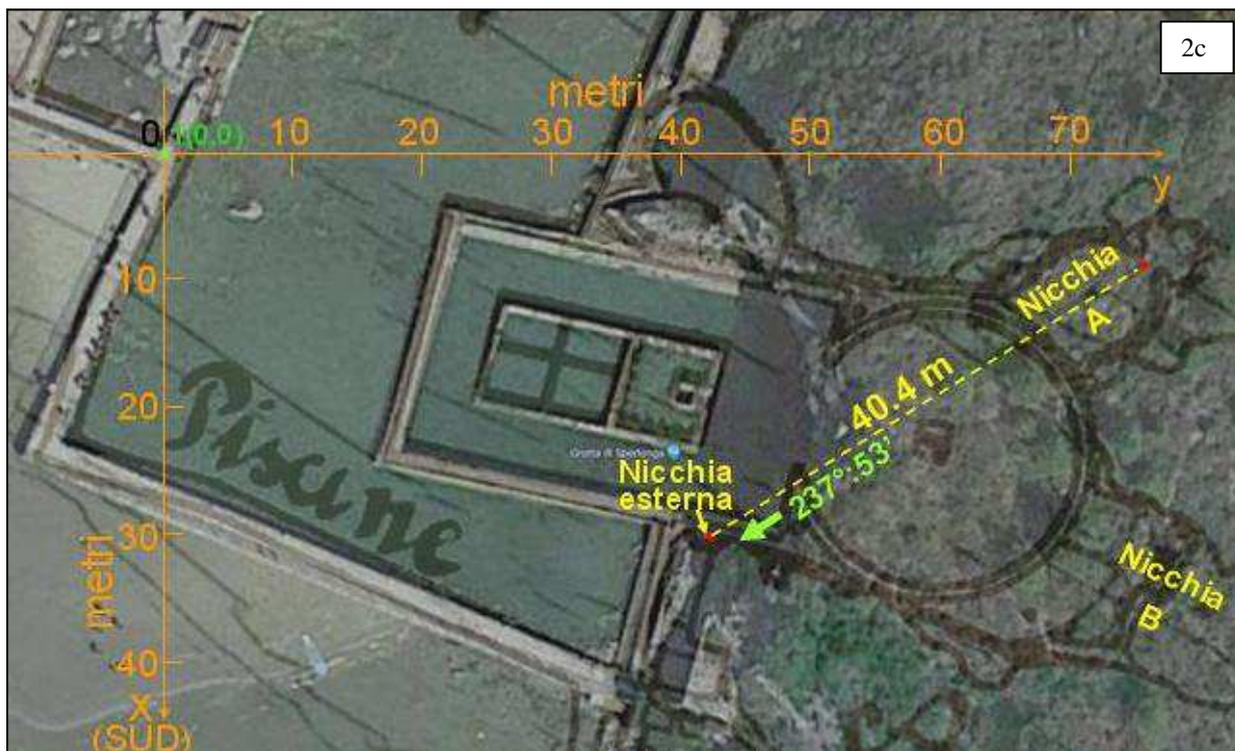


Figura 2: La nicchia esterna (a), l'ingresso al cubicolo (b) nella nicchia "A" interna alla grotta e la foto aerea del sito della grotta (c) con sovrapposta una piantina della grotta stessa. Le foto a) e b) sono state scattate l'una dal centro dell'altra, ovvero nei punti rappresentati dai pallini rossi di c).

Visto da tale distanza, il Sole ha un diametro apparente pari a circa 35 cm. Il diametro della testa (circa 27 cm.) è tale quindi da consentire la visione del bordo esterno del disco solare nel momento in cui la testa dovesse apparire centrata sul Sole. L'apertura delle braccia invece, circa tripla rispetto al diametro della testa, è sufficientemente ampia da poter abbracciare il Sole senza oscurarlo.

Come spiegato in [1, 2], la funzione "Effemeridi" della App denominata "Sunpass" [4], sviluppata in ENEA, consente di calcolare l'azimut del Sole per qualsiasi data, ad esempio nel giorno del solstizio invernale ai tempi di Tiberio (circa l'anno 1 dopo Cristo), a qualsiasi elevazione. Riportando tali valori di azimut su una scala goniometrica sovrapposta ad una foto della nicchia esterna scattata dall'ingresso al cubicolo della nicchia "A", è stato possibile simulare la posizione del disco solare nell'ultima mezz'ora prima del tramonto sul mare per la suddetta data [1,2].

Qui riproponiamo questa simulazione ma con l'aggiunta della sagoma della statua di Andromeda ricavata da Fig. 1 e riportata in scala nella nicchia esterna vista da un osservatore che si trovi sull'ingresso al cubicolo della nicchia "A". L'osservatore è alto circa 1.7 m e la statua di Andromeda è collocata al centro della nicchia esterna immaginando di posarla su un basamento alto quanto il primo gradino di quest'ultima. Il risultato, qui riportato in Fig. 4, è suggestivo: al momento del tramonto Andromeda appare incoronata dal Sole e con le braccia che accolgono l'astro del giorno.

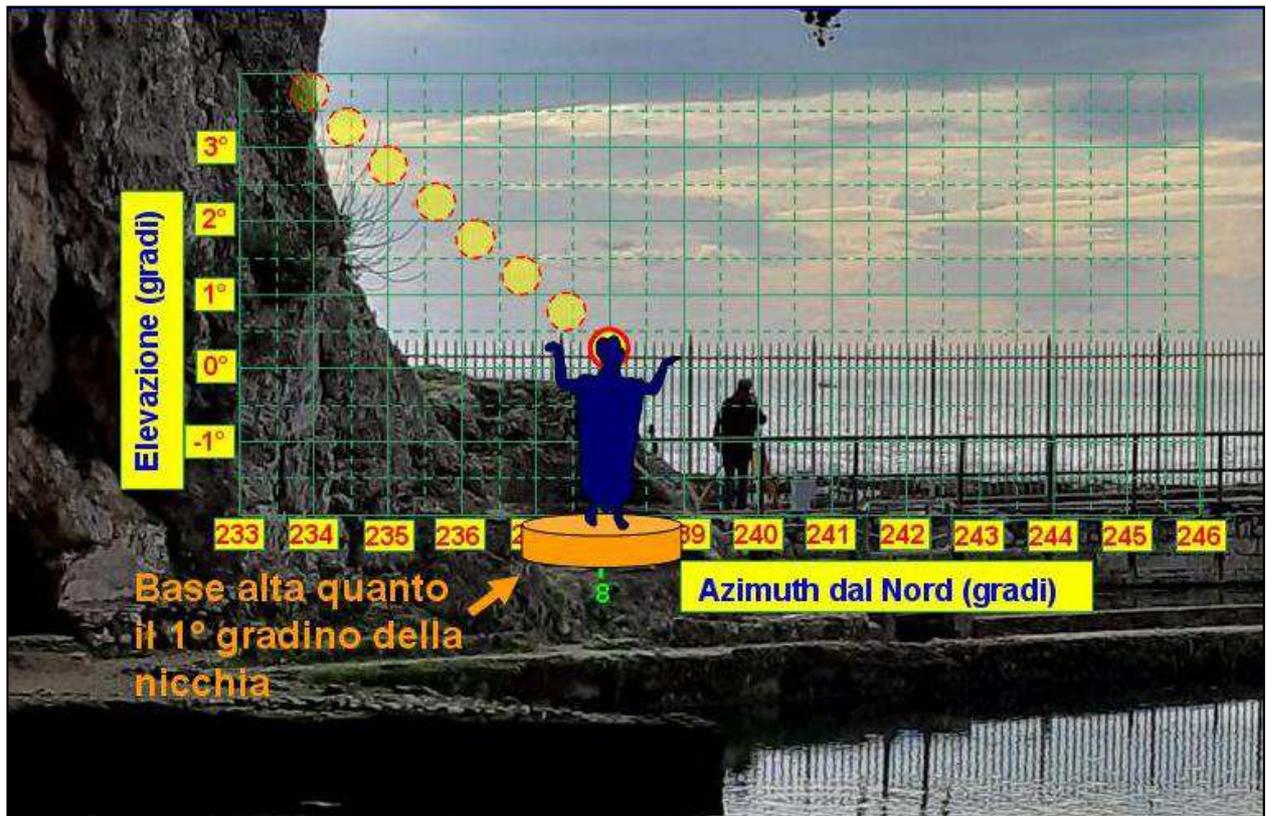


Figura 4: Simulazione del tramonto Sole del solstizio d'estate sul orizzonte marino nell'anno 1 d.C. visto da un osservatore alto circa 1.7 m posto al centro dell'ingresso al cubicolo della nicchia "A", immaginando che nella nicchia esterna sia collocata la statua di Andromeda rivolta verso la vasca, ovvero verso il viale di accesso alla grotta ben visibile appena sotto la nicchia.

L'accuratezza della scala goniometrica nella foto di Fig. 4 è garantita dall'alta precisione con cui la bussola solare ENEA, posta subito sotto la macchina fotografica, ha fornito l'azimuth di alcuni punti di riferimento della foto stessa [1, 2].

L'accuratezza della previsione dell'azimuth del Sole al tramonto da parte di Sunpass è invece dimostrata in [1] attraverso il confronto con altri codici astronomici. A maggior conferma, qui si riporta in Appendice una dimostrazione sperimentale di tale accuratezza eseguita a luglio 2020 prevedendo l'azimuth di un tramonto a Rodi Garganico (Foggia).

3. Andromeda come gnomone

Non meno suggestivo doveva essere lo spettacolo che la statua di Andromeda avrebbe creato al tramonto del solstizio invernale, per i presenti rivolti verso la nicchia "A" anziché verso il mare. In questo caso parliamo dell'ombra generata dalla statua, immaginando che la statua potesse svolgere il ruolo di gnomone di una enorme meridiana avente un'altezza gnomonica (cioè la distanza tra la punta dello gnomone ed il quadrante solare, misurata ortogonalmente al piano del quadrante solare) di ben 40 m.

È interessante notare che il muro di fondo della nicchia "A", ovvero il quadrante solare della nostra meridiana, è perfettamente ortogonale alla direzione che lo congiunge alla nicchia

esterna, cioè la normale al muro ha anch'essa un azimuth di circa 238° rispetto al Nord geografico, esattamente come la retta di congiunzione tra il centro dell'accesso al cubicolo ed il centro della nicchia esterna (vedi Fig. 3c). Questo fatto rende il fondo della nicchia "A" particolarmente adatto a svolgere il ruolo di quadrante solare. Questa ortogonalità è dimostrata dalla figura 3b: il teodolite al cui apice si trova la bussola solare era stato posto lungo la normale alla parete passante per il centro del cancello. Ebbene, in questa foto, scattata dal centro della nicchia esterna, il teodolite appare centrato rispetto al cancello, sicché la normale passa anche per il centro della nicchia esterna.

Per capire se e con quale forma si sarebbe potuta proiettare l'ombra di Andromeda sul fondo della nicchia "A", abbiamo sfruttato il fatto che la sfocatura dell'ombra è dominata dall'effetto di penombra, cioè dal fatto che il disco solare non è un punto, rendendo così trascurabili altri effetti come la diffrazione della luce. Questo comporta una proporzionalità tra la sfocatura e la distanza, così da poter riprodurre in scala il fenomeno. In [2], abbiamo riportato i risultati ottenuti proiettando su uno schermo una riproduzione della statua di Andromeda illuminata dal Sole, riproducendo in scala 1:10 sia la sagoma e sia la distanza tra la sagoma e lo schermo (su cui osservare l'ombra) rispetto a quelle che si avrebbero avute nella grotta di Tiberio.

In aggiunta, qui mostriamo cosa accade quando si sovrappone il risultato della suddetta simulazione ottica alla foto della nicchia "A" scattata dalla nicchia esterna, sempre rispettando le proporzioni nell'eseguire la sovrapposizione delle due foto. Prima di passare all'immagine ottenuta, consideriamo la sequenza di eventi che anticipavano il tramonto solstiziale:

- dopo un'intera giornata di assenza di luce solare nella grotta (che è orientata verso Nord Ovest), finalmente, circa un'ora prima del tramonto, la porzione di grotta che si trova a sinistra (cioè a ovest) della nicchia "A" viene raggiunta dal Sole. Alla radiazione solare diretta si sovrappone anche quella indiretta dovuta alle riflessioni dell'astro diurno nell'acqua della vasca antistante la nicchia, creando così giocosi movimenti di luce. Grazie al basso valore di elevazione del Sole (pochi gradi) l'intensità della luce riflessa è di poco inferiore a quella della luce diretta.
- Gradualmente, la roccia alle spalle di Andromeda (vedi Fig. 4) manda in ombra la vasca, per cui la fascia di luce riflessa sulla roccia a sinistra della nicchia "A" diminuisce sempre più di altezza. Al confine superiore di questa fascia appare molto debole l'ombra di Andromeda capovolta, che lentamente scende verso l'acqua mentre si sposta verso destra. L'inclinazione del percorso è analoga di quella seguita dal Sole in Fig. 4 (circa 40°).
- L'ombra capovolta di Andromeda continua a scendere sulla roccia fino a tuffarsi nell'acqua della vasca e scomparire: termina così completamente la radiazione riflessa ed ora appare una nuova ombra di Andromeda (dovuta alla radiazione diretta), molto più intensa e nitida della precedente, non più capovolta bensì diritta, che risale dall'acqua salendo le scale della nicchia "A", sempre con un percorso inclinato di circa 40° . Contemporaneamente la nicchia viene inondata di calda luce diretta: mancano poche decine di minuti al tramonto del Sole.
- Pochi minuti prima del tramonto, l'ombra entra nel cubicolo. Qui lo spettacolo cambia drasticamente: il contrasto tra la luce e l'ombra di Andromeda, che si stava affievolendo a causa della inevitabile riduzione dell'intensità solare per l'alto assorbimento atmosferico, improvvisamente viene fortemente intensificato dal riflesso del mosaico di tessere di pasta vitrea che rivestivano il muro di fondo del cubicolo, ad appena 2 m dall'ingresso, creando un effetto simile a quello dei moderni schermi per diapositive.
- Al momento del tramonto l'ombra di Andromeda raggiunge il centro dell'ingresso al cubicolo e quindi anche il centro del rettangolo di luce che l'ingresso proietta sul mosaico: è

il momento più emozionante ed è la celebrazione del solstizio invernale. Pochi istanti dopo il Sole scompare dietro l'orizzonte sul mare e cala la sera.

In Fig. 5 si riporta la simulazione di quest'ultimo istante, cioè la sovrapposizione di due foto come sopra descritto.



Figura 5: Simulazione del momento del tramonto al solstizio invernale negli anni di Tiberio: l'ombra di Andromeda, è intensificata dal riflesso delle tessere chiare di pasta vitrea del muro di fondo del cubicolo. La freccia rossa indica la direzione del movimento dell'ombra, emersa dall'acqua circa in corrispondenza dell'angolo sinistra inferiore di questa foto (scattata dalla nicchia esterna). La simulazione dell'ombra della roccia è approssimativa.

4. Conclusioni

Non ci sono prove certe della collocazione della statua di Andromeda nella nicchia esterna alla grotta di Tiberio. L'unica certezza è l'elevata precisione di allineamento tra la direzione del tramonto al solstizio invernale e la retta che congiunge l'ingresso al cubicolo con il centro della nicchia esterna, una precisione che non può essere casuale. Possiamo quindi affermare che probabilmente tale nicchia esterna conteneva una struttura atta a svolgere il ruolo di mirino/gnomone per la celebrazione del solstizio.

Nelle precedenti pubblicazioni [1, 2] abbiamo riportato una serie di motivazioni geometriche, fisiche, e archeologiche le quali suggeriscono che tale ruolo possa essere stato svolto dalla statua di Andromeda e che quindi essa potesse trovarsi in tale collocazione. Per

completezza d'informazione, alcuni archeologi ritengono che lo stile della statua di Andromeda sia tipico di uno o due secoli successivi all'epoca di Tiberio.

In questo contributo al XXIII Seminario di archeoastronomia ligure (ALSSA) abbiamo presentato simulazioni ottiche che avvalorano quanto già ipotizzato: forse poche altre tipologie di gnomone avrebbero potuto generare un significato religioso così intenso come quello prodotto dall'ombra di Andromeda, la principessa di Etiopia (l'ultima terra nella direzione del tramonto invernale [1, 2]), la ragazza che, condannata a morte per essere divorata da un mostro marino, viene salvata da Perseo che inganna il mostro con giochi di luce per poterlo infine pietrificare.

Gli autori di questa pubblicazione invitano la comunità degli archeologi ed archeoastronomi ad una ricerca di indizi storici che possano avvalorare in modo più concreto (o eventualmente confutare) quanto qui ipotizzato.

5. Appendice

In questa appendice si riporta, a titolo di esempio, una misura che dimostra l'accuratezza di Sunpass nel prevedere l'azimut del Sole al tramonto, in occasione di un tramonto sulle isole Tremiti osservato da Rodi Garganico il 9 luglio 2020.

Rispetto al punto di osservazione, le isole si trovano ad una distanza di circa 38 km e con un azimuth di circa 300° rispetto al Nord, un valore molto vicino alla direzione del tramonto in prossimità del solstizio estivo, come mostrato in Fig. 6. Poiché il tramonto avviene sul mare, quindi su un orizzonte libero (a parte le isole), Rodi rappresenta un punto di osservazione ideale per poter verificare l'accuratezza di Sunpass nel prevedere l'azimut del tramonto e poterlo confrontare con un valore teorico estratto dalle mappe geografiche.

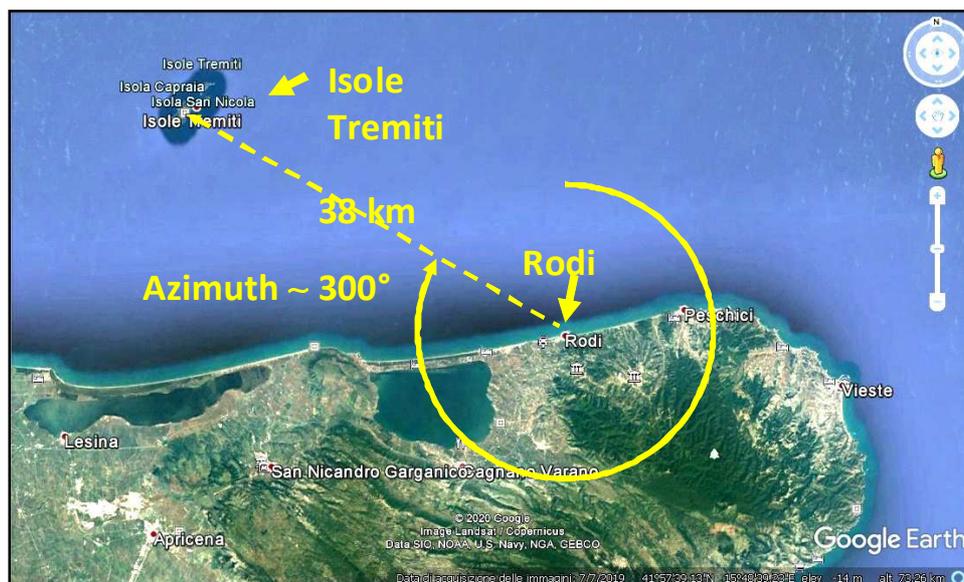


Figura 6: Mappa di Rodi Garganico e isole Tremiti.

Il punto di osservazione, qui mostrato in Fig. 7, è un giardino privato ad una quota di 40 m sul livello del mare con coordinate geografiche Lat= $41^\circ55'43.9''$ N; Long= $15^\circ52'48.8''$ E.



Figura 7: Punto di osservazione (cerchio rosso). Coordinate: Lat=41°55'43.9", Long=15°52'48.8".

Per ottenere l'azimuth teorico di alcuni punti di riferimento nelle isole (l'estremo destro e l'estremo sinistro della parte visibile di ciascuna isola, la chiesa di San Nicola, ecc.) è stato sufficiente inserire nella funzione "Indica Rotta" di Sunpass le coordinate geografiche (prese da Google Maps) di vari punti di riferimento. Nel far questo, si è tenuto conto che dall'altezza $h=40$ m del punto di osservazione, la distanza dell'orizzonte è:

$$(1) \quad d = \sqrt{2a \cdot h}, \quad \text{dove } a \text{ è il raggio della terra,}$$

e risulta di appena 23 km, ovvero inferiore alla distanza delle isole; pertanto, nell'individuare le coordinate geografiche dei punti di riferimento si è considerato che la base visibile delle isole si trova in realtà ad una quota di circa 18 m dal livello del mare (altezza ottenibile invertendo l'equazione (1) ed inserendo come valore di d la parte di mare che, rispetto a Rodi, si trova oltre l'orizzonte, ovvero $d = 15$ km).

In Fig. 8 si riporta il confronto tra i valori sperimentali di orario ed azimuth del Sole durante le varie fasi del tramonto (8a: Sole inferiormente tangente all'orizzonte, 8b: Sole centrato sull'orizzonte e 8c: Sole all'ultimo raggio) rispetto ai valori previsti da Sunpass.



8a

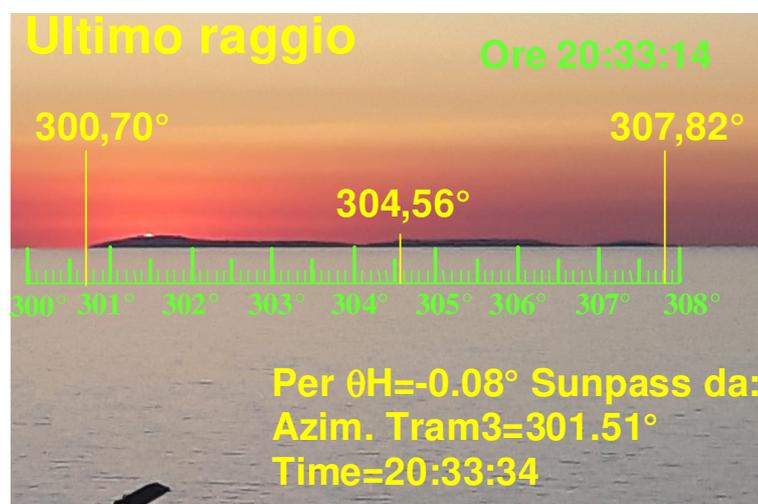


Figura 8: Foto del tramonto sulle isole Tremiti visto da Rodi Garganico il 9 luglio 2020 in 3 fasi diverse del tramonto: Sole inferiormente tangente all'orizzonte (a), Sole centrato sull'orizzonte (b) e Sole all'ultimo raggio ovvero superiormente tangente all'orizzonte (c). Per ciascuna foto è riportata: l'ora in cui è stata scattata (in verde in alto), la corrispondente ora prevista da Sunpass (in giallo in basso), i tre valori di azimuth teorico di tre punti di riferimento (in giallo) estratti dalle coordinate geografiche su Google Maps, una scala goniometrica teorica di riferimento (in verde) ricostruita a partire dai 3 valori di azimuth teorico, il valore di azimuth del Sole previsto da Sunpass (in giallo in basso) in base alla fase del tramonto ed all'altezza angolare θH dell'orizzonte nel punto in cui si trova il Sole (negativa a causa della rotondità della terra) rispetto al punto di osservazione.

Per ciascuna foto, l'altezza angolare θH dell'orizzonte nel punto in cui si trova il Sole è stata determinata a partire dall'altezza angolare dell'orizzonte sul mare, cioè:

$$(2) \quad \theta H \approx -\sqrt{\frac{2h}{a}} = -0.20^\circ,$$

a cui è stata sommata l'altezza angolare dell'isola nel punto sotto al Sole (misurabile con la medesima scala goniometrica riportata nelle foto, semplicemente girata in senso verticale anziché orizzontale).

Come possiamo notare in Fig. 8, malgrado i valori sperimentali (cioè l'azimut del Sole letto sulla scala goniometrica) siano fortemente influenzabili dalle condizioni di rifrazione e quindi di umidità e temperatura dell'aria, l'accordo con i valori calcolati (cioè l'azimut previsto da Sunpass) si mantiene, in tutte le tre fasi, ampiamente al di sotto del decimo di grado di errore mentre l'accordo temporale è entro i 30 secondi.

Questa verifica sperimentale dell'accuratezza di Sunpass, sommata ai confronti con altri codici astronomici riportato in [1], consente di poter confidare anche sulle simulazioni dei tramonti ai solstizi per l'epoca di Tiberio riportate in questo rapporto.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano la Direttrice del Museo Archeologico Nazionale e Area Archeologica di Sperlonga dott.ssa Cristiana Ruggini per la disponibilità e collaborazione.

Bibliografia

[1] F. Flora et. al.: “*Misure di orientamento ad alta precisione con bussola solare ENEA nell’Area archeologica della Grotta di Tiberio a Sperlonga*”, Atti del XXII Seminario di Archeoastronomia, Edizioni ALSSA (Associazione Ligure per lo Sviluppo degli Studi Archeoastronomici), pp. 31-52, 2020. Disponibile al sito web: <https://www.alssa.it/wp-content/uploads/2020/12/Atti-del-22%C2%B0-Seminario.pdf> ed anche su www.academia.edu.

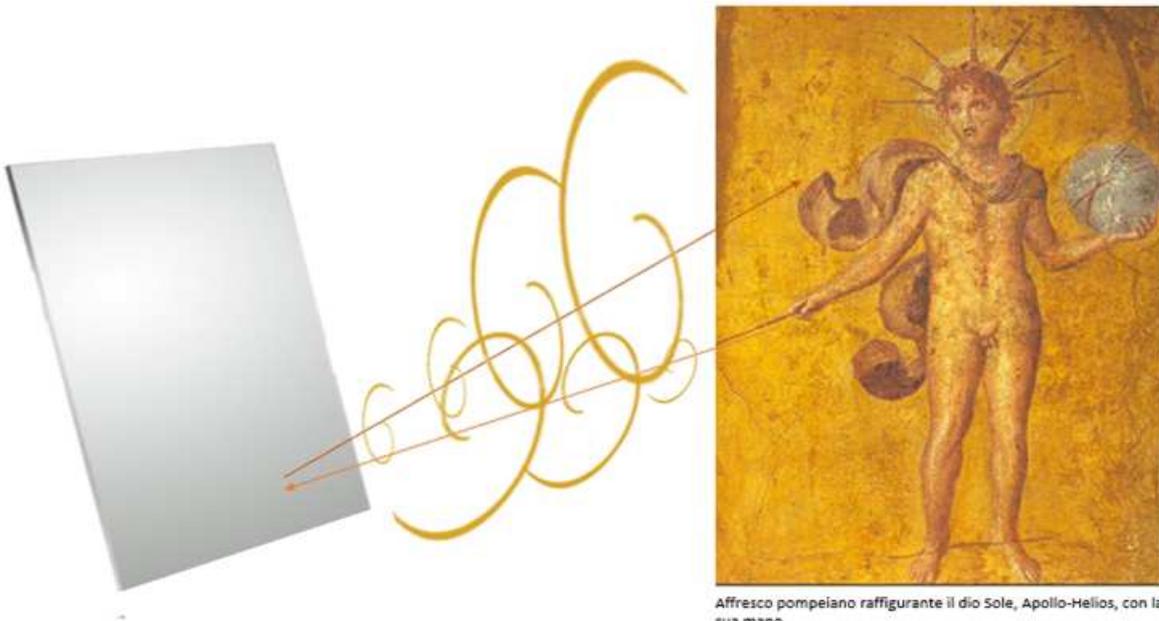
[2] F. Flora et al.: “*La bussola solare in archeoastronomia - Rilievi di orientamento nella Grotta di Tiberio a Sperlonga*” RT/2021/1/ENEA. Disponibile al sito: <https://iris.enea.it/retrieve/handle/20.500.12079/56121/9041/RT-2021-01-ENEA.pdf> .

[3] M. De Franceschini e G. Veneziano: “*Archeoastronomia nella Villa di Tiberio a Sperlonga (Latina)*”, Atti del XXI Seminario di Archeoastronomia, Edizioni ALSSA (Associazione Ligure per lo Sviluppo degli Studi Archeoastronomici), Genova 30-31 Marzo 2019, pp. 8-29, (2019). Disponibile al sito: <https://www.alssa.it/wp-content/uploads/2020/08/Atti-Seminario-21-2019.pdf>.

[4] F. Flora et al.: “*Bussola solare di alta precisione: un utile strumento per l’archeoastronomia*”, Atti del XXI Seminario di Archeoastronomia, Edizioni ALSSA (Associazione Ligure per lo Sviluppo degli Studi Archeoastronomici), Genova 30-31 Marzo 2019, pp. 34-53, (2019). Disponibile al sito: <https://www.alssa.it/wp-content/uploads/2020/08/Atti-Seminario-21-2019.pdf> .

“Figlia del Sole”: il Convertitore dei solstizi

*Anayansi Forlini*ⁱ

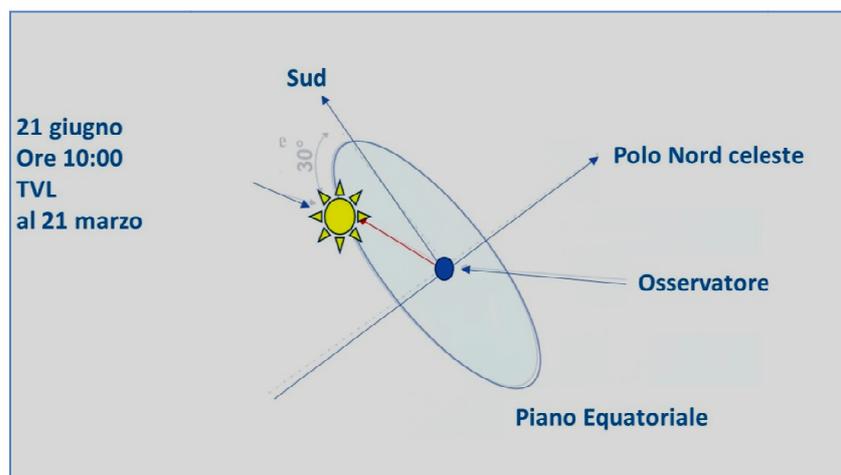


Affresco pompeiano raffigurante il dio Sole, Apollo-Helios, con la sfera celeste nella sua mano. Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Napoli e Pompei, inv. 8819. (dal sito web) <https://www.afssa.it/wp-content/uploads/2020/06/Astrologia-e-astronomia-nellantica-Roma.pdf>

ⁱ Architetta: (Master in Rappresentazione fotografica dell'architettura e dell'ambiente, Università la Sapienza di Roma, Dottorato di ricerca europeo nel campo Energetico Ambiente e Architettura: UPC Università Politecnico di Catalogna, Spagna, Dipartimento di Costruzione Architettónica, Scuola Tecnica Superiore d'Architettura di Barcellona (ETSAB))

1. Introduzione

Il 7 maggio di quest'anno, interessata all'attività del gruppo di collaborazione ENEA - Osservatorio Astronomico di Genova, per i rilievi solari di della Grotta di Tiberio a Sperlonga, in atto già dal 2019 - come è possibile vedere nelle memorie del "XXII Seminario di Archeoastronomia ALSSA" - ed eseguiti con la bussola solare di alta precisione ideata dall'ENEA, ho proposto di utilizzare uno specchio per l'inversione dei solstizi attinente all'esperimento. Si tratta di uno specchio di grandi dimensioni, opportunamente orientato, che consente d'illuminare al solstizio estivo un qualsiasi luogo o meridiana o gnomone (tramite la luce riflessa dallo specchio) nello stesso identico modo in cui il Sole illuminerebbe quello stesso luogo/meridiana/gnomone al solstizio invernale.



Ho voluto denominare questo dispositivo con il termine: "Anayansi - Convertitore di solstizi" o anche "Figlia del Sole - Convertitore di solstizi". Anayansi, è un nome della lingua Kuna o (Guna) di Panamá, al quale si attribuisce anche il significato di "figlia del Sole". Queste pagine sono il risultato di questa esperienza.

L'11 Maggio, il Gruppo ENEA, mi ha comunicato di aver approvato e verificato il mio suggerimento, trovandolo, sconvolgente per la sua intuitiva dimostrazione, permettendo - come si è detto - di verificare i fenomeni relativi al solstizio invernale durante il solstizio estivo. Anche il gruppo dell'Osservatorio di Genova ha manifestato il suo entusiasmo, rispetto all'evento, trovandolo utile a eventuali utilizzi in astrofisica e nell'archeoastronomia. I rilevamenti con "Anayansi - Convertitore di solstizi", testati negli spazi ENEA, si sono poi effettuati il 22 giugno 2021, nel litorale di Terracina e Gaeta, nella Grotta di Tiberio a Sperlonga (Latina), interna alla villa dell'imperatore romano Tiberio (I sec. d.C.), che si inserisce nella costa tirrenica, fra Roma e il golfo di Napoli. L'efficacia dello strumento è stata sperimentata permettendo di ricavare informazioni utili per le migliorie da apportare nel rilevamento successivo.

Mi è stato chiesto come mi fosse nata l'idea di misurare l'inversione dei solstizi con uno specchio. Il suggerimento è nato dalla curiosità di poter riscontrare il fenomeno investigato dalla Equipe ENEA, al solstizio d'inverno, prima che questo arrivasse, per annullare le problematiche di rilevamento dovute al maltempo, e accelerare così l'accertamento dell'ipotesi investigativa,

quella cioè di poter verificare cosa accadrebbe al tramonto del solstizio invernale se nella nicchia esterna alla grotta di Tiberio si fosse collocato un particolare tipo di gnomone: la statua di Andromeda (vedi contributo a questo Seminario presentato da F. Flora et al. sotto il titolo “*Era Andromeda a celebrare il solstizio invernale nella grotta di Tiberio a Sperlonga?*”).

Ogni idea, poi, credo nasca dal proprio bagaglio culturale; il mio si è rivolto sempre al mondo dell’arte, della pittura, della fotografia e dell’architettura. La conoscenza di come è regolata la trasmissione della luce aiuta a comprendere sia i fenomeni ottici che le “contromisure” da adottare, disegnando, progettando, illuminando e fotografando. Vitruvio, riteneva sostanziale la relazione tra astronomia e architettura. Nel libro I della sua opera *De Architectura*, egli riporta il metodo di orientamento con lo gnomone, per tracciare la meridiana, l’equinoziale e la rosa dei venti. Il libro IX, lo dedicata alla relazione tra astronomia ed architettura, con lo studio della gnomonica. I giochi che il Sole fa con i raggi diretti sulla terra e proiettati sulle architetture strutturate per accoglierli e sorprenderci, costruite sin dalle civiltà più remote, sono sempre state oggetto di studio per molti architetti come P. Meogrossi (ex direttore della Soprintendenza Archeologica Autonoma di Roma) che ho seguito con interesse, così come le lezioni tenutesi nella facoltà di Architettura “La Sapienza”, impartite da professori speciali, come il Professor F. Bianchi, F. P. Fiore, G. Romoli.

Nel dottorato con il mio direttore di tesi Prof. Arch. Serra Florensa, Rafael (ex direttore UPC Università Politecnico di Catalogna, Spagna, Dipartimento di Costruzione Architettónica, Scuola Tecnica Superiore d’Architettura di Barcellona (ETSAB)), i miei studi si sono concentrati sui condotti di luce, che riflettono e propagano i raggi del Sole, emozionando nella illuminazione degli interni, anche i più profondi come quello delle piramidi illuminate, così da permetterne la costruzione. Secondo le trascrizioni dedotte dai geroglifici, il termine “specchio” viene tradotto come “*che vede il volto*”, perché il suo primo uso è stato quello della riflessione dei volti di uomini e donne, per le proprie cure quotidiane. In latino *speculum-specere*, viene tradotto come “guardare” (la nostra immagine perfetta nella sua somiglianza all’originale). La qualità dello specchio è quella di riflettere (*reflectere*), parola con doppia accezione, che significa “rinviare indietro /rispecchiare”, ma anche “meditare”.

Nel paganesimo l’uso della rifrazione degli specchi assume valori molteplici in diverse religioni; nelle civiltà egizia, greca, etrusca e romana, venivano inseriti anche nel corredo funerario. Lo specchio è stato anche uno strumento rituale, medium con la divinità e metaforico per molti pensatori, come Socrate, Platone, Aristotele, Leonardo da Vinci, Leon Battista Alberti, Nietzsche, Lancan, e molti altri. Archimede diede inizio all’uso dello specchio come elemento sostanziale per un uso bellico, incendiando con specchi ustori le navi in arrivo da Siracusa. Altri specchi furono usati nel Faro di Alessandria e nel Colosso di Rodi.

Nei secoli, gli specchi di Venezia, Germania ed Olanda, Londra e Francia hanno avuto una rilevanza importante entrando a far parte non solo di mobili, ma divenendo anche uno strumento d’illusione degli spazi all’interno dei palazzi nobiliari, così come nelle scenografie teatrali, dove venivano fatti anche spettacoli di magia sempre con l’ausilio di strumenti che avevano a che fare con lo specchio. Con la nascita dell’ottica, lo specchio assume un ruolo fondamentale nella costruzione di strumenti scientifici.

Questa conoscenza dell’uso degli specchi in architettura mi ha spinto a proporre l’utilizzo dello specchio come “Anayansi - Convertitore di solstizi”, qualche cosa mai ancora testata, da quanto affermato dalle equipe ENEA e dall’Osservatorio di Genova (che sta seguendo i rilievi della Grotta di Tiberio e che colgo l’occasione per ringraziare), che professionalmente e con curiosità ha preso in considerazione la mia intuizione.

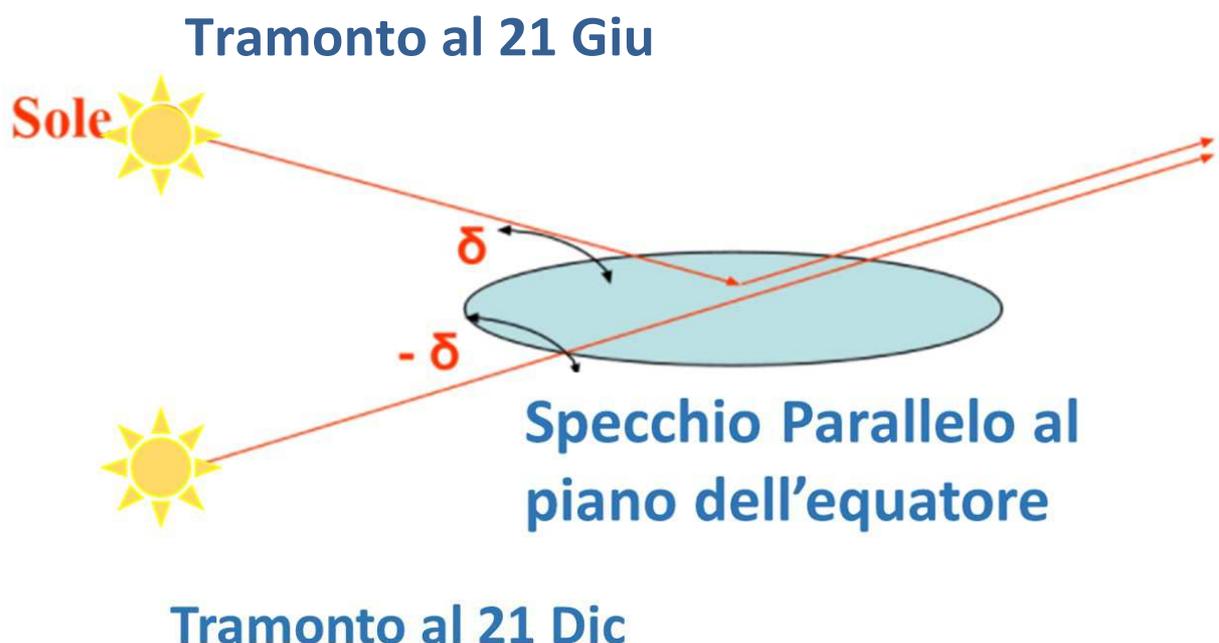
2. I solstizi, lo specchio, la curiosità, l'intuizione, la conoscenza, la scienza, la sperimentazione

I **Solstizi**, dal latino *Solis institium* «Sole fermarsi», in astronomia sono i momenti che si verificano due volte l'anno, quando la Terra nel suo moto di rivoluzione intorno al Sole lungo l'orbita terrestre, presenta in direzione del Sole l'angolo massimo o minimo tra il proprio asse di rotazione e il piano orbitale terrestre. Successivamente ai solstizi, in ciascuno dei due emisferi terrestri si inverte la tendenza all'accrescere o al decrescere dell'elevazione massima giornaliera dei raggi del Sole, e la conseguente diminuzione o aumento delle ore di luce giornaliera. Per questo motivo, i solstizi hanno da sempre affascinato tutte le culture del mondo nel corso della storia per i fenomeni solari da essi prodotti.

In tutte le civiltà, matematici, astronomi e architetti si sono cimentati, e si cimentano tutt'ora, in prove di abilità nell'introduzione dei raggi solari nelle architetture, per mettere in scena nel migliore dei modi l'illuminazione offerta in un dato posto, in un dato momento, grazie a sapienti studi di geometrie e di proiezioni. Negli studi di questi fenomeni può essere interessante sapere che si sta studiando il dispositivo "Anayansi - Convertitore dei solstizi", un dispositivo ottico che consente di evidenziare i fenomeni solari che avvengono in una particolare data di interesse (per esempio del solstizio invernale) utilizzando la luce che il Sole produce in una data completamente diversa, ad esempio nel solstizio estivo o a cavallo dei due mesi antecedenti e successivi.

3. Come l'uso dello specchio converte i solstizi

I raggi del Sole riflessi su uno specchio piano parallelo al piano dell'equatore, in una qualsiasi ora di un qualsiasi giorno dell'anno, vanno nella stessa direzione in cui vanno i raggi solari diretti alla medesima ora solare, ma nel giorno in cui la declinazione " δ " del Sole ha segno opposto. In particolare, al solstizio estivo i raggi riflessi saranno paralleli ai raggi del solstizio invernale, ottenendo così l'inversione dei solstizi!



4. Analisi dei limiti e dei vantaggi dell'inversione

4.1 Limiti:

1) Al tramonto nel periodo del solstizio invernale (21 dicembre), il disco solare viene ingrandito dalla rifrazione. Nell'inversione nel solstizio estivo (21 giugno), questo ingrandimento non c'è (perché, ovviamente, il Sole è ancora alto all'ora in cui avverrebbe il tramonto invernale) e quindi la penombra è sottostimata.

2) È possibile illuminare solo una piccola zona, quella consentita dalle dimensioni dello specchio che, nel caso in esame è stata sufficiente per la verifica dell'incidenza del raggio di luce indotta.

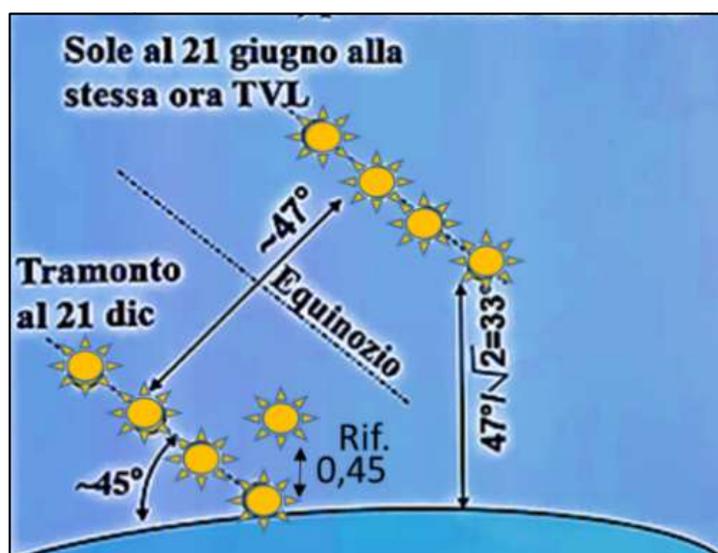
4.2 Vantaggi:

1) Il tempo nel solstizio estivo è più bello e meno nuvoloso che in inverno.

2) La proiezione del solstizio estivo avviene in pieno giorno quando l'irraggiamento solare è molto forte.

3) Con questa procedura ottica si può simulare non solo l'istante del tramonto, ma anche l'intera giornata. Quindi, illuminando con lo specchio un soggetto (uno gnomone) di cui si vorrebbe conoscere che ombra esso proietta al solstizio invernale, si può simulare anche tutto il percorso dell'ombra proiettata dal soggetto prima del tramonto (ovvero la statua di Andromeda, nel caso specifico).

4) Il gruppo ENEA ha calcolato che con l'applicazione dello specchio si ottiene un fortunato effetto di compensazione fra rifrazione e nutazione che consente di ottenere il percorso che i raggi solari facevano ai tempi di Tiberio.



5. La compensazione tra rifrazione e nutazione millenaria

Il gruppo ENEA, ha comprovato, che la mancata rifrazione dell'aria pochi istanti prima del tramonto (Δ elev. $\sim 0,4^\circ$) equivale ad un aumento di declinazione del sole di circa (Δ elev./ $\sqrt{2}$ $0,28^\circ$) che approssimativamente compensa l'incremento di declinazione ai solstizi $\sim 0,125^\circ$ /millennio, per la nutazione millenaria.

La rifrazione ottenuta attraverso lo specchio al momento in cui il Sole è ancora alto è molto piccola (trascurabile rispetto ai $0,4^\circ$ che si avrebbero al momento del vero tramonto invernale); questo apparente difetto, (cioè questo aumento dell'angolo che il Sole forma rispetto al piano degli equinozi) equivale ad andare dietro nel tempo. Mettendo lo specchio parallelo al piano dell'equatore simuliamo il tramonto non di oggi ma di duemila anni fa. Invertendo il Sole con lo specchio è come se andassimo indietro sempre più, man mano che ci avviciniamo all'istante del tramonto.

6. La concezione Romana del trascorrere del tempo

Il fenomeno dell'inversione dei solstizi, in cui uno specchio opportunamente orientato riesce ad unire due momenti dell'anno apparentemente contrapposti, trova suggestive similitudini nell'ambito della cultura religiosa di duemila anni fa e del modo in cui veniva considerato lo scorrere del tempo.

Nella concezione Romana, infatti, il trascorrere del tempo veniva scandito dalle Calendariali, dove si rivelavano divinità in grado di aiutare l'uomo in quel dato periodo. Il calendario lunisolare, era basato sui movimenti sia della Luna che del Sole, movimenti inconciliabili dato che il Sole compie il suo movimento (da un solstizio invernale al successivo) in poco più di 365 giorni, e la Luna completa il suo giro intorno alla terra in media in 27 giorni, per cui un anno lunare di 13 lunazioni è il più prossimo ad un anno solare.

Per questo motivo giugno era il centro dell'anno, la settima lunazione su tredici totali, dove veniva celebrata la prima divinità, Carna, o Cardea. In Plinio (*Naturalis Historiae*, XVIII, 68, 264) si legge: “*Il Solstizio [d’Estate] cade al ventiquattro di giugno, grande cardine dell’anno e grande evento nel mondo*”. [1] Cardea era la moglie di Giano e nella sua festa (al solstizio estivo) accompagnava le anime dei bimbi, andando nel mondo dei vivi e qui li proteggeva da ogni sorta di spirito maligno.

Il solstizio d'inverno invece rappresentava un'occasione di festività di vario genere: il Sol Invictus, Saturnalia e Angeronalia venivano festeggiate (dal 17 al 23 dicembre). La dea veniva associata ad altre divinità, tra le quali: Opis, dea romana della fertilità, dell'abbondanza e della gravidanza; Muta dea dei campi e soprattutto silenziosa anche lei. [2]

Fu il calendario giuliano, promulgato da Giulio Cesare nel 46 a.C., a fissare l'inizio dell'anno al 1° gennaio, mentre prima era il 1° marzo. Il nuovo primo giorno dell'anno fu dedicato ai festeggiamenti di Giano Bifronte (Janus, in latino ianua) il dio che evocava la porta, sia quella della casa privata sia quella delle vie della città. La divinità dai due volti, protettrice delle porte ruotava sulla sua terza faccia invisibile, l'asse del mondo, (poi identificata con Cardea, sua moglie, nei *Fasti* di Ovidio, e descritta come una maga, protettrice di bambini e

cacciatrice di vampiri (all'epoca identificati con le arpie). Il dio Giano, veniva considerato Dio dell'apertura e dell'inizio, cioè del principio di ogni azione – militare, di commercio e artigianale – protettore del principio della vita, ovvero il concepimento del mondo e di tutte le creature, per questo definito in tal senso Ianus Pater, padre di tutti gli uomini, di tutta la Natura e dell'Universo. [3] A questa divinità, i sacerdoti offrivano farro, focaccia e incenso per propiziare i raccolti del nuovo anno. Quello stesso giorno i Romani usavano far visita agli amici e scambiarsi doni. Giano bifronte, primo re del Lazio, ottenne da Saturno, (per la sua ospitalità dopo essere stato detronizzato dal figlio Giove (il greco Zeus) il dono di vedere sia il passato che il futuro, all'origine della sua rappresentazione bifronte. Ecco perché parlare del dio Giano, parlando del convertitore dei solstizi, è sembrato perfetto.

Inoltre, parlando di Divinità, mi viene naturale citare Perseo (il Figlio di Zeus e di Danae), vista la presenza della statua di Andromeda nella Villa di Tiberio e data l'ipotesi, proposta nella collaborazione tra l'ENEA e l'Osservatorio Astronomico di Genova, secondo cui la statua Andromeda dovesse essere stata collocata in una nicchia esterna alla grotta per poter fungere da gnomone per la celebrazione del solstizio invernale (vedi Atti del XXII Seminario di Archeoastronomia ALSSA). Perseo fu l'eroe famoso per aver ucciso la gorgone Medusa, la quale pietrificava col suo sguardo; dopo averle tagliato la testa, vedendo la sua l'immagine dormiente riflessa sullo scudo donatogli da Atena. Dal sangue di Medusa nacque poi Pegaso, un cavallo alato che aiutò Perseo a sfuggire dall'inseguimento delle altre due Gorgoni, accompagnandolo in altre mirabolanti avventure, fra cui la liberazione di Andromeda (principessa orientale di "Etiopia", che poi avrà in sposa) da un mostro marino, confondendolo – secondo una delle leggende – con i giochi di luce che i raggi del Sole provocavano nell'acqua e sul suo scudo. [4]

Quindi lo Specchio che ho suggerito di usare come convertitore dei solstizi, con i suoi riflessi continua ad essere il soggetto determinante dell'articolo, guardato secondo ogni angolo, dallo scientifico, al mitologico, al mistico, al quotidiano.

7. I fenomeni luminosi

I fenomeni luminosi, nel corso dei secoli, hanno suggerito varie teorie sull'origine della luce, ma solo a partire dalla seconda metà del Seicento si è tentato di interpretarne la natura fisica. I primi dibattiti risalgono all'antica Grecia, e si fondavano sulla percezione visiva, Euclide nell'*Ottica*, introdusse il concetto di "raggi visuali" responsabili della visione, i quali sarebbero provenuti dall'occhio umano e non dall'oggetto osservato. La teoria di Euclide venne ripresa e sviluppata e, nel 1600, si giunse alla separazione della percezione visiva e fisica della luce. Il "modello corpuscolare", sostenuto da Newton (1642 -1727), affermava che «la luce è un flusso di particelle microscopiche (corpuscoli) emesse dalle sorgenti luminose».

Il "modello ondulatorio" proposto da Christiaan Huygens (1629-1695), avanzò l'ipotesi che la luce fosse costituita da onde in grado di propagarsi trasferendo energia, non materia. Agli inizi del 1900, Albert Einstein (1879-1955), affermò la duplice natura della luce: che si comporta alcune volte come un'onda, altre come un corpuscolo. [5]

Il Convertitore dei Solstizi si basa sulla propagazione rettilinea della luce, che è una importante caratteristica schematizzata graficamente con un raggio luminoso che definisce il percorso della propagazione della luce. Per contribuire ad identificare fenomeni di proiezioni

solari, in ogni progetto di architettura, l'osservazione di ciò che ci sta intorno – tanto di origine astronomica quanto terrestre – è determinante, così come lo studio delle geometrie “sacre”, che anticamente contribuivano allo studio mistico e matematico della contestualizzazione architettonica di eventi scenografici prodotti dagli effetti solari in un dato posto e in un dato momento.

Nella Grotta di Tiberio, la vasca circolare interna piena di acqua, influenzava le proiezioni dell'ombra prodotta dal soggetto posto di fronte al convertitore di solstizi che incanala i raggi verso il punto oggetto di studio, situato oltre la vasca; per questo è importante l'analisi del colore e dell'acqua e le leggi fisiche che regolano il fenomeno.

La “luce bianca” emessa dal Sole, è composta in realtà da una serie di onde elettromagnetiche che, prese singolarmente, sono percepite con un proprio colore, ma messe tutte insieme producono il fenomeno di trasparenza. La luce che attraversa l'acqua, ha un ‘assorbimento selettivo’ differenziato per i vari colori in funzione della profondità che essa raggiunge. Le varie componenti cromatiche della luce sono assorbite dall'acqua a profondità differenti. La componente rossa sparisce già dopo i primi 5 m, l'arancione potrà arrivare fino a circa 15 m, il giallo fino ai 30 m e il verde fino anche a 50 m. Da quella profondità in poi, il paesaggio sottomarino sarà solo caratterizzato dal colore blu.

Queste considerazioni inducono a pensare che il tono della luce presente nella grotta di Tiberio, data dalla sovrapposizione di luce solare diretta, luce riflessa dalla superficie dell'acqua della vasca e luce diffusa generata dal fondo della vasca (in percentuali dipendenti dall'elevazione del Sole e quindi mutabili di ora in ora), era fortemente condizionato dalla presenza dell'acqua e dei fenomeni di rifrazione, riflessione e propagazione ad essa connessi.

8. L'uso dello specchio nel tempo

La prima superficie riflettente conosciuta dall'uomo è stata l'acqua, dei mari dei fiumi degli stagni, della rugiada, e a questa proprietà se ne attribuiva quasi una componente magica in ogni cultura.

I primi ritrovamenti di materiale riflettente risalgono a circa il 6000 a.C. in Anatolia, dove sono state ritrovate alcune pietre levigate riflettenti. Del 4500 a.C. sono i primi specchi rinvenuti nella regione del Nilo, a El-Badari, composti da una lastra in selenite con bordo in legno, e un disco in ardesia ampio ventotto centimetri di diametro, con un foro per appenderlo; gli archeologi notarono che se la superficie veniva bagnata consentiva di specchiarsi abbastanza nitidamente. In Egitto gli specchi venivano usati per riflettere il volto maschile e femminile durante la cura del proprio corpo e per illuminare l'interno delle piramidi con la luce riflessa del Sole mentre gli schiavi vi lavoravano.

Le prime superfici riflettenti di rame, bronzo, in argento e lega metallica, che permettevano il riflesso dell'ombra risalgono al 2500 a.C. e sono state rinvenute in Egitto ed in Mesopotamia. Dal 2000 a.C. si trovano reperti in Cina. Del I secolo a.C., a piombo o stagno, ne sono stati ritrovati alcuni, ricomposti in piccoli specchi, in Asia Minore e di Età Imperiale. [6] Il riflesso dell'immagine prodotta da uno specchio di questo tipo era poco nitida o deformata se la superficie era curva, e comunque per la visione era indispensabile uno sguardo ravvicinato e rivolto verso il basso. Proprio la mutabilità delle immagini riflesse, varianti a seconda della luce

e angolazione, resero lo specchio simbolo di vita e di forza rigeneratrice, si pensava di poter vedere la propria anima rendendola immortale, o prigioniera a seconda delle culture che spesso lo ritenevano un elemento indispensabile nel corredo funerario.

Lo specchio veniva usato anche per molti rituali, come ad esempio nella “danza degli specchi” che sfruttava la luce del Sole per creare particolari “effetti speciali”, come quelli visibili nel monumento funerario di Mereruka, visir al servizio del faraone Teti della VI dinastia egizia, a Saqqara, in uno degli ambienti dedicati alla sua sposa Neferhetpes, detta Sesheshet. [7] O come nelle processioni per la dea Iside: le partecipanti portavano specchi sulla schiena così che l’immagine della dea, posta in chiusura al corteo, si riflettesse in essi per i fedeli che la seguivano. [8]

I primi specchi erano circolari, forse perché tale sagoma veniva associata al culto lunare, tanto è vero che gli Egizi definivano lo specchio anche “disco”, riconducendo l’oggetto al culto della Luna e del Sole.

Degli specchi greci, si conoscono anche i tipi a scatola quadrangolare. Pitagora sosteneva di poter “scrivere sulla luna” attraverso uno specchio convesso, con l’inchiostro prodotto da fave che considerava piante magiche dotate di una potenza misteriosa e cosmica. Lo specchio naturale per eccellenza veniva considerata la Luna, che anticamente (anche se non ha le proprietà che consentono la riflessione) si pensava riflettesse il Mare Esterno della Terra, assumendo i lineamenti di un volto femminile. [9]

Seneca, nelle sue *Naturales Quaestiones* (I,17,5) parlò dello specchio nei seguenti termini:

⁴ “Gli specchi sono stati inventati perché l’uomo conoscesse sé stesso, ricavandone molti vantaggi, prima di tutto la conoscenza di sé, ... ⁵ Una sorgente trasparente o un sasso liscio rinvia a ciascuno la sua immagine: or ora mi vidi sul lido, mentre il mare giaceva immobile senza venti. Quale credi che sia stato il tipo di vita di coloro che si pettinavano davanti a uno specchio di questo genere ... ⁶ ... si cominciò ad usare il ferro ... subito si preparò appositamente per questo uso un disco che non aveva ancora lo splendore dell’argento, ma era fatto di materia fragile ... ⁸ Poi, quando ormai l’amore del lusso aveva instaurato il suo dominio, furono fabbricati specchi delle dimensioni di un intero corpo, cesellati in oro e in argento, e poi adornati di pietre preziose ...” [10]

Il bronzo (lega di rame e stagno) era il materiale che costituiva gli specchi di tradizione greca ed etrusca; la loro forma per lo più circolare era abbellita sul retro con incisioni a soggetto mitologico. Con gli Etruschi, dal II a. C., si crearono specchi fusi in bronzo, a manico fuso o riportato, impreziositi da incisioni di scene eroiche e mitologiche; i Romani iniziarono poi a porre sopra gli specchi di bronzo una patina d’argento.

Molti degli specchi egizi e romani sono stati costruiti per osservare i movimenti in mare a lunghissime distanze, permettendo così la visione della nave giorni prima dell’arrivo in porto: da ciò nacque la leggenda che con lo specchio si potesse prevedere il futuro. Nella sua *Naturalis Hiatoriae*, Plinio (XXXIV,7) racconta che il celebre Colosso di Rodi era in bronzo e portava al petto uno specchio grandissimo che consentiva di vedere le navi che lasciavano l’Egitto passando sotto le gambe della statua, simmetrica, al Faro di Alessandria predisposto al medesimo controllo del mare. Alcuni fari utilizzavano gli specchi ed emanavano una luce intensa come quella di una stella o della Luna visibile da una distanza di centomila passi.

Lo studio e la sperimentazione della Catottrica (parte delle scienze matematiche che tratta dei raggi riflessi) fu utilizzato a scopo bellico dal matematico Archimede nel 212 a.C., durante la seconda guerra punica per incendiare le navi dei Romani (che sotto la guida del console Marcello, stavano assediando la città di Siracusa). Le stesse armi sembrano siano state utilizzate nella difesa di Costantinopoli nel 514 d.C. Il filosofo francese del XVII secolo René Descartes (conosciuto come Cartesio) mise in dubbio l'utilizzo di queste armi, asserendo che lo specchio avrebbe dovuto essere di grandi dimensioni per sviluppare un calore in grado di provocare un incendio più lontano del porto stesso; questa analisi verrà poi studiata, ripresa e smentita più volte nei secoli come vedremo anche in seguito.

Nel Medioevo, lo specchio, inizia a comporsi con lastre di vetro soffiato, poste su sagome di piombo fuso, dove veniva posto un fine strato di lamiera metallica lucidata. La difficoltà del processo portava spesso a creare specchi lievemente ricurvi, ma l'immagine, anche se un po' deformata, era abbastanza chiara. Con lo specchio venivano creati oggetti di oreficeria, incorniciati da pietre preziose, diventando il simbolo di lussuria, vanità, superbia, tanto da venire considerato dalla chiesa un oggetto del peccato e, contraddittoriamente, anche un simbolo di purezza (*speculum virginis*), saggezza.

In questo periodo, Roger Bacon (conosciuto anche col nome latinizzato di Ruggero Bacone) in *Opus Majus* (p.v. *De scienza perspectiva*, nel cap. IV: *De Multiplicatione specierum*) suggerisce un miglioramento della camera oscura tramite l'aggiunta di uno specchio davanti al foro, allo scopo di raddrizzare l'immagine invertita per effetto della proiezione, che era utile allora ai pittori.

Nel 1400, lo specchio entra nel mondo del design e dell'arredamento a Venezia, dove si affermò il mobile da toeletta. Nello stesso periodo in Inghilterra e in Germania si affermava la produzione di specchi a mercurio e stagno.

Nel 1513-1516, Leonardo da Vinci, aveva lavorato in Vaticano con due tecnici tedeschi, fabbricanti di specchi, per creare attrezzature per lo sfruttamento dell'energia solare ad uso industriale-tessile, per interesse dei Medici. Lo stesso Leonardo scrive in una nota in "*Studi di specchi parabolici a grande raggio per lo sfruttamento dell'energia solare*", 1513-1515: «Con questo [specchio parabolico] si farà bollire ogni gran caldaia di tintoria. E da questa sarà scaldata una peschiera perché sempre vi sarà acqua che bollirà. Un sistema dunque di riscaldamento centrale per alimentare anche le piscine ... in cui immergere i tessuti ...» [11]

Nel 1569, a Venezia, nell'isola di Murano, nasce la corporazione degli Specchieri, e si iniziò a produrre specchi cristallini, montati anche in piccole custodie tascabili (o Libretti) che si iniziarono ad esportare in Europa, dove la produzione di specchi si concentrava in Germania e Olanda. Nel 1611, Galileo Galilei, viene a conoscenza di un fabbricante di occhiali olandese Z. Janssen e, utilizzandoli e perfezionandoli per le sue visioni astronomiche, costruisce il telescopio. Giacomo Della Porta nel 1612, ne rivendica la paternità (illustrando la lettera inviata a Federico Celsi nel 1609 dove indica la costruzione dello strumento) riconoscendo a Galilei di averne individuato le qualità applicative.

Johannes Kepler nella *Dioptrice* (1611) suggerisce ulteriori perfezionamenti. Nel 1636, Bonaventura Cavalieri, allievo di Galileo, osservando gli specchi ustori, apporta una modifica al cannocchiale di Galileo, con uno specchio concavo di 45°, precorrendo la realizzazione di quello di Newton. Nel 1639, Cartesio, in una lettera a Mersenne, scrive: "Nonostante tutto quello che è stato scritto di Archimede, è impossibile fare uno specchio che incendia a una lega di distanza se non è di una grandezza eccessiva". [12] Cartesio e Marsenne si oppongono all'idea di Athanasius

Kircher (padre gesuita, filosofo, storico e museologo tedesco) che avanza l'ipotesi che il congegno bellico di Archimede poteva funzionare se fatto con specchi piani, che ne moltiplicavano il calore. Le diatribe sul congegno di Archimede continuarono, così come gli studi sulla misurazione della velocità della luce e le nuove invenzioni attribuite, grazie all'ausilio degli "specchi" che, nel 1600, furono realizzati a Venezia «di vero cristallo», battendo la concorrenza dei vetrai tedeschi di Basilea, Olandesi e Londinesi.

In Francia, ai tempi di Luigi XIV, si decise di creare una vera e propria industria vetraia lanciando un'operazione di spionaggio industriale a Venezia (che si assicurò il segreto dei mastri vetrai, per il controllo totale sulla tecnica di produzione con il Consiglio dei Dieci) che però fallì. La Francia allora invitò alcuni maestri vetrai veneti a lavorare nella propria fabbrica di Parigi, ma presto furono avvelenati da mandatari del Consiglio dei Dieci, della Repubblica Veneziana, che costrinse la Francia a stipulare un accordo per importare gli specchi di Murano, fino alla proibizione bandita cinque anni dopo l'accordo.

Gli specchi continuano ad avere un ruolo decisamente sostanziale nelle scoperte scientifiche. Nel 1668, Isaac Newton presenta gli studi di un nuovo telescopio, ispirato da un perduto testo antico riguardante il mitico faro di Alessandria. Il faro era dotato di uno specchio (posto sulla sommità) che accoglieva le luci provenienti dal mare e le rifletteva su uno specchio concavo collocato all'interno del faro (nel fondo) così da ingrandirne l'immagine. Dunque il faro, non era altro che un "tubo ottico" a pozzo, simile al telescopio riflettore newtoniano, reinventato nel 1672, e modello per gli attuali telescopi. [13]

Nel 1747 Georges-Louis Leclerc, conte di Buffon (1707-1788), naturalista, matematico e cosmologo francese, esponente del movimento scientifico legato all'Illuminismo, ripropone (assumendosi la paternità dell'idea) nel Jardin des Plantes (a lui affidato nel 1739) un sistema mobile di specchi in grado di fondere piombo e stagno, con soli 148 specchi piani, regolabili posti alla distanza di centocinquanta piedi dai metalli.

Con l'avvento delle specchiere di grandi dimensioni i palazzi signorili furono inondati di luce, anche di notte con l'utilizzo delle lumiere (piccoli specchi da parete, con bracci reggi-candele), in uso a Venezia e in Francia, dove fu di moda lo specchio sopra il camino ed inserito nei mobili neoclassici del primo '800 Europeo. Nel 1831, Étienne-Gaspard Robert (1763-1837), conosciuto anche come "Robertson", fisico di Liégeois (ora parte del Belgio), docente di fisica e appassionato delle tecniche di proiezione (utili per i suoi spettacoli), perfezionò il marchingegno di Buffon, apportando una rotazione degli specchi ancor più ampia.

Nel 1849 il fisico francese Armand Hippolyte Fizeau (1819-1896) determina sperimentalmente la velocità della luce nell'aria, senza ricorrere ad osservazioni astronomiche, basandosi su un congegno di specchi ed una ruota dentata, velocità stimata a 313 300 km/s. Successivamente, questo strumento fu perfezionato dal fisico francese Jean Bernard Léon Foucault (1819-1868) che determina una velocità della luce nell'aria, pari a 298 000 km/s, «che nell'acqua è uguale a circa $\frac{3}{4}$ della velocità di propagazione nell'aria». Nel 1923, Albert Michelson (1852-1931) perfezionando ancora il sistema è stato in grado di misurare il rapporto tra la velocità della luce nell'aria e la velocità della luce nell'acqua trovando per la velocità della luce nell'aria il valore di 299 792,5 km/s, un valore molto vicino a quello attualmente accettato, che nel vuoto è di 299 792 458 m/s (o 299 792, 458 km/s). Nell'aria la velocità della luce ha un valore leggermente inferiore rispetto alla velocità nel vuoto e per entrambe queste velocità si usa spesso il valore approssimato di 300 000 km/s. Secondo la teoria della relatività, ampiamente confermata da dati sperimentali, questa velocità è la massima possibile ed è sempre la stessa in tutti i sistemi di riferimento. [14]

Un sorprendente gioco catottrico fu proposto il 20 luglio 1936 a Olimpia, dove la torcia olimpica, venne accesa con uno specchio parabolico. [15]

Nel 2005, David Wallace, professore al MIT, il Massachusetts Institute of Technology, ripete l'esperimento di Archimede, decretandone il successo, sperimentando che con un collage di 127 specchi di lato pari a circa 30 centimetri a circa 30 metri da un modello di una nave di legno era possibile riottenere, in miniatura, l'esperimento degli specchi ustori: la nave in 10 minuti prese fuoco. [16] Lo specchio, l'intuizione di Archimede e quella di Leonardo, hanno così ispirato altre macchine, per far evaporare le acque salate, per depurare oro e argento, per fertilizzare il suolo, fino ad arrivare gli odierni forni ad energia solare, come quelli di Montluis o Odeillo Font-Romeu, e perfino stazioni solari orbitanti (Powersat). Nel 2006, a Viganella in Piemonte (Italia), uno specchio ha aiutato ad illuminare una valle scura; questo è stato ripetuto, applicando lo stesso sistema nel 2013, in una zona di Riuca in Norvegia.

Oggi lo specchio è ancora considerato un elemento rilevante nel campo dello sviluppo scientifico, impiegato nella costruzione di telescopi e macchine industriali, laser e interferometri.

Nel 2020, illuminante ad un altro e alto livello, è stata la divulgazione nella conferenza stampa del 2 settembre nel rettorato dell'Università di Perugia, sulle sensazionali scoperte scientifiche realizzate dai ricercatori del progetto di Virgo e Ligo, (sistema di sospensione degli specchi): due interferometri che, analizzando il cielo alla ricerca di onde gravitazionali, sono riusciti a rilevare la fusione di due buchi neri.

Nel 2021, a settembre, tutti i giornali ci hanno informato che esiste una quinta forza nella natura, a lungo teorizzata ma mai "vista", svelata per quello che ora è possibile da un gruppo di ricerca guidato dal National Institute of Standards and Technology (NIST) che simultaneamente è riuscito a misurare una proprietà chiave dei neutroni che non era stata mai rilevata. Puntando ai neutroni, particelle localizzate nei nuclei atomici e prive di carica, in particolare quelli di cristalli di silicio, e monitorando con una precisione senza precedenti il risultato.

9. In conclusione

Da quanto si è detto, si evince che gli specchi hanno contribuito, e contribuiranno in futuro allo sviluppo della scienza. "Anayansi-convertitore di solstizi" è una intuizione, diventata un primo prototipo funzionante, grazie solo all'entusiasmo di Giuseppe Veneziano (Osservatorio Astronomico di Genova), dell'archeologa Marina De Franceschini, e di Francesco Flora e del gruppo ENEA, che ha saputo trasformare uno specchio e la sua base mobile, con interventi sostanziali, in un oggetto che ha risposto positivamente alla sua funzione nel primo rilevamento. Dopo questa fase iniziale, sono state apportate al sistema nuove modifiche che non vediamo l'ora di sperimentare, in un nuovo entusiasmante futuro rilevamento.

Sono fiduciosa che questo elementare strumento potrà evolversi ulteriormente ed essere d'ispirazione per qualche applicazione pratica, specialmente in campo astronomico, sperando che ci induca ancora di più a guardare al Sole, padre o madre di tutte le civiltà, considerando le sue potenzialità e la sua magia.

Bibliografia

- [0] Forlini Ochoa Anayansi, 2007, *La luz natural en los museos de arte del norte del Mediterráneo*, tesi di dottorato, Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, Departament de Construccions Arquitectòniques I.
- [1] Galiano Paolo, Massimo Vigna, 2013, *Il tempo di Roma – Dèi e feste nel calendario di Roma*, Ed. Simmetria, Roma.
- [2] www.verdeazzurronotizie.it/nellantica-roma-21-dicembre-angeronalia-o-divalia-e-bona-dea/
- [3] www.civiltalaica.it/cms/index.php/origini-del-solstizio-destate.html
- [4] www.treccani.it/enciclopedia/tag/Perseo/
- [5] Cutnell J. D., Johnson K. W., 2010, *Elementi di fisica*, Zanichelli Editore, Bologna, p. 369. Immagine tratta da Cutnell J. D., Johnson K. W., Op. Cit., p. 369
- [6] Goldberg Benjamin, 1985, *The Mirror and the Man*, University Press of Virginia, Charlottesville, p.39, 40. 8 A.
- [7] D'Amicone Elvira, Fontanella E. (a cura di), 2007, *La donna nell'antico Egitto*, Nefer Editore.
- [8] AA.VV., 1903, *Cronache della civiltà elleno-latina*, rivista quindicinale, Biblioteca Nazionale Centrale di Roma, digitalizzazione:18 dicembre 2017.
- [9] Sole G., 2004, *Il tabù delle Fave (Pitagora alla ricerca del Limite)*, Rubbettino Editore, p.49.
- [10] www.perungiorno.it/seneca-naturales-quaestiones-libro-01-15-17.html
- [11] Marinoni A., 2006, *Il Codice Atlantico della Biblioteca Ambrosiana di Milano di Leonardo (da Vinci)*, Giunti Editore - La Repubblica - Il Sole 24 Ore, 2006, Cit. tratta da pp. 170-176.
- [12] Baltrušaitis J, 1981, *Lo specchio*, Adelphi Editore.
- [13] Ca, 2010, *Drawing and light*, Alinea Editrice, Pag70.
- [14] Amaldi U., *Suono e luce, induzione e onde elettromagnetiche*, Zanichelli Editore, Bologna, cit. p. 423.
- [15] www.olympics.com/it/olympic-games/berlin-1936/torch-relay
- [16] www.newton.corriere.it/PrimoPiano/News/2005/10_Ottobre/24/archimede.html

Primi risultati di *Sunpass* sul Survey-KIT

*Francesco Flora^a, Fabrizio Andreoli^a, Sarah Bollanti^a,
Domenico De Meis^b, Gian Piero Gallerano^a, Paolo Di Lazzaro^a,
Luca Mezi^a, Daniele Murra^a, Luca Murra^c*

a - ENEA, Dip. Fusione e tecnologie per la Sicurezza Nucleare,
Centro Ricerche Frascati, Via Fermi 45, 00044 Frascati (RM)

b - Università di Roma Tor Vergata, Dip. di Ingegneria Industriale,
Via del Politecnico 1, 00133 Roma

c - Studente dell'Università di Roma "La Sapienza",
p.le Aldo Moro 5, 00185 Roma



1. Introduzione

Nel XXI Seminario di Archeoastronomia dell'Associazione Ligure per lo Sviluppo degli Studi Archeoastronomici [1], era stata presentata l'App "Sunpass" e le sue potenzialità in archeoastronomia. Questa App sfrutta gli stessi algoritmi della bussola solare ENEA [2-6] e consente di trasformare qualsiasi telefono smartphone in un'accurata bussola solare, arricchita di varie funzioni di interesse amatoriale (Funzioni: "Indica Rotta" e "Misura Decl. Magnetica"), professionale (Funzioni: "Installa Antenna", "Installa Pannello Solare", "Orientamento UTM" e "Rilevamento Azimut") ed astronomico (Funzione: "Effemeridi").

Una volta installata l'App sul proprio smartphone, l'utilizzatore è in grado di avviare tutte le funzioni sopra descritte senza bisogno di alcun elemento aggiuntivo. Tuttavia, le migliori prestazioni si hanno, come indicato in [1], solo abbinando al cellulare specifici KIT, denominati "Orienteering-KIT" e "Survey-KIT", che permettono di raggiungere (in particolare con la funzione "Rilevamento Azimut") precisioni sui valori di azimut forniti dal cellulare rispettivamente di 0.5° e 0.1° .

I KIT infatti consentono a Sunpass di rilevare la direzione del Sole tramite la fotocamera del cellulare (che avviene inquadrando una riga di luce solare, proiettata sul fondo del KIT, che filtra attraverso una fenditura verticale posta su un lato del KIT stesso) anziché mediante un semplice puntamento manuale verso il Sole di una freccia digitale mobile da parte dell'operatore. Al momento della presentazione al XXI Seminario (marzo 2019), l'App era ancora in fase evolutiva ed era disponibile commercialmente solo l'Orienteering-KIT ovvero il KIT più semplice e meno preciso, riportato in Fig. 1. Oggi, grazie soprattutto ai numerosi suggerimenti pervenuti dalla comunità degli archeoastronomi, l'App è stata perfezionata ed ultimata. Contemporaneamente, è stato sviluppato il primo prototipo del Survey-KIT di cui qui si riportano i primi risultati ottenuti.

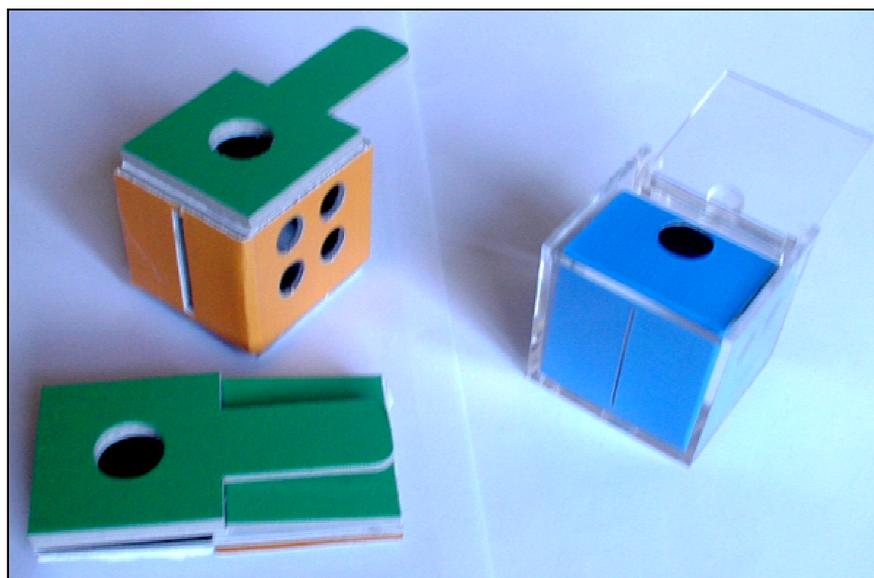


Figura 1: L' "Orienteering-KIT" in versione pieghevole (a sinistra) e in versione "bamboniera di plexiglass" (a destra). Il KIT viene posto sotto il cellulare (che va tenuto orizzontale), con il foro superiore coincidente con la fotocamera del cellulare. Quest'ultima cattura l'immagine, sul fondo della scatola, della riga di luce solare che filtra attraverso la fenditura verticale che si osserva sulla parete.

2. La struttura del Survey-KIT

Il Survey-KIT (S-KIT), mostrato in Fig. 2, è stato progettato per essere adattabile a qualsiasi cellulare ed è concettualmente simile all'Orienteering-KIT. Esso offre però numerosi e fondamentali vantaggi:

- 1) Il KIT è in lega di alluminio, anziché di cartone o plexiglass, ed è lavorato tramite fresa a controllo numerico.
- 2) Oltre ad essere fornito di tre gambe per un posizionamento autonomo, il S-KIT è anche predisposto per essere sostenuto da un treppiede di tipo fotografico e prevede un comodo e stabile alloggio del cellulare. Questo consente al cellulare di poter stare fermo.
- 3) La fenditura è realizzata su una scatola cilindrica girevole, in modo da poter essere sempre orientata approssimativamente verso il Sole, restando comunque sempre perfettamente ortogonale al piano del S-KIT ovvero al piano di appoggio del cellulare.
- 4) Il S-KIT è munito di un mirino di puntamento (di tipo per fucile da caccia) che consente di allineare con precisione uno dei due lati del cellulare nella direzione del bersaglio di interesse, della cui direzione di osservazione si vuole conoscere l'azimut.



Figura 2: Il primo prototipo del Survey-KIT con: (1) barra di appoggio scorrevole per rapido riposizionamento del cellulare; (2) binari standard (Picatinny rail) per l'innesto del mirino, disposti a $90^\circ \pm 0.01^\circ$ tra loro, agganciati ad una piastra scorrevole; (3) mirino da fucile di tipo diottrico innestabile lungo le 4 direzioni principali ; (4) piastra scorrevole con distanziatori regolabili (adatti a spingere sul cellulare evitando di toccare i suoi pulsanti) per consentire di posizionare il cellulare con la fotocamera centrata sul cilindro-fenditura; (5) cilindro con fenditura orientabile da -45° a $+45^\circ$ rispetto alla normale al bordo frontale della piastra; (6) foro per l'affaccio della fotocamera sul fondo del cilindro; (7) elemento di contrasto alla piastra 4, avvvitabile su diverse posizioni, su cui va appoggiato il lato sinistro del cellulare); (8) gambe di appoggio per tavolo (tre in tutto, di cui due disposte parallelamente all'asse frontale del S-KIT).

3. La calibrazione del Survey KIT

Come menzionato, il S-KIT è realizzato tramite fresa a controllo numerico. Questo comporta un'accuratezza sulle dimensioni meccaniche e sulle squadrature ($\Delta x < 0.01 \text{ mm}$, $\Delta \theta < 0.01^\circ$) significativamente migliore di quella dei telefoni cellulari.

Tuttavia, sia internamente al cellulare e sia nell'abbinare il cellulare al S-KIT, possono esserci alcune fonti di errore sistematico che conviene eliminare attraverso una semplice calibrazione, eseguibile senza bisogno di particolari strumenti in circa 1 ora.

Un primo fattore meccanico che potrebbe inficiare la precisione del S-KIT, in assenza della suddetta calibrazione, è rappresentato da un disallineamento dell'accelerometro interno del proprio cellulare, un sensore dal quale Sunpass deve poter ricavare (con la maggiore precisione possibile) l'inclinazione del S-KIT su cui è appoggiato il cellulare. Questo tipo di problema è rappresentato nella Fig. 3.

Il disallineamento dell'accelerometro rispetto al cellulare che lo contiene riguarda i tre angoli principali: l'angolo di pitch $\Delta 1_P$ (abbassamento/innalzamento del frontale del cellulare ovvero rotazioni intorno al lato corto del cellulare), l'angolo di roll $\Delta 1_R$ (abbassamento/innalzamento laterale del cellulare ovvero rotazioni intorno al lato lungo del cellulare) e rotazioni di yaw (rotazione del cellulare sul suo piano principale, ovvero rotazioni intorno alla normale al display). Il disallineamento, chiamiamolo $\Delta 1$, dell'accelerometro è quindi un vettore con tre componenti angolari. In realtà, trattandosi in genere di errori inferiori ad 1° , il terzo componente del vettore, come mostrato in Fig. 3, è insignificante per la determinazione dell'inclinazione del S-KIT.

Per consentire la calibrazione dell'accelerometro, cioè l'apprendimento da parte di Sunpass del valore di disallineamento delle altre due componenti del disallineamento ($\Delta 1_R$ e $\Delta 1_P$) relative alle inclinazioni di roll e pitch, è stata inserita, tra le impostazioni di Sunpass, la funzione **“Calibra accelerometro”**. Questa funzione consente la calibrazione dell'accelerometro attraverso due procedure alternative (a scelta dell'operatore).

La prima prevede di appoggiare il cellulare su un tavolo di cui sia certa l'orizzontalità: premendo su un'icona, Sunpass acquisisce i due valori di inclinazione (falsa) forniti dall'accelerometro ($\Delta 1_R$ e $\Delta 1_P$) e li memorizza per sempre (fino ad una eventuale calibrazione successiva) come valori di offset da togliere sistematicamente ai futuri valori di inclinazione di roll e di pitch.

La seconda procedura prevede invece di appoggiare due volte il cellulare su un tavolo e ruotarlo (sul proprio piano di appoggio cioè intorno alla normale al tavolo) di 180° tra la prima volta e la seconda. Questa procedura è molto simile a quella adottata da tutti i muratori per calibrare la propria livella. Si tratta di una procedura che richiede 5 minuti circa, ma offre il vantaggio di non dover trovare un piano di appoggio che sia perfettamente orizzontale.

Quando si ruota di 180° il cellulare, le inclinazioni reali di roll e pitch (dovute appunto al fatto che il tavolo, in generale, non è orizzontale) del cellulare si invertono di segno mentre l'errore interno ($\Delta 1_R$ e $\Delta 1_P$) non si inverte affatto. Questo consente a Sunpass (calcolando il valor medio tra la prima e la seconda misura) di ottenere il valore del disallineamento dell'accelerometro.

In entrambe le procedure è di fondamentale importanza che il retro del cellulare sia perfettamente parallelo al tavolo e non venga invece inclinato dalla presenza di sporgenze (come ad esempio la fotocamera del cellulare o la presenza di una cover). A tal fine, si deve rimuovere la cover, se presente, ed interporre uno spessore (è sufficiente una coppia di matite uguali tra loro) tra il cellulare ed il tavolo in modo che solo la parte piana del retro del cellulare appoggi sullo spessore.

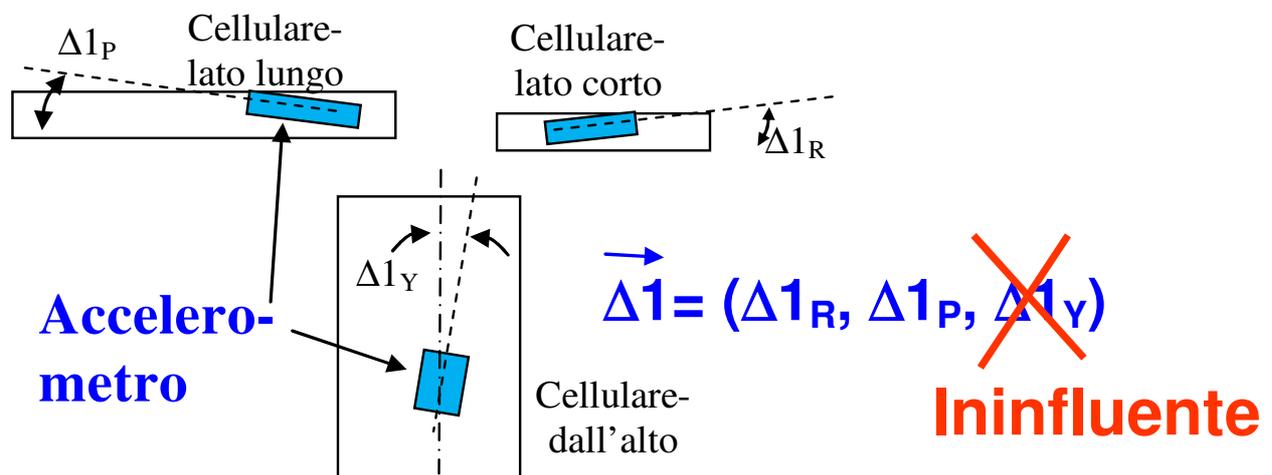


Figura 3: Il disallineamento dell'inclinometro/accelerometro del cellulare dovuto ad errori meccanici di fabbrica.

Un secondo fattore meccanico, sempre interno al cellulare, che può inficiare la precisione delle misure di azimut che si eseguiranno con il S-KIT, è costituito dal disallineamento interno del sensore di immagine (cioè la CCD della fotocamera del cellulare).

Anche in questo caso il disallineamento, chiamiamolo $\Delta 2$, è un vettore, ovvero coinvolge i tre angoli di pitch, roll e yaw, ma, contrariamente a quanto accade per l'accelerometro/inclinometro, l'unico disallineamento con serie conseguenze è quello di yaw, qui mostrato in Fig. 4a, mentre i disallineamenti su pitch e roll sono ininfluenti.

In questo caso, per calibrare il cellulare è necessario inserire al posto del cilindro con la fenditura un semplice dispositivo (fornito in dotazione al S-KIT) denominato "calibratore". Si tratta di un lamierino con una riga bianca che viene allineato con la struttura del S-KIT (mandandolo a battuta contro due delle tre gambe del S-KIT) e che simula la riga di luce normalmente proiettata sul fondo del cilindro. In questo caso la pendenza della riga è nota (0° rispetto al lato lungo del cellulare) e quindi il valore di pendenza della riga rilevato da Sunpass è proprio il valore di $\Delta 2$.

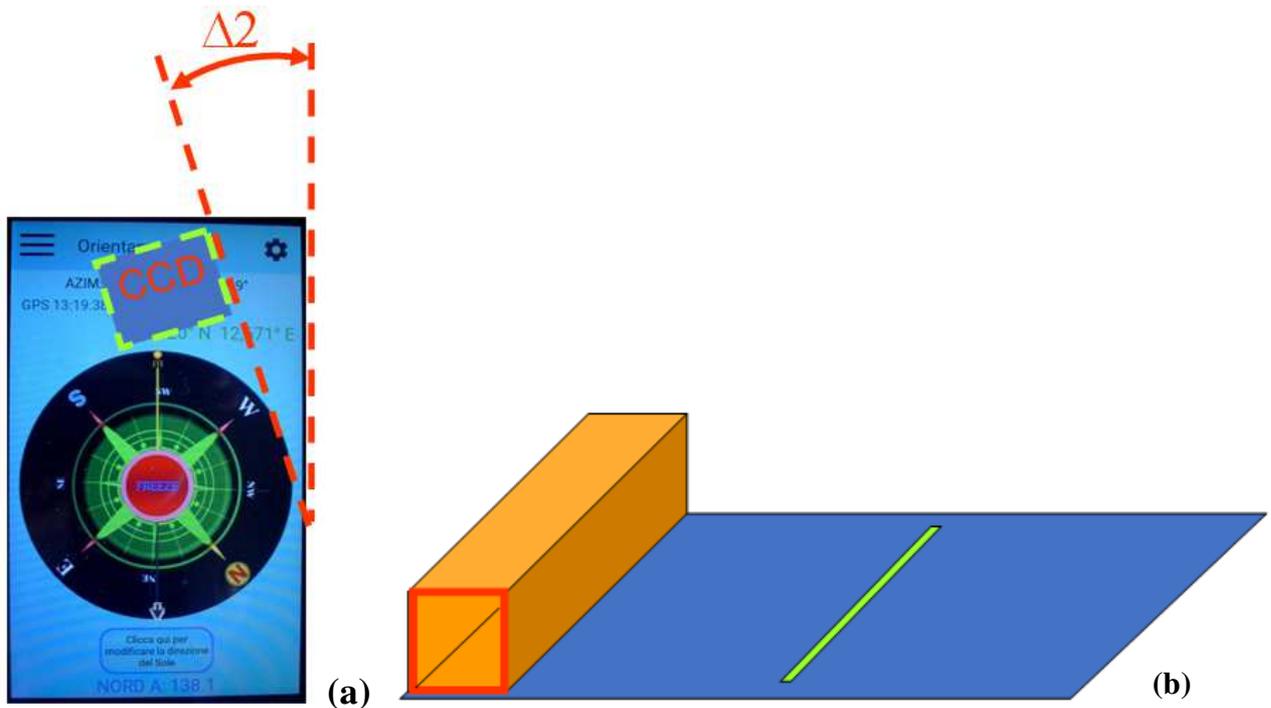


Figura 4: Il disallineamento $\Delta 2$ di yaw della CCD del cellulare (a) ed il calibratore (b) da posizionare sotto al S-KIT per l’acquisizione di “ $\Delta 2$ ” con Sunpass.

Per motivi che spiegheremo in seguito, il valore di $\Delta 2$ non viene automaticamente memorizzato dall’APP (al contrario di quanto avviene per il parametro $\Delta 1$): in questo caso è l’operatore che, rilevando il valore di $\Delta 2$ con la normale funzione “Orientamento” di Sunpass, lo deve inserire manualmente come “Parametro di Taratura” nelle impostazioni di Sunpass, mantenendone ovviamente il segno.

Un terzo ed ultimo fattore meccanico che può degradare la precisione delle misure di azimut riguarda il mirino di puntamento.

Il S-KIT viene fornito con un mirino di tipo “diottrico” [7], ma poiché i binari di alloggiamento del mirino sono standard, l’operatore può sostituirlo con qualunque altro mirino di suo gradimento.

In ogni caso, l’orientamento relativo tra binario e mirino, regolabile tramite due apposite viti di calibrazione nel mirino stesso, deve essere registrato in modo da garantire il perfetto parallelismo tra i due.

I mirini di tipo diottrico non hanno alcuna lente di ingrandimento e questo consente di puntare il centro del mirino (rappresentato da una croce luminosa che appare all’interno del mirino) contro uno specchio e di vedere, riflesso sullo specchio, il proprio occhio. Dopo aver posto uno specchio a battuta contro la piastra di supporto dei binari come mostrato nella Fig. 5, per calibrare il mirino è quindi sufficiente regolare le sue due viti di orientamento fino a quando la crocetta appare coincidente con l’immagine riflessa della propria pupilla.

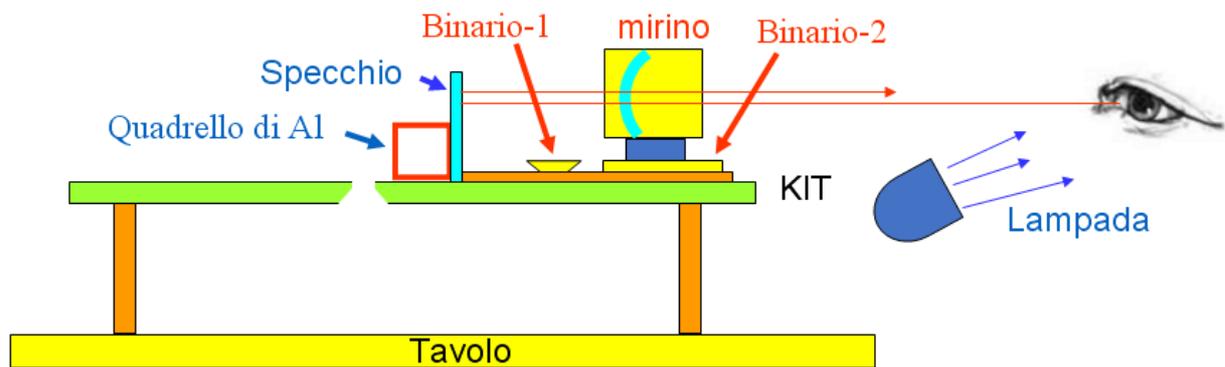


Figura 5: Calibrazione del mirino diottrico tramite osservazione della propria pupilla riflessa su uno specchio. Una lampada illumina fortemente il viso per compensare l'attenuazione provocata dal diottero.

Alcuni diottri attenuano al punto che è necessario illuminare fortemente il viso per poter vedere l'occhio riflesso. In alternativa, si può porre davanti al viso un foglio di carta bianco con un piccolo foro in corrispondenza della pupilla: l'elevato contrasto tra il bianco della carta ed il nero del foro rende più semplice il loro riconoscimento nell'immagine riflessa rispetto a quanto avviene con il volto.

In linea di principio, la calibrazione del mirino può essere eseguita montandolo su qualsiasi binario standard (non necessariamente uno dei due binari del S-KIT), purché si sia in grado di garantire l'ortogonalità tra lo specchio ed il binario.

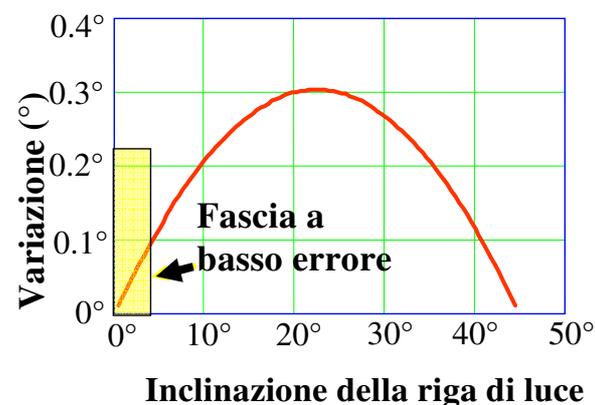
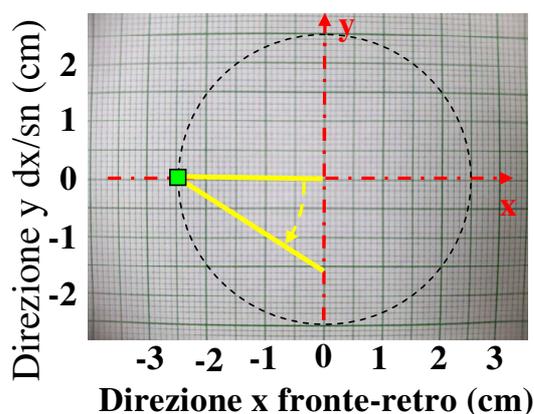
4. Minimizzazione delle deformazioni ottiche

Uno dei fattori determinanti che consentono alla bussola solare di alta precisione brevettata da ENEA, il cui principio di funzionamento è stato poi applicato a Sunpass, di raggiungere l'accuratezza di 1 primo d'arco è la totale assenza di componenti diottrici (ovvero di lenti o specchi curvi). Nel caso dello smartphone, il sensore di immagine del cellulare è intrinsecamente congiunto al suo obiettivo ottico. Conseguentemente, l'immagine della riga di luce che il cellulare cattura quando si usa Sunpass è affetta da deformazioni dovute alle aberrazioni ottiche dell'obiettivo. A titolo di esempio, in Fig. 6a si riporta l'immagine di un foglio di carta millimetrata posto sotto al S-KIT in sostituzione al cilindro-fenditura: gli effetti dell'aberrazione a "barilotto" sono molto evidenti.

Gli effetti di tali aberrazioni sulla pendenza della riga di luce, e quindi anche sul valore di azimut fornito da Sunpass, sono tutt'altro che trascurabili. Sempre a titolo di esempio, in Fig. 6b si riporta la differenza tra la pendenza vera di una riga di luce e quella che acquisirebbe Sunpass, ottenuta tramite simulazione, se si utilizzasse il medesimo cellulare usato per acquisire l'immagine di Fig. 6a (un Samsung Galaxy A7). Questa simulazione è ottenuta immaginando di tenere la fenditura frontale fissa rispetto al S-KIT mentre la direzione del sole sta cambiando ed immaginando che l'elevazione del sole sia tale da produrre una riga di luce lunga appena metà del campo visivo (vedi Fig. 6a).

Come si può notare, l'errore è nullo per una pendenza della riga originale di 0° (riga coincidente con l'asse "x"); poi, al crescere della pendenza della riga ovvero della coordinata "y" dell'estremità della riga, l'errore aumenta (rimanendo comunque inferiore ad un decimo di grado fino a pendenze di circa 4°) e diventa massimo (circa 0.3° di errore in questo caso) quando la riga ha una pendenza di circa 22.5° mentre ritorna a zero quando la pendenza arriva a 45° , cioè quando l'estremità della riga raggiunge il bordo destro del fondo del cilindro ($y = +2.5$ cm).

Questo non deve stupire: quando la riga va da un bordo ad un altro del fondo (cioè quando traccia una corda sul fondo del cilindro), per motivi di simmetria si annullano gli effetti dell'aberrazione di campo perché non cambia la pendenza media dell'immagine della riga, benché quest'ultima risulti arcuata anziché essere un segmento come la riga originale.



(a)

(b)

Figura 6: (a) Foto di un foglio di carta millimetrata posizionato sotto al Survey-KIT al posto del cilindro-fenditura, rappresentata dalla circonferenza tratteggiata (il quadratino verde indica la posizione della fenditura, le linee gialle la posizione della riga di luce al variare della direzione dei raggi solari); (b) corrispondente deviazione simulata dal reale valore di pendenza di una riga che partendo dal punto frontale del cilindro ($x=-2.5$, $y=0$) arriva ad intercettare in diversi punti l'asse delle ordinate ($x=0$) e lì termina.

Da questo esempio si deduce che le regole pratiche per minimizzare gli errori dovuti alle aberrazioni dell'obiettivo del cellulare sono due:

- 1) Orientare il più possibile la fenditura verso il sole (entro 2-3 gradi), facendo quindi in modo che la riga di luce passi circa per il centro del fondo del cilindro.
- 2) Scegliere le ore della giornata in cui l'elevazione del sole è sufficientemente bassa (meglio se inferiore ai 45°) in modo che la riga di luce attraversi tutto il fondo del cilindro, risultando quindi una corda completa.

Rispettare la prima regola è molto semplice: sul display del cellulare, Sunpass mostra non solo l'immagine real-time della fotocamera, ma anche la retta di best-fit della riga di luce, una linea di color verde di pendenza pari al valore di best-fit dei pixel della CCD che ha come termine noto il valore zero, quindi una retta sempre passante per il centro immagine ($x = 0$, $y = 0$). Per essere certi di aver rispettato questa regola è quindi sufficiente ruotare la fenditura fino a quando la riga di luce appaia centrata sotto la retta verde.

5. Risultati sperimentali

A partire da Febbraio 2021 sono stati condotti vari test sperimentali del prototipo di S-KIT. Al fine di poter confrontare i risultati con un valore teorico di riferimento, si è deciso di eseguire i test in luoghi panoramici da cui fosse visibile un bersaglio di coordinate geografiche note e sufficientemente lontano da consentire una stima del suo azimut teorico con un errore molto più piccolo di quello associato al S-KIT (0.1°).

L'algoritmo che consente di ottenere l'azimut teorico della direzione di puntamento del bersaglio a partire dalle coordinate geografiche del cellulare e del bersaglio stesso si basa sul modello ellissoidico della terra come descritto in [6] ed è stato implementato in Sunpass nella funzione "Indica Rotta". Per ottenere l'azimut teorico (cioè estratto dalle mappe geografiche) della direzione di osservazione di un bersaglio, definito come l'angolo tra due piani verticali che hanno in comune la verticale del cellulare e di cui uno contiene il meridiano del luogo di osservazione e l'altro il bersaglio, è sufficiente inserire le coordinate geografiche del bersaglio (in gradi e frazioni di grado usando almeno 5 cifre decimali) nella suddetta funzione di Sunpass.

L'algoritmo calcola l'azimut utilizzando il modello ellissoidico WGS84 che è un'ottima approssimazione della Terra, ma le coordinate geografiche ottenute da un normale GPS (come quello dei cellulari) o da normali carte geografiche (come quelle di Google Earth) hanno inevitabilmente un errore Δs , dell'ordine di alcuni metri, sulla posizione, da cui deriva un errore sulla stima dell'azimut teorico che, espresso in radianti, è approssimativamente pari a $2\Delta s/d$, dove d è la distanza del bersaglio dall'osservatore.

In Fig. 7 si riporta tale errore in funzione della distanza del bersaglio assumendo che le coordinate geografiche vengano fornite con un'accuratezza $\Delta s = 5$ m.

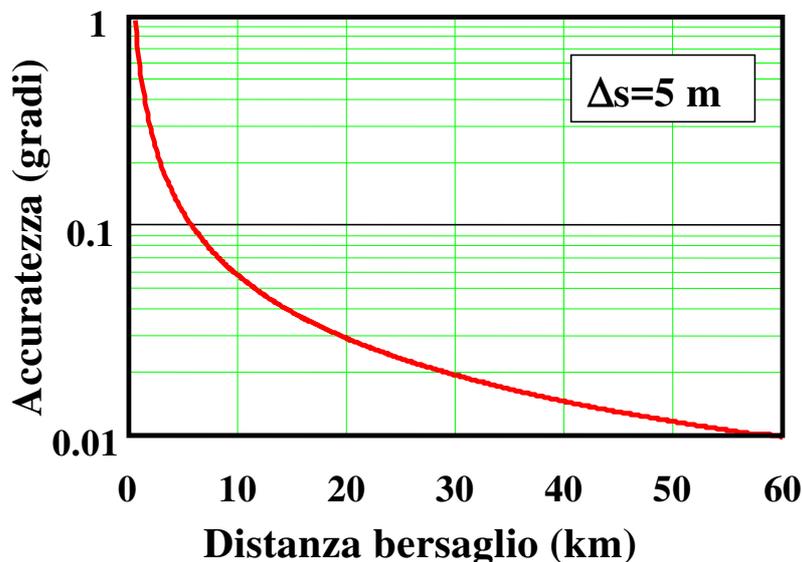


Figura 7: Errore sul valore teorico dell'azimut estratto da mappe geografiche per l'osservazione di un bersaglio assumendo che le coordinate geografiche dell'osservatore e del bersaglio vengano fornite con un errore $\Delta s = 5$ m.

Come si può notare dalla figura, i valori di azimut teorico con cui poter confrontare quelli sperimentali forniti da Sunpass con il S-KIT divengono significativamente più piccoli (circa 1/3) di quelli sperimentali (circa 0.1°) solo quando la distanza del bersaglio supera le decine di km (20 km nel nostro caso).

I luoghi in cui è stato sperimentato il primo prototipo del S-KIT sono due:

- Una postazione di osservazione interna al Centro Ricerche ENEA di Frascati (RM), di coordinate Lat. = $41^\circ 49' 10''$ N, Long.= $12^\circ 40' 12''$ E.
- Un giardino privato, ma di pubblico accesso, nei pressi di Villa Mondragone a Monte Porzio Catone (RM) di coordinate Lat. = $41^\circ 48' 16''$ N, Long.= $12^\circ 42' 03''$ E.

I bersagli puntati dai due luoghi di osservazione sono, rispettivamente:

- La cupola della basilica di San Pietro a Roma, di coordinate Lat. = $41^\circ 54' 08''$ N , Long.= $12^\circ 27' 12''$ E, che dista 17 km dal primo punto di osservazione.
- Una cima secondaria del Monte Soratte, di coordinate, Lat. = $42^\circ 14' 24''$ N, Long.= $12^\circ 30' 25''$ E, che dista 51 km dal secondo punto di osservazione.

Quest'ultimo bersaglio è più indefinito del precedente (per riconoscerlo nelle mappe è stato necessario sfruttare l'osservazione "obliqua" delle mappe consentita da Google Earth), ma tale incremento di errore è compensato dalla maggior distanza. I corrispondenti valori teorici di azimut dei due bersagli, forniti dalla funzione "Indica Rotta" di Sunpass sono rispettivamente 117.16° e 161.69° , entrambi riferiti alla direzione Sud dell'osservatore, come mostrato in Fig. 8.

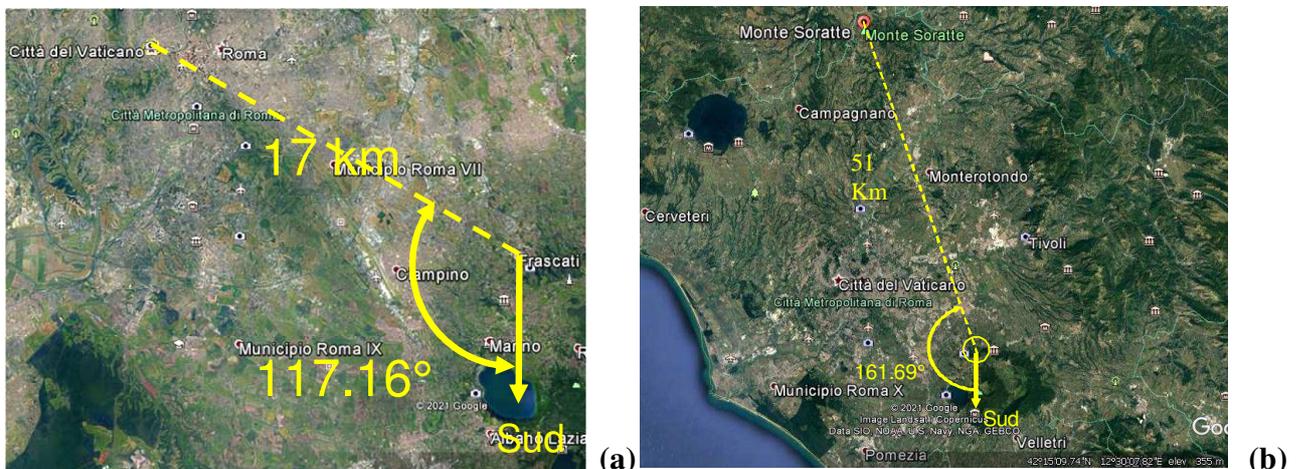


Figura 8: Mappa dei siti di sperimentazione del S-KIT nel (a) Centro Ricerche ENEA di Frascati e (b) nei pressi di Villa Mondragone, con indicata la retta (tratteggiata) che li congiunge ai rispettivi traguardi.

Per questi test si è utilizzata la versione "Beta 5" di Sunpass ed un cellulare alquanto datato (un Samsung Galaxy A7). Il cellulare ed il mirino sono stati calibrati inizialmente con strumenti di laboratorio (cioè usando un banco ottico ed un teodolite) e poi, più semplicemente, utilizzando le tecniche di calibrazione sopra descritte, riscontrando un ottimo accordo (entro pochi centesimi di grado).

Una prima serie di verifiche è stata eseguita mettendo il S-KIT in bolla (così da garantirne l'orizzontalità) tramite una comune livella da muratore ed escludendo l'uso

dell'accelerometro del cellulare (impostando "Accelerometro=N" nelle impostazioni di Sunpass). In questo modo si verifica la qualità del S-KIT escludendo ogni possibile aggiunta di errore dovuta all'imprecisione dell'accelerometro. Questa prima serie è stata condotta dalla postazione del Centro Ricerche ENEA (Fig. 8a). Un esempio di puntamento è riportato in Fig. 9. Il risultato dei test è riportato nella Fig. 10.



Figura 9: Puntamento della cupola di San Pietro con il S-KIT dal Centro Ricerche ENEA di Frascati durante la prima serie di verifiche del S-KIT con accelerometro escluso.

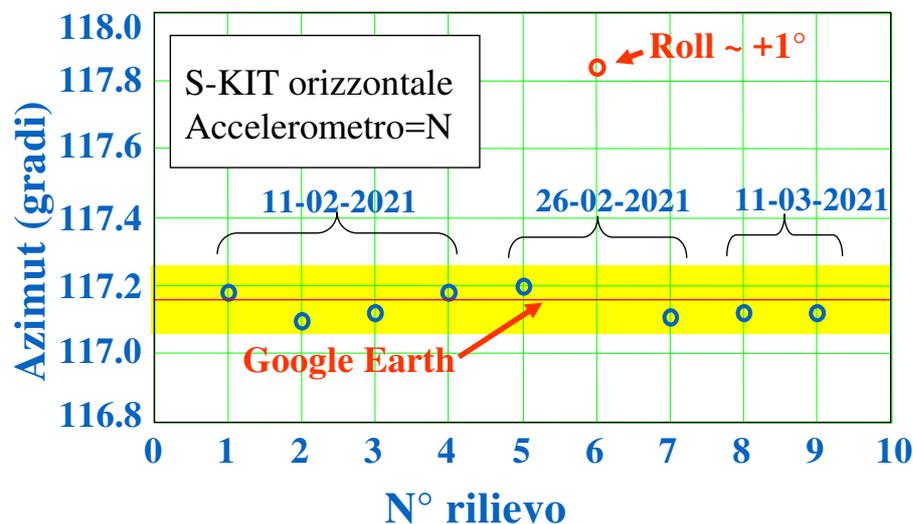


Figura 10: Confronto tra i valori di azimut sperimentali (cerchi blu) ed il valore teorico estratto dalle mappe di Google Earth (linea rossa) della cupola di San Pietro vista dal giardino del Centro ENEA di Frascati. Test eseguiti nel primo pomeriggio (ore 15 circa, quindi con una elevazione del sole < 45°) nel rispetto delle due regole di minimizzazione degli errori da aberrazione a barilotto sopra menzionate ed escludendo l'uso dell'accelerometro. La fascia gialla rappresenta il range di +/- 0.1° rispetto al valore teorico. I rilievi del 26 Febbraio sono indiretti (cioè riferiti ad un bersaglio spostato di un angolo noto rispetto a San Pietro) a causa della foschia su Roma.

Notiamo che la discrepanza tra valori sperimentali e valore teorico rimane ampiamente sotto al decimo di grado (rappresentato dalla fascia gialla in Fig. 10).

A titolo di esempio, si è provato ad eseguire una misura di azimuth inclinando il S-KIT di circa 1° verso destra (angolo di roll positivo) al fine di vedere le conseguenze di un errato posizionamento del S-KIT mentre Sunpass sta assumendo che i valori angolari di roll e pitch siano nulli. Come aspettato, il valore di azimuth (cerchio rosso in Fig. 10) si allontana di oltre sei decimi di grado dal valore corretto.

Una seconda serie di rilevamenti è stata invece condotta posizionando il S-KIT in modo casuale, cioè senza metterlo in bolla con una livella, ma lasciando che Sunpass rilevasse l'inclinazione di roll e di pitch del S-KIT a partire dal segnale dell'accelerometro interno al cellulare, assumendo che cellulare e S-KIT fossero paralleli tra loro. Per far questo, è stato scelto "Accelerometro=Y" nelle "Impostazioni" di Sunpass.

A causa delle restrizioni dovute al Covid-19 che hanno portato alla temporanea chiusura del Centro Ricerche ENEA nella seconda metà del mese di marzo 2021, questa seconda serie di misure è stata svolta, come sopra menzionato, da una postazione nei pressi di Villa Mondragone (Fig. 8b) utilizzando una cima del monte Soratte quale bersaglio. Un esempio di uno dei puntamenti che sono stati eseguiti è riportato in Fig. 11. Il risultato ottenuto da questa seconda serie di azimuth è riportato nella Fig. 12.



Figura 11: Puntamento del monte Soratte con il S-KIT posto nei pressi di Villa Mondragone durante la seconda serie di verifiche del S-KIT con accelerometro incluso: foto del S-KIT scattata con obiettivo ad ampio campo (a) oppure con teleobiettivo 24x (b). Notare che la crocetta rossa luminosa del mirino diottrico appare sempre e comunque a fuoco su "infinito".

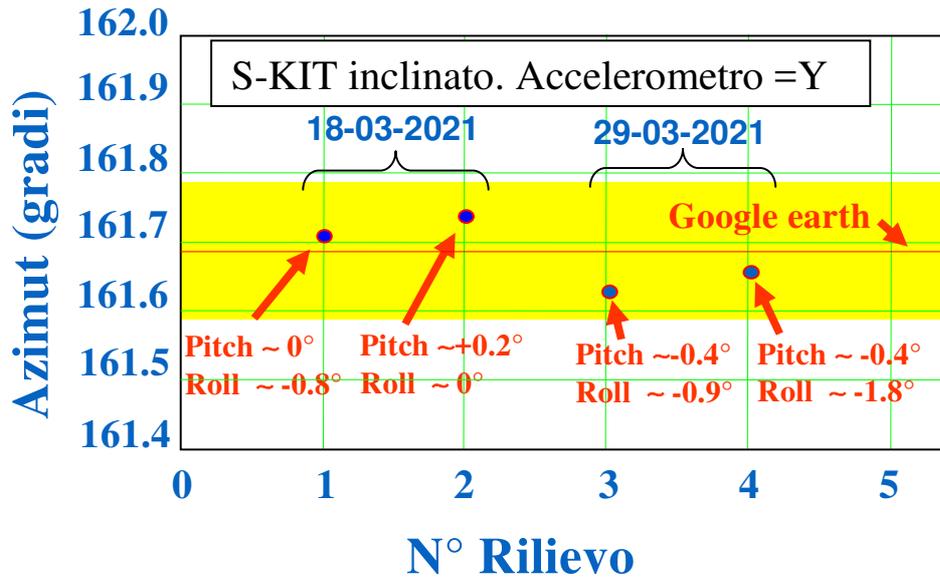


Figura 12: Confronto tra i valori di azimut sperimentali (cerchi blu) e valore teorico estratto dalle mappe di Google Earth (linea rossa) di una cima secondaria del monte Soratte vista da un prato nei pressi di Villa Mondragone (a circa 4 km dal Centro Ricerche ENEA di Frascati). Test eseguiti nel pomeriggio (ore 16 circa, quindi con una elevazione del sole $< 45^\circ$ anche in questa serie), nel rispetto delle due regole di minimizzazione degli errori da aberrazione a barilotto sopra menzionate ed utilizzando l'accelerometro del cellulare (S-KIT non orizzontale). La fascia gialla rappresenta il range di $\pm 0.1^\circ$ rispetto al valore teorico.

Nelle due misure del 29 marzo si è volutamente inclinato in modo consistente il S-KIT (raggiungendo valori di roll elevati). Questo ha fatto uscire il bersaglio dal campo visivo del mirino obbligando così a dover usare un filo a piombo (posto a circa 1 m dal S-KIT nella direzione del bersaglio) come intermediario tra il bersaglio e la crocetta del mirino.

Malgrado ciò, in questa seconda serie di misure, in cui la lettura dell'inclinazione del S-KIT è stata affidata all'accelerometro del cellulare, l'accordo tra i valori sperimentali di azimut forniti da Sunpass ed il valore teorico estratto dalle mappe geografiche si è mantenuto intorno a valori molto simili a quelli della prima serie, con un errore ampiamente inferiore a $\pm 0.1^\circ$ grado (anche in questo caso lo spostamento di $\pm 0.1^\circ$ rispetto al valore teorico è rappresentato dalla fascia gialla di Fig. 12).

6. Eventuali ritocchi al “Parametro di Taratura”

Queste prime verifiche del prototipo del S-KIT hanno subito fornito risultati con un ottimo accordo tra valori sperimentali e valori teorici di azimut. Ma potrebbe accadere che le cose non vadano subito così bene, ad esempio perché l'utente non è riuscito a calibrare correttamente il proprio cellulare.

Se dopo ripetute verifiche (ovvero dopo varie misure di azimut in luoghi per i quali sia possibile individuare dei bersagli lontani di cui poter avere una buona stima teorica dell'azimut

tramite mappe) l'utente dovesse riscontrare una sistematica discordanza tra i valori teorici ed i valori sperimentali medi, allora può decidere di modificare il "Parametro di Taratura" di Sunpass in modo da rimuovere la discordanza ed ottenere così un perfetto accordo. Questo è il motivo per cui nella procedura di calibrazione della CCD si è preferito lasciare che la memorizzazione del parametro di taratura (ovvero di $\Delta 2$) avvenga manualmente anziché automaticamente.

7. Conclusioni

- Grazie al contributo di diversi archeoastronomi che ci hanno inviato utili suggerimenti, la App Sunpass è stata notevolmente perfezionata rispetto alla precedente presentazione al XXI Seminario di Archeoastronomia Ligure (Marzo 2019) e l'attuale versione, "Beta5", è ora pronta per essere inserita su PlayStore.
- È in corso la procedura ENEA per ottenere l'autorizzazione alla diffusione di Sunpass su PlayStore ed alla produzione in serie del S-KIT da parte di una ditta di lavorazioni meccaniche.
- È stato realizzato il primo prototipo di S-KIT dalla ditta L.M.P.S.a.s. di Amicuzzi G&C., Lunghezza (RM), prodotto con fresatura a controllo numerico. Il S-KIT è stato qui sperimentato con un cellulare molto datato (Samsung Galaxy A7) e con un mirino diottrico di medio livello.
- Una semplice calibrazione del cellulare, usando i metodi descritti in questo rapporto, ha consentito di superare i limiti di precisione meccanica del cellulare e del mirino e di ottenere ottimi risultati fin dalle prime misure di azimuth, senza richiedere ulteriori aggiustamenti del "Parametro di taratura" di Sunpass.
- Oltre ogni aspettativa (l'obiettivo era di raggiungere una precisione di 0.1°), è stata raggiunta un'accuratezza di circa 0.07° sui singoli rilievi di azimuth ed addirittura 0.03° sui valori medi di 4-5 rilievi. Tutto ciò, sorreggendo il S-KIT con un normale cavalletto per macchina fotografica (vedi Fig. 11a) e senza alcun livellamento, accettando quindi inclinazioni casuali del S-KIT fino a 2° di pendenza.
- Recenti prove per maggiori inclinazioni del S-KIT hanno dato risultati positivi fino ad inclinazioni di circa 10° . Le misure sono ancora in corso.

Ringraziamenti

Si ringraziano tutti gli archeoastronomi che durante questi ultimi due anni hanno inviato i loro suggerimenti per poter perfezionare la App "Sunpass".

Bibliografia

- [1] F. Flora et al.: “*Bussola solare di alta precisione: un utile strumento per l’archeoastronomia*”, proceedings al XXI Seminario di Archeoastronomia ALSSA (Associazione Ligure per lo Sviluppo degli Studi Archeoastronomici), Genova 30-31 Marzo 2019, pp. 34-53, (2019). Disponibile al sito: <https://www.alssa.it/wp-content/uploads/2020/08/Atti-Seminario-21-2019.pdf>)
- [2] S. Bollanti, D. De Meis, P. Di Lazzaro, F. Flora, G.P. Gallerano, L. Mezi, D. Murra, A. Torre, D. Vicca: “*Electro-optical sun compass with a very high degree of accuracy*”, Optics Letters, vol. 40, pp. 3619-3622 (2015).
- [3] S. Bollanti, D. De Meis, P. Di Lazzaro, F. Flora, G.P. Gallerano, L. Mezi, D. Murra, A. Torre, D. Vicca: “*Performance of an electro-optical solar compass in partially obscured Sun conditions*”, Applied Optics, vol. 55, pp. 3126-3130 (2016).
- [4] F. Flora, S. Bollanti, D. De Meis, P. Di Lazzaro, G.P. Gallerano, L. Mezi, D. Murra, A. Torre, D. Vicca: “*Dalle Meridiane alla bussola solare*”, Memorie del XXI Seminario Nazionale di Gnomonica, pp. 83-89 (2017).
- [5] S. Bollanti, F. Andreoli, L. Cafarella, D. De Meis, P. Di Lazzaro, D. Di Mauro, F. Flora, G.P. Gallerano, L. Mezi, D. Murra, L. Murra, D. Vicca, A. Zirizzotti: “*Accurate and low-cost ENEA solar compass for precision metrology of true azimuth: instrumental and smart versions*” Proc. SPIE vol. 11352 p. 1135216 (2020). <https://doi.org/10.1117/12.2555747>
- [6] S. Bollanti, D. De Meis, P. Di Lazzaro, A. Fastelli, F. Flora, G. P. Gallerano, L. Mezi, D. Murra, A. Torre e D. Vicca: “*Calcolo analitico della posizione del Sole per l’allineamento di impianti solari ed altre applicazioni*”, Rapporto Interno ENEA RT/2012/24/ENEA , disponibile al sito: http://www.frascati.enea.it/fis/lac/excimer/bussola/2012_24_ENEA.pdf
- [7] AA.VV., “Red dot. Mirini di tipo diottrico”, sito web: https://it.wikipedia.org/wiki/Red_dot

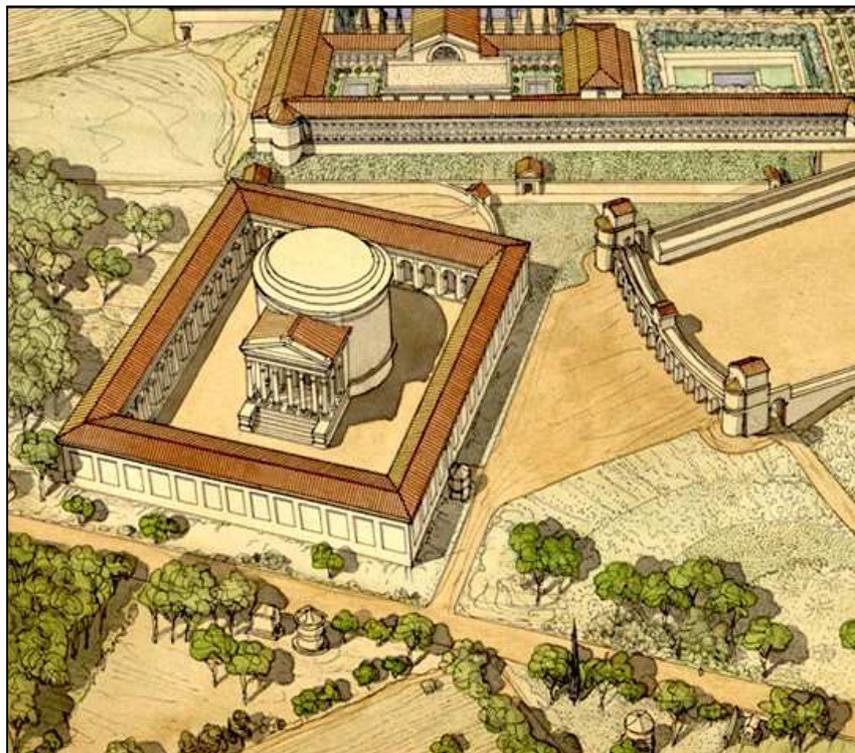
Archeoastronomia nel Mausoleo di Romolo (Villa di Massenzio), Roma

Marina De Franceschini

(Archeologa, Progetto Accademia, Genova; mdfmdf28@gmail.com)

Giuseppe Veneziano

(Osservatorio Astronomico di Genova, giuseppe.veneziano59@gmail.com)



Premessa

Presentiamo un'ipotesi di orientamento astronomico che, per il momento, è stata verificata solo in teoria, con misurazioni ed un primo rilievo. Una verifica delle illuminazioni (ierofanie) sul posto potrà essere effettuata nel dicembre 2021, nei giorni del solstizio invernale.

Nel 2020 siamo stati contattati dal professor Roberto Brunelli di Roma, perché il 26 dicembre del 2019 aveva visitato il Mausoleo di Romolo nella Villa di Massenzio sull'Appia Antica a Roma, scattando una fotografia del Sole che tramontava in asse con la porta principale dell'edificio (fig. 1). Ci chiese se potesse esservi una connessione col solstizio invernale ed in particolare col *Sol Invictus*, aggiungendo che aveva dato alla fotografia un significato diverso grazie ai nostri studi di archeoastronomia visti su Internet.

Per rispondere alle sue domande, abbiamo quindi iniziato un nuovo studio seguendo il nostro consueto metodo di lavoro:

- 1 - *Calcoli astronomici*
- 2 - *Studio archeologico del sito*
- 3 - *Ipotesi e verifica sul posto*
- 4 - *Conclusioni e interpretazione*



FIG. 1 - 26 dicembre 2019, ore 15:49: il Sole tramonta in asse con la porta principale del Mausoleo di Romolo (Foto di Roberto Brunelli).

1. Calcoli astronomici

Giuseppe Veneziano ha utilizzato un'immagine satellitare di *Google Earth* (fig. 2) per calcolare l'azimut del Mausoleo, compilando una tabella (fig. 3) dalla quale risulta che al tramonto del Solstizio invernale il Sole ha un azimut di $237^{\circ}43'$, mentre la porta principale del Mausoleo di Romolo ha un azimut di $228^{\circ}23'$.

Lo scarto di quasi 10° in un primo momento rendeva l'ipotesi assai poco probabile. Le cose sono cambiate quando abbiamo compreso che tale differenza era dovuta all'*orizzonte locale*. Infatti il Mausoleo non si trova in un paesaggio aperto, ma è circondato da un imponente muro di recinzione con portico interno, alto circa sei metri (fig. 4).

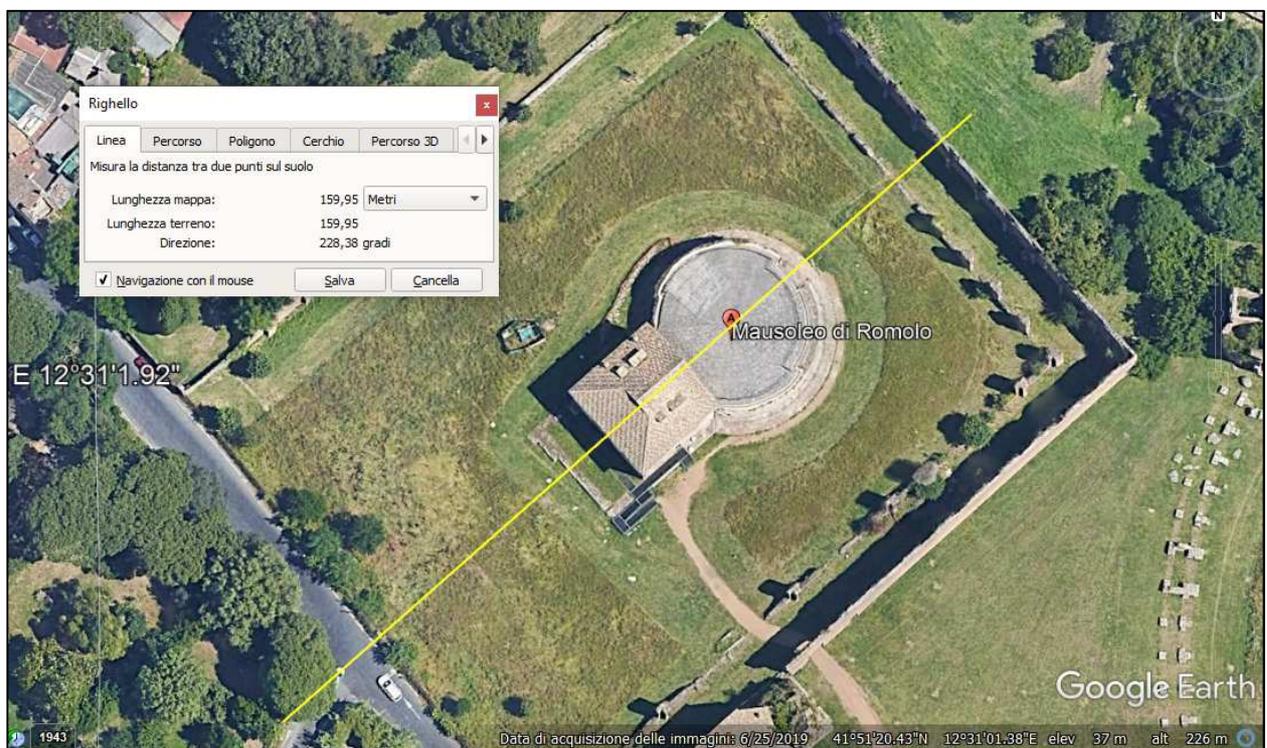


FIG. 2 (sopra) - Foto satellitare con la prima misurazione dell'azimut del Mausoleo di Romolo.

FIG. 3 - Tabella degli azimut astronomicamente significativi calcolati da Giuseppe Veneziano.

<i>Mausoleo di Romolo</i>	
Latitudine	41° 51' 18" Nord
Longitudine	12° 31' 06" Est
<i>Fenomeno solare</i>	
	<i>Azimut</i>
Sorgere al solstizio invernale	122° 17' (122,28°)
Tramonto al solstizio invernale	237° 43' (235,72°)
Sorgere al solstizio estivo	57° 43' (57,72°)
Tramonto al solstizio estivo	302° 17' (302,28°)



FIG. 4 - Il muro di cinta del Mausoleo, alto circa sei metri, che modifica l'orizzonte locale (foto MDF).

Di conseguenza, il punto in cui il Sole tramonta e il suo relativo azimut cambiano di molto, rendendo possibile l'allineamento e la ierofania documentate dalla fotografia. Dalle foto satellitari si è visto inoltre che il muro perimetrale del Mausoleo di Romolo costeggia la via Appia antica, ma non è perfettamente allineato con la strada (fig. 5): c'è una differenza di qualche grado, altro indizio di un orientamento studiato *ad hoc* con particolare precisione.

Come abbiamo già accertato in nostri precedenti studi di archeoastronomia – a Villa Adriana, nel Pantheon e nel Mausoleo di Adriano (Castel Sant'Angelo) – la variazione dell'azimut solare riscontrabile oggi rispetto al II-III-IV sec. d.C. è di soli 20', quindi ininfluenza ai fini degli effetti luminosi (ierofanie) che sono rimasti praticamente immutati. Si veda in proposito la tabella in *Appendice*, che documenta declinazione ed azimut nelle due epoche.



FIG. 5 - Il recito del Mausoleo non è perfettamente allineato con la via Appia.

2. Studio archeologico del sito

2.1 Breve storia

Marina De Franceschini si è occupata dell'aspetto archeologico del sito. La Villa di Massenzio si trova sulla via Appia Antica; ingloba una preesistente villa del II sec. d.C. che probabilmente era il Triopio di Erode Attico, ricchissimo mecenate e filosofo greco, nonché amico personale dell'imperatore Adriano. Accusato ingiustamente d'aver ucciso la moglie Annia Regilla, dovette abbandonare Roma, perse tutti i suoi beni e la villa entrò a far parte del patrimonio della Casa imperiale.

La vicenda dell'imperatore Massenzio (*Marcus Aurelius Valerius Maxentius*) (fig. 6) si inquadra nella turbolenta epoca della successione di Diocleziano e Massimiano, i due *Augusti* della Tetrarchia che nel 305 d.C. abdicarono e vennero sostituiti dai due *Cesari*, Galerio e Costanzo Cloro. Alla morte di quest'ultimo l'esercito della Gallia e Britannia proclamò *Augusto* Costantino (figlio illegittimo di Costanzo Cloro), mentre in Italia il 28 ottobre del 306 i pretoriani proclamarono *Augusto* Massenzio.

La sorella di Massenzio sposò Costantino nel 307; il 21 aprile del 308 Massenzio si proclamò *Augusto* legittimo, ma non venne mai riconosciuto dal Senato. Regnò fino al 312, quando fu sconfitto da Costantino nella famosa battaglia di Ponte Milvio o *Saxa Rubra*, alle porte di Roma.

Nel 309 Romolo Valerio, figlio di Massenzio, morì a soli quindici anni in circostanze misteriose; venne divinizzato e il padre gli dedicò un Tempio nel Foro romano (l'attuale chiesa dei santi Cosma e Damiano). Nella Villa imperiale sull'Appia antica fece costruire il Mausoleo dove venne sepolto, e accanto ad esso un Circo dove si svolgevano giochi in suo onore. La scelta non fu casuale perché lungo la via Appia (la *Regina viarum*) da sempre venivano eretti i sepolcri dei più importanti personaggi di Roma.



FIG. 6 - L'Imperatore Massenzio nelle vesti di *Pontifex Maximus* (dal Web).

2.2 Architettura

Il Mausoleo di Romolo è uno dei molti monumenti romani antichi noti e studiati da secoli dal punto di vista antiquario e storico-artistico, ma meno conosciuti nei dettagli strutturali ed architettonici. La bibliografia si concentra soprattutto sulla villa del Triopio e sui rinvenimenti di sculture, molto meno sul Mausoleo e sul Circo.

Il Mausoleo, come detto, era circondato da un alto muro di recinzione, tipico dei Mausolei antichi, in pratica un *temenos*, cioè un recinto sacro. In facciata aveva una scala, un portico a colonne ed un pronao, dal quale si poteva entrare direttamente nel sepolcro vero e proprio, di forma circolare con un grande pilastro al centro (fig. 7). Oggi rimane solo il pronao trasformato nel Casale Torlonia, e il sepolcro-Mausoleo circolare con esso comunicante.

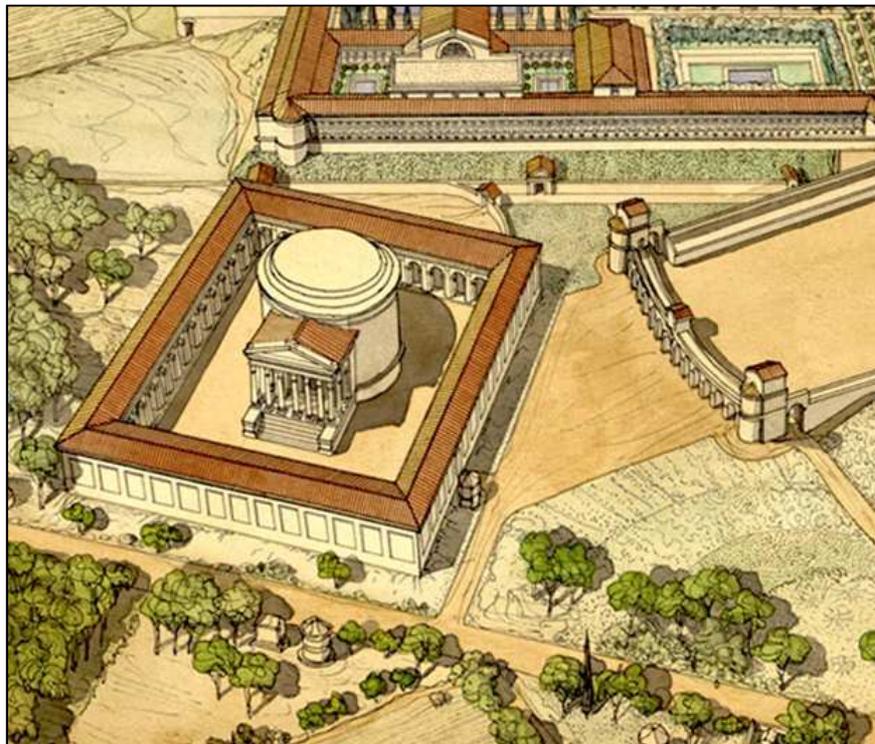


FIG. 7 - Ricostruzione 3D del Mausoleo di Romolo con pronao ed edificio circolare (scomparso) circondato dal muro di cinta (dal sito Web: www.RomanoImpero).

Secondo alcune ipotesi il sepolcro doveva servire anche da sostruzione per un edificio coperto da una grande cupola con oculo come quella del Pantheon. L'ipotesi nasce dal fatto che le piante dei due edifici sono molto simili, con un corpo di fabbrica rettangolare che precede quello circolare (fig. 8). Non sappiamo però se tale edificio con cupola sia effettivamente esistito (fig. 9): non ne è rimasta traccia, non si vedono crolli né delle pareti né di una volta in calcestruzzo. È anche possibile che non sia mai stato completato, dato che Massenzio morì pochi anni dopo l'inizio della sua costruzione. La ricostruzione ottocentesca con gradinata, portico, pronao ed edificio a cupola parte però dal presupposto che il Casale Torlonia sia interamente moderno.

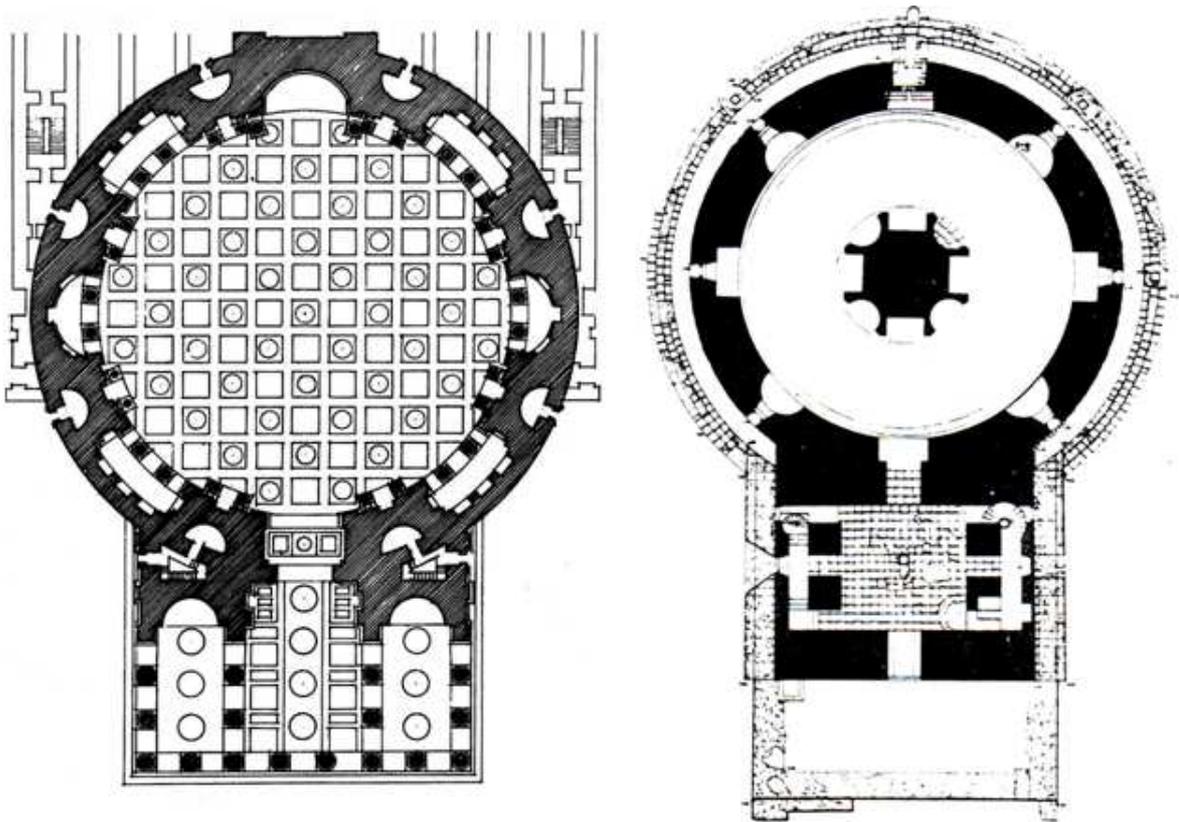


FIG. 8 (sopra) - Le piante del Pantheon e del Mausoleo di Romolo a confronto: pronao rettangolare e corpo di fabbrica circolare.
 FIG. 9 (sotto) - Ricostruzione con edificio a cupola simile al Pantheon. In verde il Mausoleo, in azzurro il Casale Torlonia, in giallo l'ipotetico Pantheon con pronao a colonne (dal sito web: www.RomanoImpero).



Durante il sopralluogo abbiamo invece potuto notare che il Casale è in grandissima parte antico (fig. 10): al suo interno i muri hanno la stessa tecnica costruttiva con piccoli laterizi che si vede nel Mausoleo, e i due corpi di fabbrica sono uniti. Il paramento esterno in mattoncini si è conservato solo nel pronao-Casale mentre quello del Mausoleo è stato asportato, probabilmente per riutilizzarlo come materiale da costruzione, ma si è conservato parte dell'intonaco all'imbotto delle finestre (vedi sotto fig. 12).

FIG. 10 - Facciata dell'antico pronao trasformato nel Casale Torlonia. In secondo piano si vedono i muri esterni del Mausoleo e il muro di cinta (foto MDF).



Quindi l'attuale Casale – sia pure con qualche alterazione – corrisponde al pronao, cioè al corpo di fabbrica rettangolare che precedeva la zona sepolcrale. L'ingombro verticale del pronao è stato evidenziato in azzurro nella ricostruzione di figura 8: ciò dimostra che il suo piano inferiore si trova sullo stesso livello del Mausoleo, mentre il piano superiore occupa il volume e lo spazio dell'ipotetico portico a colonne. Pertanto la ricostruzione andrebbe modificata come proponiamo in fig. 11: il portico a colonne va spostato più a sinistra e in basso, eliminando la gradinata che saliva ed il podio, in modo da metterlo sullo stesso livello dell'antico pronao trasformato in Casale.

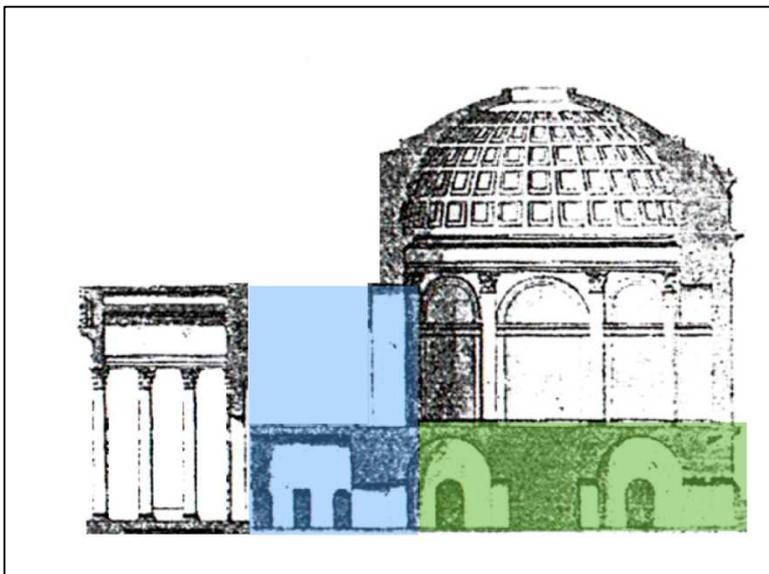


FIG. 11 - Ricostruzione ipotetica con il portico posto sullo stesso livello del pronao trasformato nel Casale Torlonia (evidenziato in azzurro) e del Mausoleo (evidenziato in verde).

Il Mausoleo è a pianta circolare, con un grande pilastro centrale sul quale poggia la volta a botte anulare (vedi sotto **fig. 13**). Nelle pareti si aprono otto nicchie alternativamente rettangolari e semicircolari (altra analogia col Pantheon). Sei di esse hanno finestre ‘a bocca di lupo’ che si aprono verso l’esterno (**fig. 12**), mentre le altre due lungo l’asse principale hanno due porte: una posteriore d’ingresso orientata a nord-est, ed una di comunicazione verso il pronao-Casale orientata a sud-ovest, perfettamente in asse con la porta principale della facciata. Tutte le porte e le finestre sono originali e quindi le illuminazioni che creano sono quelle progettate in antico. Ciò è particolarmente importante nel caso della porta d’ingresso del pronao, che è quella che più ci interessa per il nostro studio.



FIG. 12 (sopra) - Interno ed esterno delle finestre a bocca di lupo dell’area sepolcrale (foto MDF).

FIG. 13 (sotto) - L’interno del Mausoleo visto dalla porta del pronao, col pilastro centrale che sostiene la volta a botte anulare e la nicchia che poteva essere illuminata dal Sole (foto di Francesco Lerteri).



3. Ipotesi e verifica sul posto

Durante il rilievo abbiamo misurato l'azimut delle porte e delle finestre del Mausoleo, scoprendo che soltanto la finestra della nicchia a nord è orientata sia *all'interno che all'esterno* con un azimut perfetto di 0° , mentre nelle altre nicchie e finestre vi sono delle piccole variazioni fra le misure rilevate dentro e fuori (fig. 14).

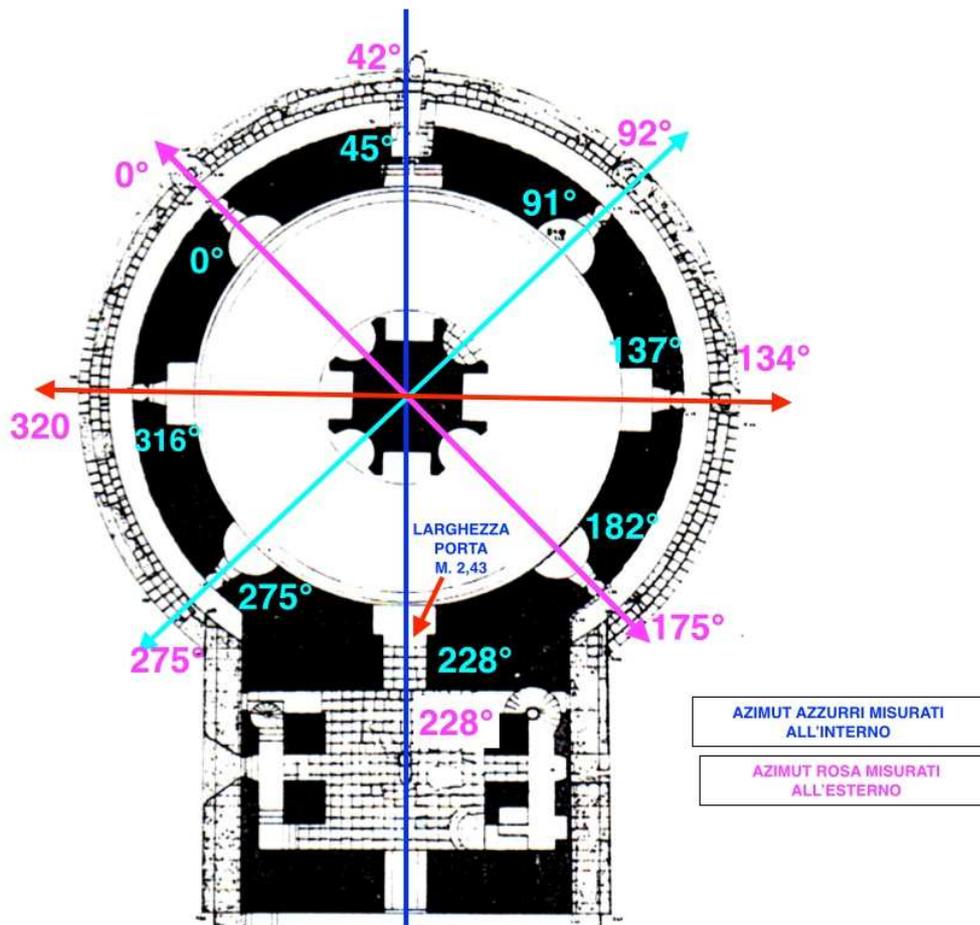


FIG. 14 - Pianta del Mausoleo di Romolo con gli azimut delle finestre e delle porte misurati all'esterno e all'interno.

Ciò significa che con ogni probabilità durante la costruzione si è partiti dal *nord vero*, identificandolo a mezzogiorno con l'ombra di uno gnomone, e tutte le altre aperture sono state progettate di conseguenza, prestando particolare attenzione alla posizione delle due porte assiali.

La porta della facciata principale (a sud-ovest) come detto è orientata a $228^\circ 23'$, in modo da farla coincidere con il tramonto del Sole nei giorni del Solstizio invernale, tenendo in considerazione l'*orizzonte locale*, cioè l'altezza del muro di cinta che fa tramontare il Sole un po' prima e con un azimut diverso.

L'ambiente all'interno del pronao è coperto da una volta a crociera originale (fig. 15) e ha due porte laterali che portano al piano superiore (che non si è potuto visitare). Dalla porta si

vede la campagna con gli alberi (fig. 16), perché su quel lato il recinto che circondava il Mausoleo è crollato: è la stessa porta della fotografia dalla quale è partito questo studio.



FIG. 15 (a sinistra) - L'interno del Casale cioè del pronao antico, con la volta a crociera originale (foto MDF). FIG. 16 (a destra) - Dalla porta si vedono gli alberi ma la linea tratteggiata rossa corrisponde dell'altezza del muro di cinta scomparso (foto MDF).

L'altra porta interna che collega il pronao all'area sepolcrale è perfettamente in asse con quella principale, e quindi la luce poteva arrivare ad illuminare anche la nicchia ricavata nel pilastro centrale (vedi sopra fig. 13), nella quale era probabilmente sistemata la statua di qualche membro della Casa imperiale, forse Romolo stesso.

Sul lato opposto dell'edificio esiste un ingresso secondario, anch'esso antico. In entrambi i casi vi è un dislivello di circa un metro rispetto alla quota del piano di calpestio esterno e quindi doveva esservi una scala per scendere all'interno, proprio come adesso (fig. 17).

Secondo i nostri calcoli la porta posteriore dovrebbe essere orientata verso l'alba del Solstizio estivo: anche questa ipotesi andrà verificata con osservazioni dirette sul posto.

Su questo lato del Mausoleo il muro di cinta si è conservato quasi per l'intera altezza, quindi valgono le stesse considerazioni sull'orizzonte locale fatte per la porta principale. Anche in questo caso la luce entrando poteva illuminare la nicchia del pilastro centrale che si trovava proprio di fronte.



FIG. 17 - La porta posteriore del Mausoleo di Romolo, vista dall'interno e dall'esterno. È orientata verso nord-est, probabilmente verso l'alba del Solstizio estivo (foto MDF).

5. Conclusioni e interpretazione

Le conclusioni per il momento sono provvisorie perché non abbiamo potuto verificare le nostre ipotesi con le osservazioni sul posto nelle date indicate, cioè al tramonto del Solstizio invernale e all'alba del Solstizio estivo. I due Solstizi sono le date-chiave scelte più di frequente per gli orientamenti astronomici degli edifici antichi, perché corrispondono ai punti estremi che il Sole raggiunge nel suo percorso apparente lungo l'orizzonte: sono più facili da individuare perché l'astro non sorge né tramonta mai oltre quei punti.

L'orientamento astronomico del Mausoleo di Romolo verso i Solstizi rientra in una casistica abbastanza ampia e documentata per molti edifici antichi, che si datano fin dalla Preistoria e poi in epoca storica; circostanza che va a sostegno della nostra ipotesi.

Le illuminazioni o ierofanie avevano un significato religioso e simbolico legato a importanti festività del Calendario romano. Nei giorni del Solstizio invernale, com'è noto, si celebravano i *Saturnalia*. Erano riti di passaggio fra l'anno vecchio e quello nuovo, che in alcuni aspetti somigliavano molto alle nostre feste di Natale e Capodanno, con banchetti, veglie notturne e scambio di doni. A partire dal III sec. d.C. ai *Saturnalia* si affiancò il *Dies Natalis Solis Invictus*, una nuova festa che ricordava la nascita di quella divinità solare il 25 dicembre.

Il culto d'origine orientale venne importato a Roma per la prima volta dall'imperatore Elagabalo (o Eliagabalo) nel 218 d.C., e subito abbandonato alla sua morte nel 222. Fu

reintrodotta da Aureliano nel 274, quando consacrò un tempio dedicato al *Sol Invictus*; da allora la sua festa si fuse e sovrappose a quella assai più antica dei *Saturnalia*. Il *Sol Invictus* compare anche nel culto di Mitra, che era riservato solo agli uomini ed era molto diffuso fra i militari, specie nella tarda antichità (Fig. 18). All'epoca di Massenzio (inizi del IV sec. d.C.), il suo rivale Costantino coniò alcune monete su cui era raffigurato il *Sol Invictus* (Fig. 19), e sotto il suo regno la data della natività di Cristo venne spostata per farla coincidere col 25 dicembre.



FIG. 18 (a sinistra) - Rilievo del culto di Mitra con in alto il Sole e la Luna e la dedica al *Sol Invictus* (dal Web). FIG. 19 (a destra) - Aureo di Costantino con la raffigurazione del *Sol Invictus* (dal Web).

L'imperatore ed i membri della famiglia imperiale, finché erano in vita, avevano uno status semi-divino, e venivano divinizzati solo dopo la morte, con un decreto del Senato.

Nei Mausolei imperiali di Roma – in quelli di Augusto e Adriano (Castel Sant'Angelo) o in questo dedicato a Romolo Valerio – si svolgevano cerimonie rituali legate al culto dinastico dei morti. Facevano parte del Culto imperiale, che venne diffuso come culto di Stato in tutte le province dell'Impero, affiancandolo ai culti locali, con lo scopo politico, ideologico e propagandistico di legittimare la successione dinastica e il potere stesso di Roma.

Nel Mausoleo di Adriano esiste un lungo *corridoio anulare* che sale a spirale dal Vestibolo fino alla camera funeraria, la Sala delle Urne. Doveva essere percorso da processioni rituali legate al culto imperiale e al culto dinastico dei morti. Nei giorni del Solstizio estivo si vedono ancora suggestive illuminazioni (ierofanie) che disegnano rettangoli di luce nelle nicchie della Sala delle Urne (fig. 20).

Anche nel *corridoio anulare* del Mausoleo di Romolo dovevano svolgersi cerimonie rituali legate al culto dei morti. Analogamente poteva essere teatro di ierofanie, quando le nicchie del pilastro centrale venivano illuminate nei giorni dei Solstizi.

Rispondendo alla domanda del nostro gentile interlocutore, la ierofania documentata dalla fotografia del 26 dicembre 2019 effettivamente coincide col Solstizio invernale e soprattutto con la festa del *Sol Invictus*, il che conferisce un preciso significato simbolico al Mausoleo di Romolo.

Le illuminazioni sacre (ierofanie) erano un segnale della presenza e del favore della divinità, che si manifestava appunto attraverso la Luce: la Luce del *Sol Invictus* che sconfiggeva i nemici e soprattutto la Morte. Il segnale luminoso 'divino' serviva anche a legittimare la successione imperiale, cosa particolarmente importante nel caso di Massenzio e in generale nell'epoca turbolenta del tardo antico, quando le successioni divennero sempre più controverse e difficili.

Il legame con la successione imperiale è confermato dallo studio di alcune monete nelle quali l'imperatore Massenzio ha l'appellativo *Herculius* (fig. 21) che lo collega a Ercole Vincitore e soprattutto a Eracle come divinità ctonia degli Inferi. Lo studioso Frazer spiega infatti che l'appellativo *Herculius* era legato al culto imperiale: «Nel culto imperiale il padrone del mondo veniva visto come un dio in terra, sia che si venerasse il suo *genius* oppure il *genius* di *Jupiter* o di *Hercules*. Se l'imperatore prende l'appellativo di *Jovius* o di *Herculius* diventa il mezzo e lo strumento per la conservazione dell'impero romano, benedetto dagli dèi e onorato come tale. *Jupiter* ed *Hercules* non si identificano nell'imperatore ma sono *comites augustorum*, cioè compagni dell'imperatore». Di conseguenza, «Massenzio legittima la sua successione con l'appartenenza alla *gens Herclia*, con significato implicito di vittoria personale ed imperiale».

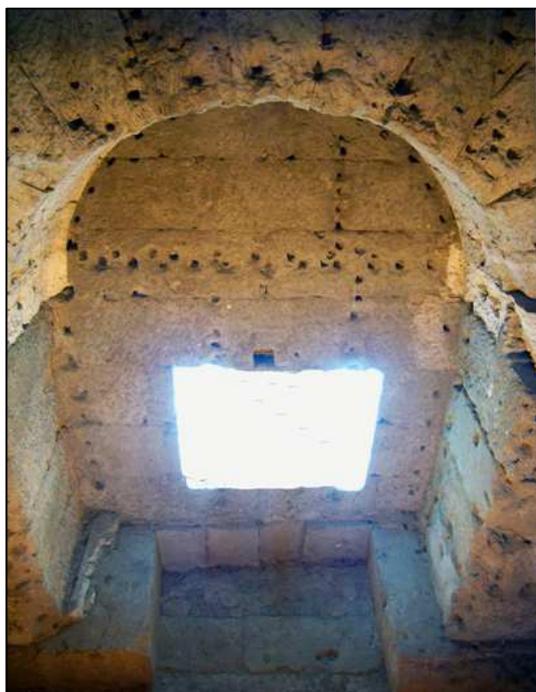


FIG. 20 (a lato)- Ierofania al Solstizio estivo nella Sala delle Urne del Mausoleo di Adriano (foto MDF).
FIG. 21 (sopra) - Aureo di Massenzio *Herculius* con la corona di raggi solari ed Eracle sul retro (dal Web).

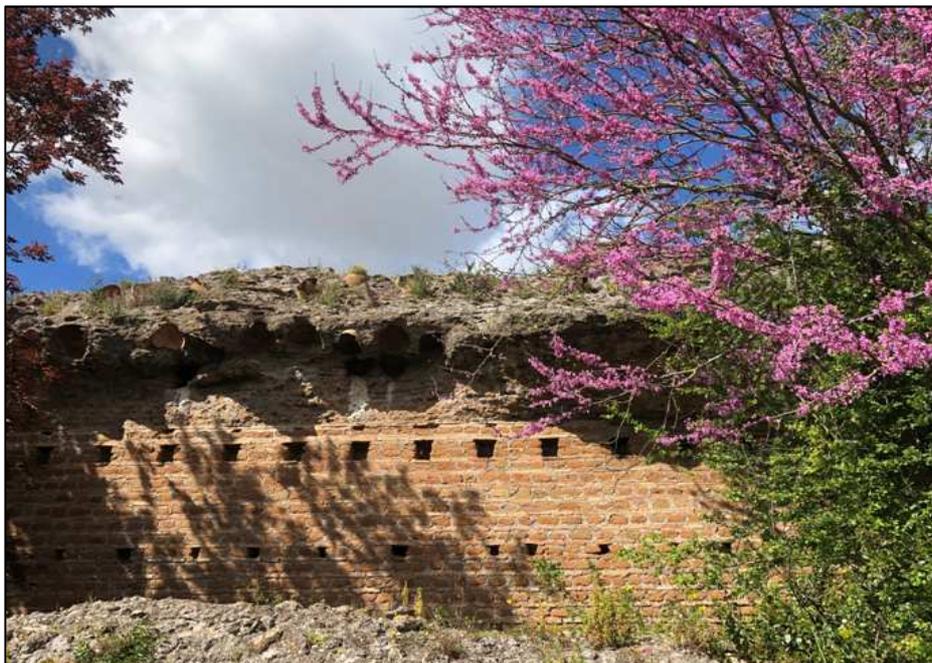
In una rara moneta dedicata al figlio Romolo Valerio è raffigurato un edificio, forse un tempio, con la porta semiaperta che allude all'Aldilà. (fig. 22). In qualche caso è sormontato da un'Aquila, anch'essa simbolo di apoteosi. Ancora Frazer spiega che «lo spirito discende negli Inferi, poi c'è la redenzione attraverso l'Eroe [Ercole], e poi sale fra gli dèi mentre sulla terra si conserva la sua memoria per l'eternità». Così si ritorna al culto dei morti legato al culto imperiale, e il cerchio si chiude.

Il significato delle ierofanie nel Mausoleo di Romolo sembra quindi essere legato alla legittimazione del potere imperiale di Massenzio e della sua dinastia. Accanto al Mausoleo di Romolo si trova il Circo di Massenzio (fig. 23), uno dei meglio conservati di Roma, nel quale si svolgevano giochi e celebrazioni in onore di Romolo, che erano collegate al suo culto.



FIG. 22 (sopra)- Moneta di Romolo Valerio e sul retro un Tempio con la porta semiaperta che allude all'aldilà (dal Web).

FIG. 23 (sotto) - Sostruzioni delle gradinate del Circo di Massenzio, vicino al Mausoleo di Romolo (foto MDF).



Appendice

Calcoli di Azimut e date - Starry Night Pro Plus 6.0.3

Coordinate del Sole nel 2019

Foto del 26 dicembre 2019:

azimut $229^{\circ}03'$; altezza $7^{\circ}32'$ ore 15:49

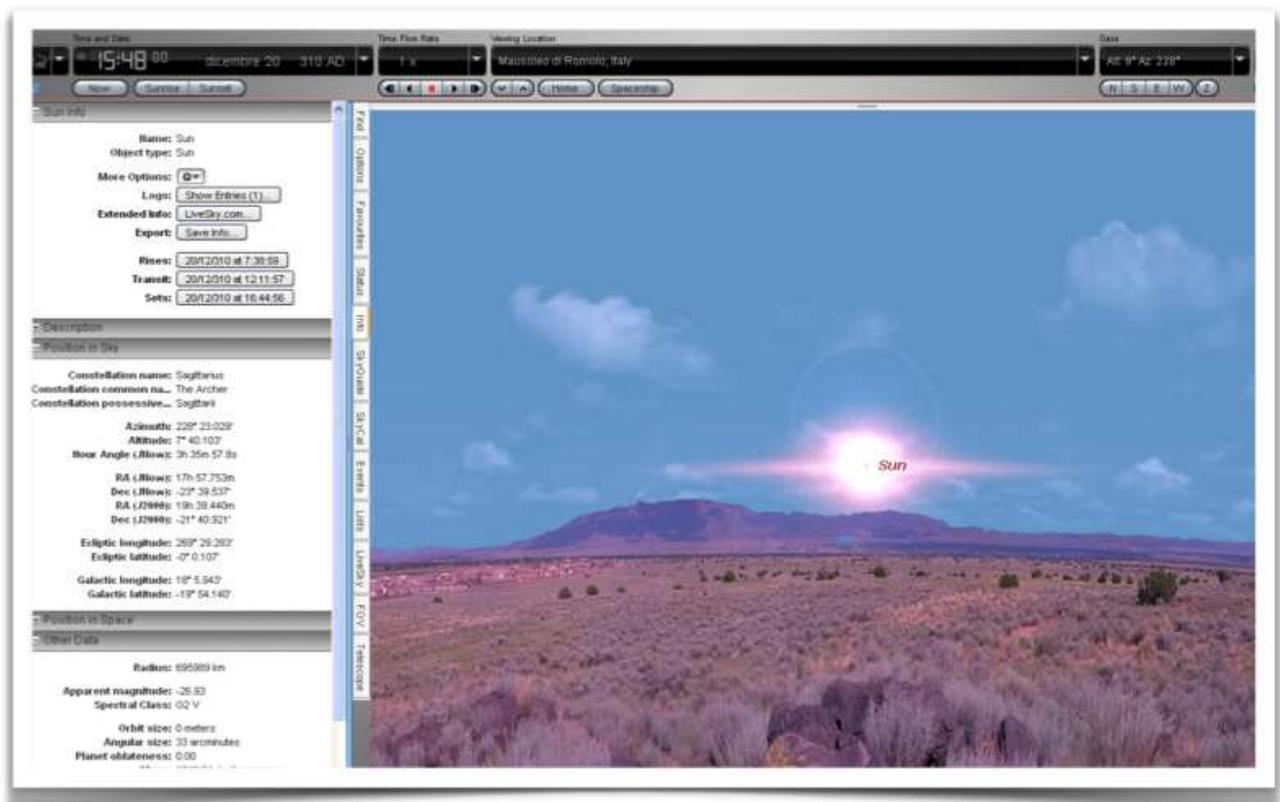
Starry Night – 21 dicembre 2019:

azimut $228^{\circ}23'$; altezza $7^{\circ}56'$ ore 15:43:07

Coordinate del Sole nel 310 d.C.

Declinazione del Sole al Solstizio invernale: $-23^{\circ} 39,5'$

Solstizio Invernale – 20 dicembre: azimut $228^{\circ}23'$; altezza $7^{\circ}40'$ ore 15:48 locali



Bibliografia

AA.VV. *La Residenza imperiale di Massenzio, villa, circo e mausoleo: contributo al parco archeologico della via Appia Antica*. Mostra documentaria, Roma, via Appia Antica, Mausoleo e circo di Massenzio, luglio - settembre 1980. Roma 1980.

De Franceschini M., *Ville dell'Agro Romano*, Roma 2005, pp. 192-196 con bibliografia precedente.

Ghedini F., "*Il Circo*" in *Archeo* n. 52, giugno 1989, pp. 98-105.

De Franceschini M. - Veneziano G., "*Archeoastronomia nel Mausoleo di Adriano (Castel Sant'Angelo, Roma)*" in *Atti XIV Convegno Sia. Il Cielo in Terra ovvero della giusta distanza* (a cura di V. Girotto e G. Rosada) Padova 2015, pp. 133-142.

Frazer A., "*The Iconography of the Emperor Maxentius' Buildings in Via Appia*" in *Art Bulletin* 47, 1966, pp. 385-392.

Lugli G., "*Studi topografici intorno alle antiche ville suburbane*" in *Bullettino della Commissione Archeologica Comunale* 52, 1924, pp. 92-135, tavv. I-III.

Pisani Sartorio G. - Calza R., *La villa di Massenzio sulla via Appia. Il palazzo. Le opere d'arte*, Roma 1976.

Pisani Sartorio G. - De Angelis Bertolotti R., *La residenza imperiale di Massenzio. Villa, circo e Mausoleo*, Roma 1988.

Rasch J.J., *Das Maxentius Mausoleum an der via Appia in Rom*. Mainz am Rhein 1984

Siti web

<https://independent.academia.edu/MDeFranceschini>

<https://independent.academia.edu/GiuseppeVeneziano>

www.villa-adriana.net (sito di Marina De Franceschini)

<https://www.romanoimpero.com/2014/07/villa-di-massenzio.html>

<http://www.villadimassenzio.it>

Le stagioni dell'UV-B ed il Covid-19

Sarah Bollanti, Francesco Flora, Amalia Torre †

ENEA, Dip. Fusione e tecnologie per la Sicurezza Nucleare,
Centro Ricerche Frascati, Via Fermi 45, 00044 Frascati (RM)

Abstract

Una delle “Funzioni” della App “Sunpass”, denominata “Installa Pannello Solare”, consente di calcolare l’energia raccolta da un pannello solare in funzione della sua posizione geografica, inclinazione ed orientamento.

Questo calcolo viene eseguito tenendo conto della trasmissione, mediata su tutto lo spettro, che l’atmosfera terrestre offre ai raggi solari, in funzione dell’angolo di elevazione del Sole (a cielo sereno).

Modificando tale algoritmo, specificatamente per i valori di trasmissione dell’atmosfera a precise lunghezze d’onda (anziché sulla media dell’intero spettro solare), è possibile effettuare il medesimo calcolo per specifiche regioni spettrali.

In questa presentazione si mostrerà come varia nell’arco dell’anno, a seconda della latitudine, la dose di radiazione solare in una precisa banda dell’ultravioletto, denominata UV-B, in relazione agli effetti che questa radiazione può avere sul contenimento della diffusione di vari virus ed in particolare del SARS-CoV-2, responsabile della pandemia da COVID-19

1. La radiazione solare ed il suo effetto germicida

Lo spettro del Sole, come noto, è simile a quello di un corpo nero a circa 6000 °K e copre gran parte dello spettro elettromagnetico conosciuto. Non tutte le frequenze emesse dal Sole però sono in grado di arrivare al livello del suolo sulla Terra: molte di esse vengono assorbite pesantemente dall'atmosfera, come mostrato in Fig. 1.

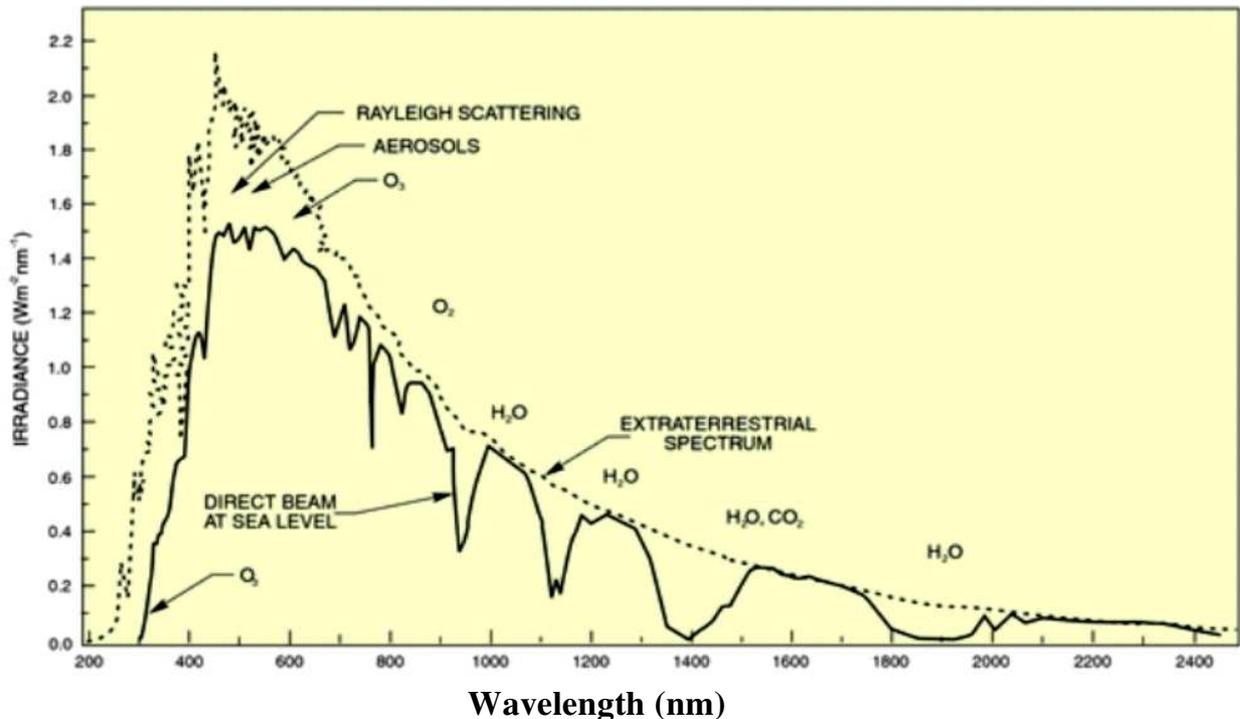


Figura 1: Lo spettro del Sole all'esterno dell'atmosfera (curva tratteggiata) ed al livello del mare (curva continua) in condizioni di Sole allo zenith ed aria asciutta. Grafico estratto da [1].

In particolare, l'intervallo dell'ultravioletto (UV) è convenzionalmente diviso in tre fasce di diversa lunghezza d'onda (λ) a seconda della capacità della radiazione di penetrare l'atmosfera:

- UV-A ($320 \text{ nm} < \lambda < 400 \text{ nm}$): viene sempre parzialmente trasmesso
- UV-B ($280 \text{ nm} < \lambda < 320 \text{ nm}$): viene trasmesso solo in particolari condizioni di elevazione del Sole e di umidità dell'aria.
- UV-C ($120 \text{ nm} < \lambda < 280 \text{ nm}$): non viene mai trasmesso perché assorbito dall'ozono in alta atmosfera.

Se guardiamo l'effetto germicida della radiazione elettromagnetica, questo cambia moltissimo al variare della lunghezza d'onda e raggiunge un massimo nell'UV-C, lì dove l'energia dei fotoni è altamente ionizzante, e quindi capace di rompere i legami del DNA, e la lunghezza di penetrazione nell'acqua è sufficiente a raggiungere l'interno delle cellule. In Fig. 2 si mostra come cambia l'assorbimento e quindi l'effetto germicida nelle tre fasce dell'UV.

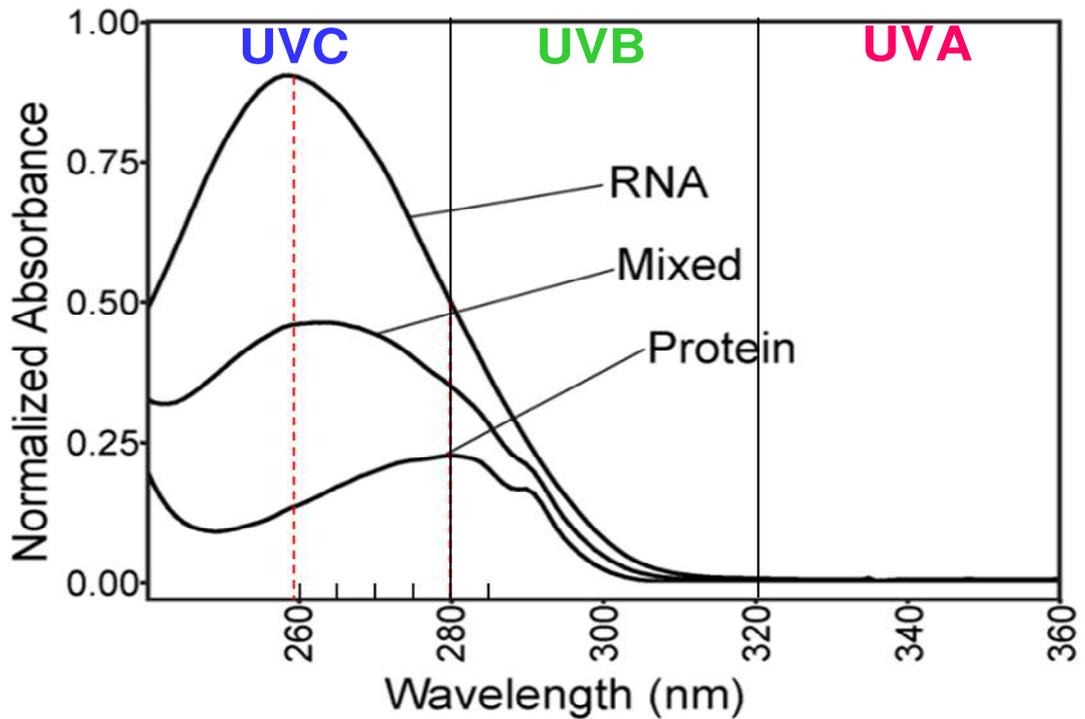
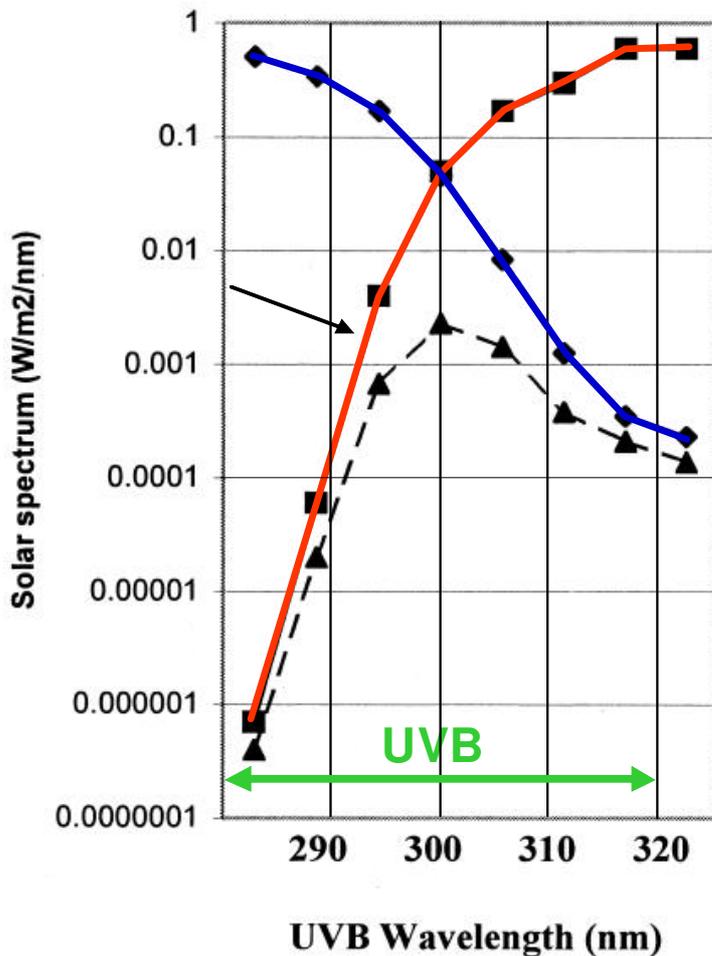


Figura 2: Effetto germicida della radiazione elettromagnetica nelle varie fasce dell'UV.



Ma dal Sole non arriva al suolo alcuna radiazione nell'UV-C. Ecco quindi che se cerchiamo non semplicemente il massimo della capacità germicida, bensì il miglior compromesso tra potere germicida e trasmissione da parte dell'atmosfera, scopriamo che esso si trova proprio al centro dell'UV-B ($\lambda \sim 300$ nm) e che questa è l'unica regione spettrale in cui il prodotto tra l'intensità del Sole al suolo ed il suo assorbimento da parte del DNA (con conseguente rottura dei legami del DNA) è significativamente diverso da zero, come dimostrato in Fig. 3.

Figura 3: Spettro del Sole (curva rossa continua), assorbimento del DNA normalizzato al valore assunto a 260 nm (curva blu continua) e prodotto dei due (curva tratteggiata) in funzione della lunghezza d'onda nell'intervallo dell'UV-B. Grafico estratto da [2].

2. L'UV-B e l'altezza del Sole

Il grafico di Fig. 1 riporta l'intensità della radiazione solare al livello del mare alle varie lunghezze d'onda nel caso in cui il Sole si trovi allo zenit. Ma di quanto diminuisce questa radiazione quando il Sole non è allo zenit? Per rispondere a questa domanda, dobbiamo prima di tutto ottenere la trasmissione dell'aria in funzione della lunghezza che la radiazione percorre in aria prima di arrivare a terra:

$$(1) \quad T_{aria}(\lambda) = e^{-\sigma(\lambda) \cdot L}$$

dove σ è il coefficiente di attenuazione dell'aria a pressione atmosferica e L è la lunghezza equivalente del percorso in aria, cioè lo spessore d'aria che la radiazione avrebbe attraversato se tutta l'aria fosse stata compattata fino ad avere una pressione omogenea di 1 bar.

Il valore di $\sigma(\lambda)$ nell'UV che utilizziamo in questa trattazione è estratto da [3] ed è qui riportato in Fig. 4. Come si può notare, esso è fortemente dipendente dalle condizioni di visibilità dell'aria ovvero di umidità. Al fine di ottenere un accordo a $\lambda = 300 \text{ nm}$ tra i dati di quest'ultimo grafico con l'attenuazione stimabile dal grafico di Fig. 1, abbiamo utilizzato il valore di σ corrispondente alla curva più bassa di Fig. 4 (visibilità = 100 km) ulteriormente ridotto del 20%. Ipotizziamo quindi di avere aria limpidissima con visibilità di circa 120 km. In ogni caso, il calcolo della trasmissione dell'aria ottenuto tramite l'equazione (1) è approssimativo, perché non tiene conto che la composizione gassosa dell'atmosfera dipende anche dalla quota (in particolare la percentuale di ozono); ma per le finalità di questa trattazione, non avrebbe senso voler eseguire stime più complesse ed accurate, anche perché la visibilità dell'aria è un parametro che cambia di giorno in giorno e di luogo in luogo e quindi non esiste un valore certo di visibilità.

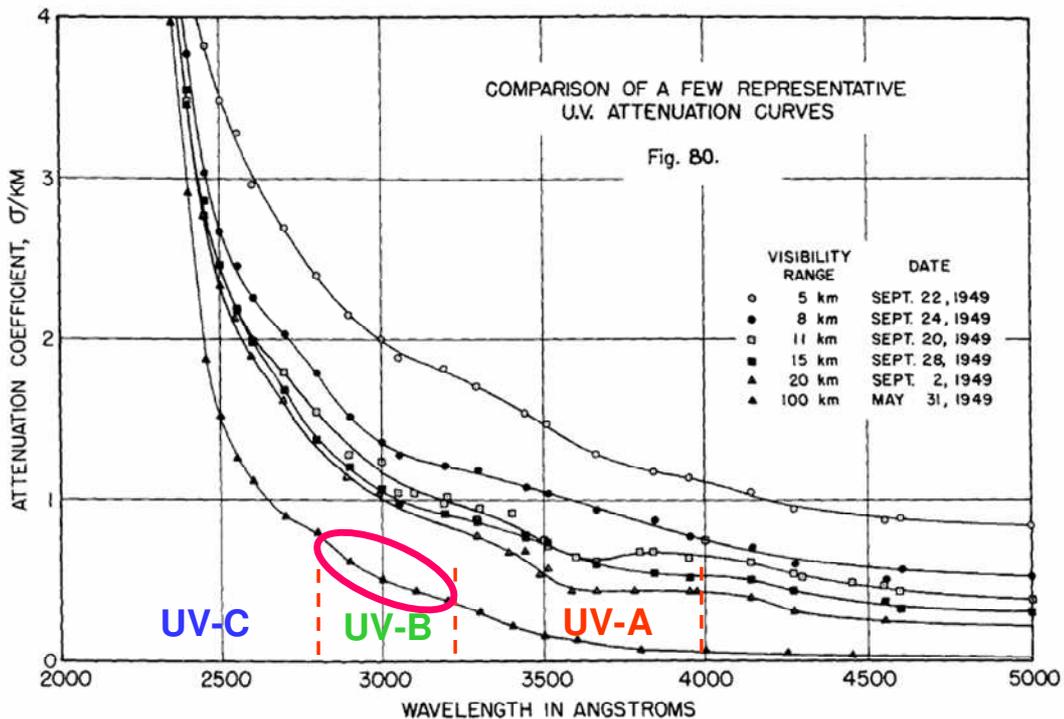


Figura 4: Attenuazione dell'aria a pressione atmosferica nell'UV, con i valori di σ espressi in km^{-1} (tratto da [4]). Il disco rosso indica i valori che in questa trattazione vengono usati per calcolare la trasmissione dell'atmosfera.

Per quanto riguarda invece la stima del percorso equivalente L della radiazione, possiamo considerare che lo spessore equivalente dell'atmosfera h è facilmente deducibile dalla Legge di Stevino:

$$(2) \quad P_0 = \rho g h$$

dove $P_0 = 1 \text{ bar}$, $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$ è la densità dell'aria a pressione atmosferica e g è l'accelerazione di gravità. Dalla (2) si ottiene che lo spessore equivalente dell'atmosfera è:

$$(3) \quad h = 8.44 \text{ km}$$

Assumendo che la Terra sia sferica, si ottiene allora che lo spessore L equivalente di atmosfera attraversata dalla radiazione solare quando il Sole si trova ad un angolo di elevazione θ_e sopra l'orizzonte è:

$$(4) \quad L(\theta_e) = R_2 \cdot \frac{\sqrt{\tan^2(\theta_e) + 2h/R_2} - \tan(\theta_e)}{\cos(\theta_e)}$$

che può anche essere riscritta nella forma (più semplice):

$$(4') \quad L(\theta_e) = R_2 \cdot \sqrt{1 - \frac{R_T^2}{R_2^2} \cdot \cos(\theta_e)^2} - R_T \cdot \sin(\theta_e)$$

dove R_2 è la somma tra h ed il raggio terrestre R_T .

Sostituendo la (4) nella (1) possiamo così ottenere, a varie lunghezze d'onda, la trasmissione dell'aria in funzione dell'angolo di elevazione del Sole θ_e . Il risultato è riportato in Fig. 5.

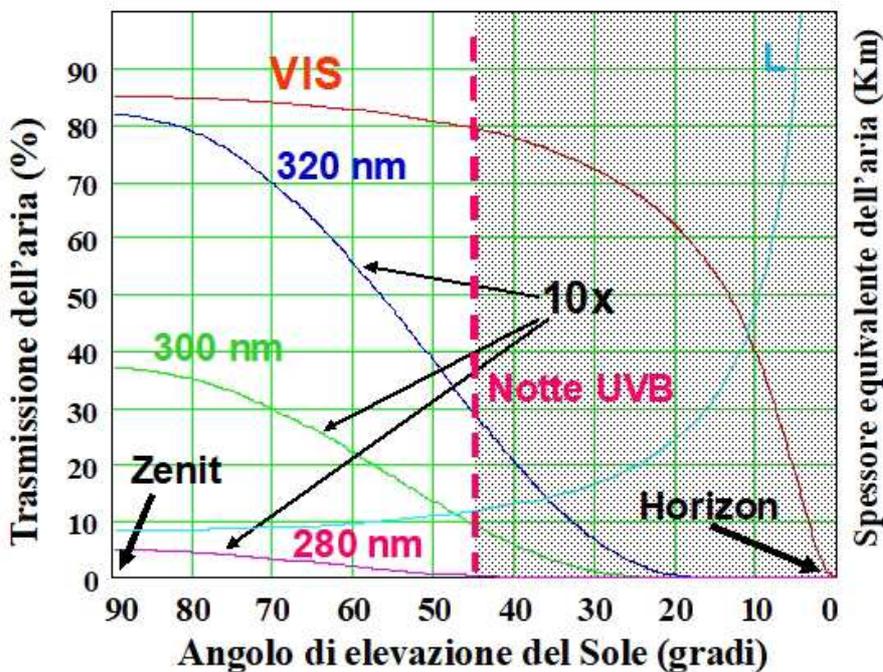


Fig. 5: Lunghezza equivalente del percorso in aria (curva azzurra) e trasmissione dell'aria in funzione dell'elevazione del sole per diverse lunghezze d'onda: per la luce visibile (curva rossa), per quelle estreme dell'intervallo UV-B (curve rosa e blu) e per quella centrale della fascia UV-B (curva verde). Per rendere le curve UV-B ben visibili nel grafico, i valori di trasmissione sono stati moltiplicati per 10.

Come si può notare dalla Fig. 5, per tutte le lunghezze d'onda il massimo di trasmissione si ha quando il Sole è allo zenit ($\theta_e=90^\circ$). Passando ad elevazioni più basse, mentre nel visibile l'atmosfera trasmette almeno 1/3 del massimo fino ad elevazioni di pochi gradi (Sole prossimo al tramonto), nell'UV-B la trasmissione crolla già per elevazioni di 45° . In altre parole, se i nostri occhi vedessero il Sole nell'UV-B anziché nel visibile, vedremmo sorgere e tramontare il Sole quando esso si trova circa a 45° , come se all'alba uscisse da una invisibile collina dietro cui andare poi a tramontare dopo poche ore.

3. La dose giornaliera di UV-B

La App denominata "Sunpass", sviluppata in ENEA al fine di poter trasformare qualsiasi telefono smartphone in una precisa bussola solare [4] [5], contiene una funzione denominata "Installa Pannello" che consente di ottimizzare l'installazione di un pannello solare (fotovoltaico o termico). Questa funzione calcola, ad intervalli di 10 minuti, la trasmissione dell'aria e l'intensità della radiazione solare durante la giornata (utilizzando lo stesso algoritmo di calcolo delle effemeridi della bussola solare ENEA [4] e le equazioni 1-4 qui sopra riportate), per poi integrare la seconda sulle 24 ore, così da ottenere la dose giornaliera di luce solare, e sui 365 giorni dell'anno, così da ottenere l'energia totale raccolta in un anno dal pannello.

Per poter ottenere, in modo analogo, la trasmissione nell'UV e la dose di UV durante una giornata è stato sufficiente sostituire il coefficiente di attenuazione atmosferica nel visibile con quello nell'UV secondo il grafico di Fig. 4 (si precisa che questo procedimento non è accessibile al generico utilizzatore di Sunpass). Il risultato è qui riportato in Fig. 6, dove l'evoluzione dell'intensità solare in una giornata (ad esempio quella del solstizio estivo) nel visibile viene confrontata con quella che si ha nell'UVB.

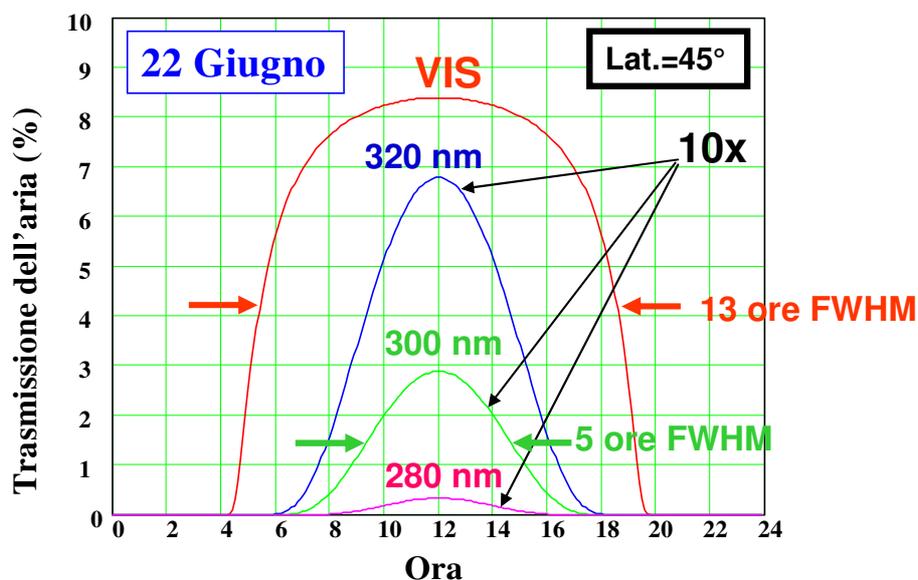


Figura 6: Trasmissione dell'aria durante la giornata del solstizio estivo per la luce visibile (curva rossa) e per le tre lunghezze d'onda UV-B già considerate in Fig. 5 (anche qui i valori nell'UVB sono moltiplicati per 10). Questi valori sono calcolati da Sunpass (benché non accessibili all'utente) nella funzione "Installa Pannello". L'esempio qui riportato si riferisce ad un luogo che si trovi ad una latitudine di 45° .

Come possiamo notare, la conseguenza della forte attenuazione dell'UVB per bassi valori di elevazione del Sole (già vista in Fig. 5) comporta che la giornata UV-B sia molto più breve di quella nel visibile (5 ore anziché 13 al solstizio estivo) o addirittura nulla nel periodo invernale.

Come sopra menzionato, integrando temporalmente sulle 24 ore, Sunpass ottiene la “Dose giornaliera” di radiazione nel visibile (o nell'UV dopo la modifica sopra descritta) per ciascun giorno dell'anno. In Fig. 7 è riportato un esempio di ciò per la radiazione integrata su tutto lo spettro (composta principalmente da luce visibile), mentre in Fig. 8 è riportato l'analogo grafico per la radiazione UV-B, in cui le curve corrispondenti alle varie λ sono ottenute integrando su un intervallo di 10 nm centrato in λ .

La dose giornaliera, tuttavia, dipende anche da come è orientata la superficie su cui viene raccolta la radiazione solare. In questo esempio si sono volute considerare due superfici particolari: una superficie che ruoti in modo da rimanere sempre ortogonale alla radiazione solare (la “dose aria”) ed una superficie orizzontale (la “dose suolo”). Il primo caso rappresenta anche il rapporto tra la dose intercettata da qualsiasi corpuscolo che fluttua come aerosol nell'aria (batterio, virus, pulviscolo, microgoccia, ecc.) e la sezione del corpuscolo stesso. Da qui la decisione di chiamarla “dose aria”.

Nel caso dell'UVB, la dose aria quindi rappresenta l'effetto igienizzante del sole su tutti gli aerosol mentre la “dose suolo” rappresenta l'effetto igienizzante del sole su tutti gli oggetti esposti al sole (tavoli, sdraio, marciapiedi, terrazzi, ecc). I tre grafici (Fig. 7, Fig. 8a e 8b) riportano la dose giornaliera per tutti i 365 giorni dell'anno a partire dalla data del solstizio invernale dell'emisfero Nord (21 dicembre) alla latitudine di 45°. I 12 mesi riportati nei grafici sono quindi i mesi zodiacali (vanno dal 21 di ogni mese al 21 del mese successivo).

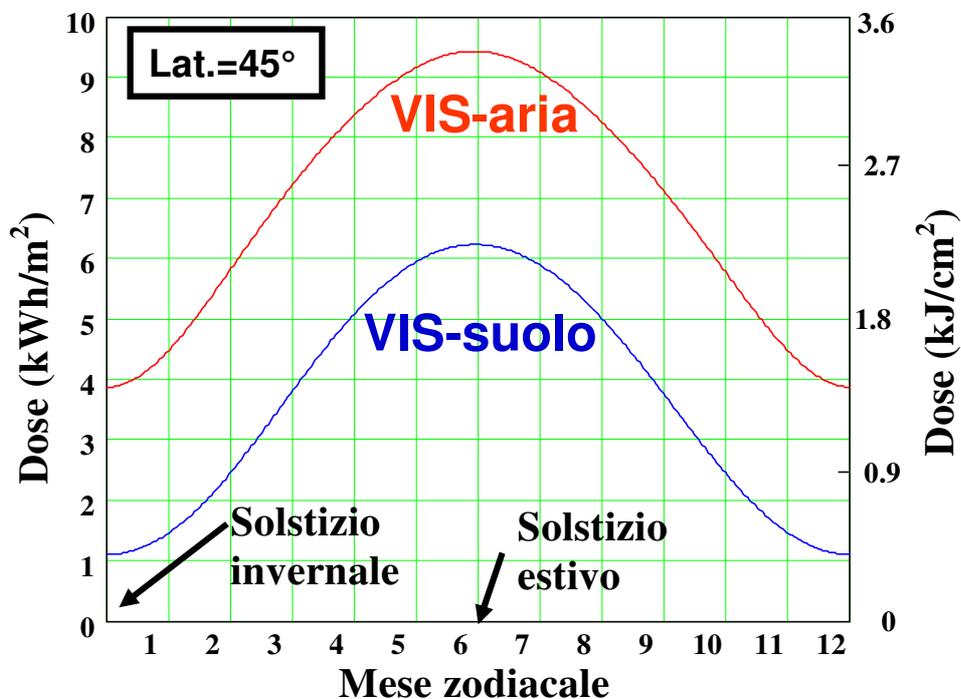
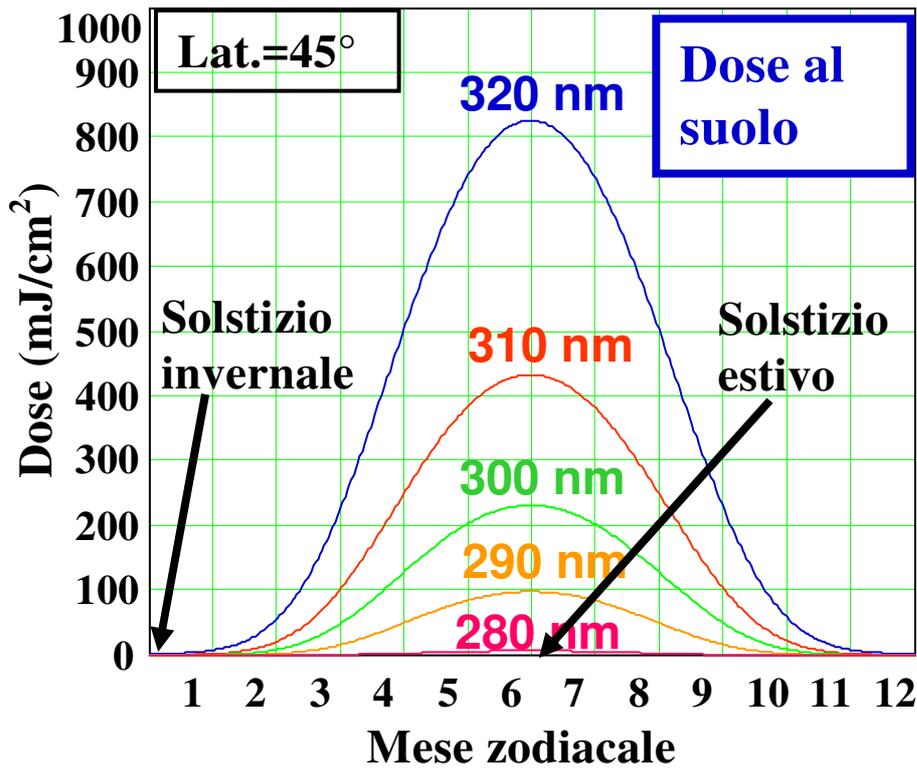
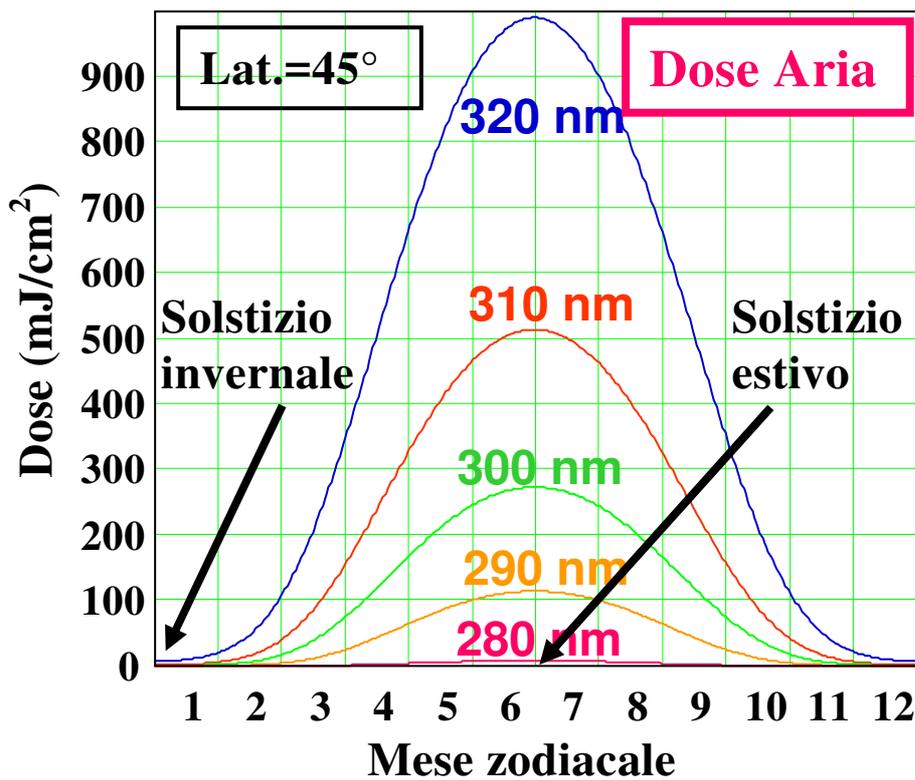


Figura 7: Dose giornaliera di radiazione solare integrata sull'intero spettro (composto quasi totalmente da luce visibile) su una superficie orizzontale (curva blu) oppure su una superficie che insegue sempre il sole (curva rossa), ottenute tramite la funzione “Installa Pannello” di Sunpass per un luogo a 45° di latitudine.



(a)



(b)

Figura 8: Dose giornaliera di radiazione UV-B su una superficie orizzontale (a) e su una superficie che insegue il sole (b) in vari intervalli spettrali di 10 nm di ampiezza di banda per un luogo situato ad una latitudine di 45°.

Nel calcolare queste dosi si sono utilizzati i valori di intensità solare esterni all'atmosfera riportati nel grafico di Fig. 1 e si è tenuto conto che parte di tale intensità viene assorbita dall'atmosfera e parte viene persa a causa della riflettanza dell'atmosfera stessa: circa il 31% nel VIS e circa il 3% nell'UV.

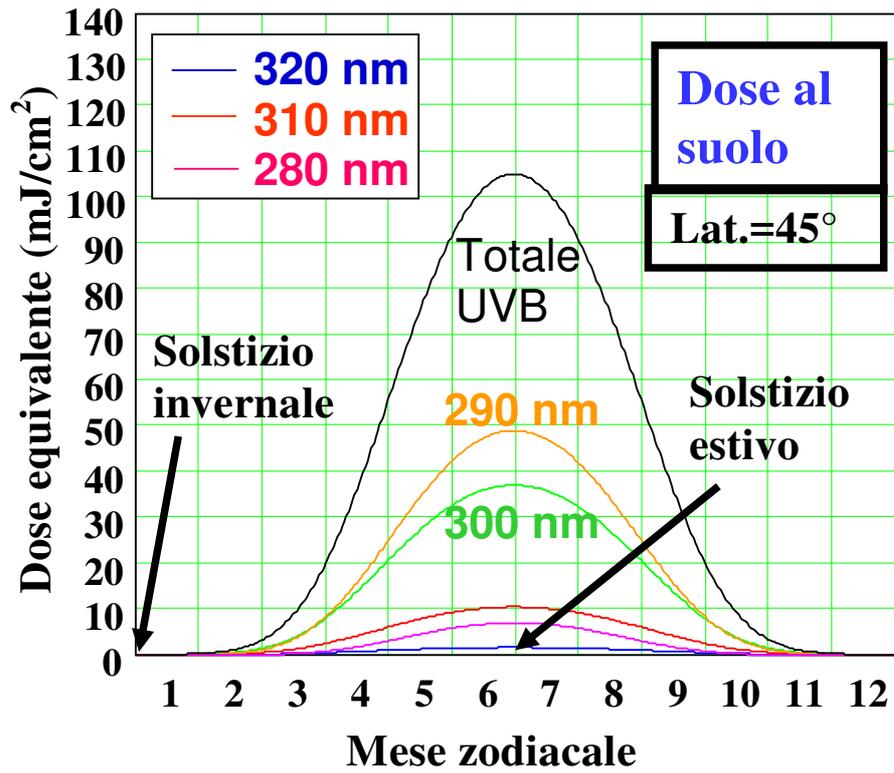
Confrontando il grafico di Fig. 7 con quelli di Fig. 8, notiamo subito tre cose:

- a) Anche nel miglior periodo dell'anno (al solstizio estivo), la dose giornaliera complessiva totalizzata nelle varie fasce di UV-B considerate nel grafico è oltre 3 ordini di grandezza più bassa di quella nel VIS.
- b) Mentre per la luce visibile la dose-aria cala solo di un fattore 2 a Natale rispetto al solstizio estivo (prevalentemente a causa dell'accorciamento della giornata), nel caso dell'UV-B il calo natalizio è di circa 100 volte! In pratica, anche nelle regioni della terra a media latitudine, come per l'esempio riportato (45°), a partire dall'equinozio di autunno fino a quello di primavera l'UV-B è pressoché inesistente, una sorta di **“lunga notte polare dell'UV-B”**.
- c) Al solstizio estivo la differenza tra suolo e aria nell'UV-B è più piccola che nel VIS; questo accade semplicemente perché, nell'UV-B, le ore in cui il sole è basso (quindi quelle più sconvenienti per il suolo) vengono comunque eliminate dall'assorbimento (sia per l'aria e sia per il suolo).

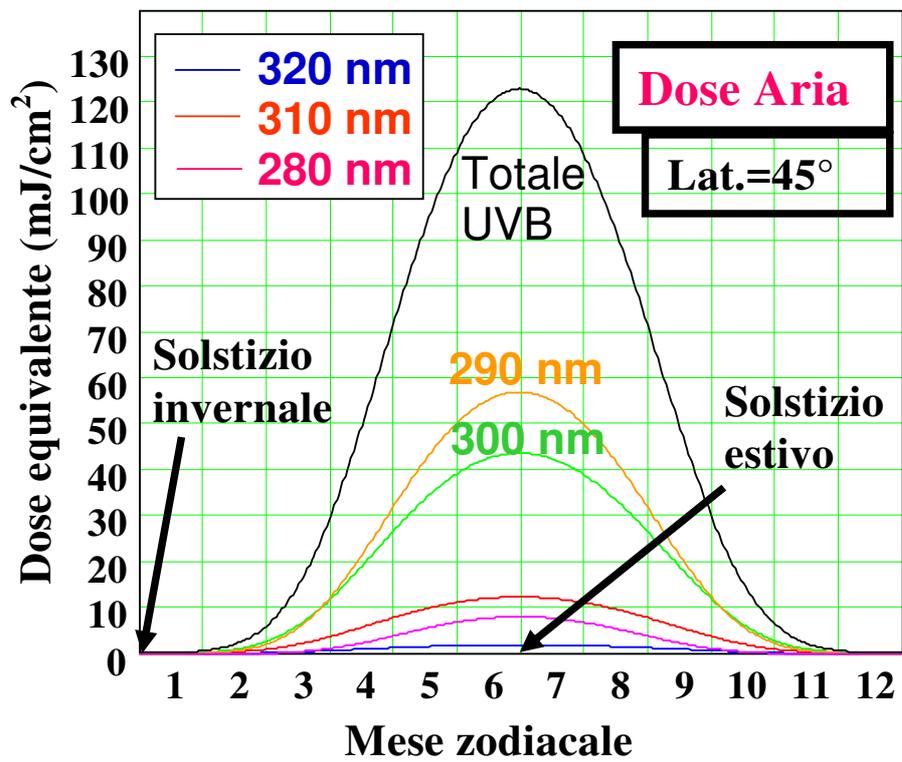
Analogamente a quanto fatto dagli autori del grafico di Fig. 3, anche per i due grafici di Fig. 8, possiamo moltiplicare le dosi per il coefficiente di assorbimento normalizzato “ $A(\lambda)$ ” del DNA (riportato nella curva blu di Fig. 3) in modo da ottenere la dose equivalente, in termini di effetto biologico, riferita a quella a 260 nm. Nel nostro caso è però preferibile normalizzarci alla lunghezza d'onda di 280 nm, che è l'estremo inferiore dell'intervallo UV-B ed è utilizzata dai biologi per i test di igienizzazione tramite UV perché disponibile facilmente dalle moderne sorgenti UV a LED.

Moltiplicando quindi le dosi di Fig. 8 per $A(\lambda)/A(280 \text{ nm})$, dove λ è la lunghezza d'onda centrale della fascia di UV-B considerata, si ottiene la dose equivalente ai 280 nm, cioè la dose di radiazione UV-B che a 280 nm genererebbe lo stesso effetto germicida della radiazione della fascia considerata.

Il risultato è riportato in Fig. 9 (a e b).



(a)



(b)

Figura 9: Dose giornaliera equivalente di radiazione UV-B a 280 nm al suolo (a) ed in aria (b) per i vari intervalli spettrali di Fig. 8, ottenuta moltiplicando per $A(\lambda)/A(280 \text{ nm})$ i valori di dose di ciascuna fascia spettrale di Fig. 8, centrata ad una lunghezza d'onda λ . Nei grafici è riportata anche la somma delle 5 fasce considerate (curva nera) cioè la dose equivalente totale nell'UV-B.

Scopriamo così che, differentemente da quanto poteva sembrare in Fig. 8, le fasce spettrali UV-B di radiazione solare che danno un significativo contributo germicida sono solo quelle centrate a 290 nm e 300 nm.

4. I tempi di sanificazione solare per il Covid-19

Dopo aver ottenuto la dose giornaliera equivalente di Fig. 9, in questo periodo viene immediato porsi la domanda: in quanto tempo il Sole può eliminare batteri e virus (in particolare il SARS-CoV-2) grazie a questa dose germicida? In altre parole, qual è la dose di UV-B a 280 nm che riesce ad eliminare il 99.9% di virus e batteri?

La risposta a queste domande, purtroppo, non è univoca. Ad esempio, nel 2020 sono stati effettuati i primi esperimenti con un simulatore di luce solare per verificarne l'efficacia dell'UV-B nell'inattivare il SARS-CoV-2 [6].

A volte appaiono notizie estremamente ottimistiche [7] secondo le quali sarebbero sufficienti, nei giorni vicini al solstizio estivo, pochi secondi di luce solare per ottenere una sanificazione così elevata. In realtà, in letteratura sono riportati molteplici esperimenti di abbattimento di virus e batteri (incluso il caso del SARS-CoV-2), ma essi non sono pienamente concordi tra loro, come se la dose di sanificazione (chiamiamo così la dose in grado di abbattere il 99,9% dei patogeni) sia fortemente dipendente dalle condizioni in cui viene svolto l'esperimento. Per l'inattivazione del SARS-CoV-2 con l'UV-C si possono consultare [8]-[12].

Volendo, per prudenza, considerare i valori più pessimistici della letteratura (quindi più elevati), potremmo dire che la dose di sanificazione a 280 nm è:

- a) circa 5 mJ/cm² per la maggior parte dei batteri.
- b) circa 50 mJ/cm² per la maggior parte dei virus
- c) circa 30 mJ/cm² per il SARS-CoV-2.

Se confrontiamo questi valori di soglia con i grafici della dose equivalente (Fig. 9), possiamo concludere che **tra l'equinozio di primavera e quello di autunno il Sole rilascia una dose UV-B sufficiente a sanificare completamente l'aria e tutte le superfici dal virus del Covid-19 almeno una volta al giorno**; se poi si considera il periodo più propizio, cioè il periodo prossimo al solstizio estivo, **la sanificazione da SARS-CoV-2 avviene circa ogni ora**.

Se volessimo prendere in considerazione i valori di dose di sanificazione più ottimistici, allora i tempi di sanificazione qui riportati scenderebbero di oltre un ordine di grandezza, fino ad arrivare alle affermazioni fantastiche della referenza [7]. Non bisogna però dimenticare che il coefficiente di assorbimento nell'UV-B è fortemente dipendente dall'umidità dell'aria e in questa trattazione abbiamo considerato condizioni dell'aria estremamente propizie (visibilità di 120 km, ovvero aria limpida ed asciutta). Non appena la visibilità dell'aria dovesse calare di 6 volte (20 km anziché 120 km) su tutto lo spessore dell'atmosfera, subito il coefficiente di assorbimento aumenterebbe di circa 0.35 km⁻¹ in tutto l'UV-B (vedi Fig. 4) e quindi sullo spessore equivalente dell'atmosfera allo zenit ($L \geq 8.44$ km) la trasmissione dell'aria verrebbe moltiplicata per un fattore $\leq e^{-0.35 \cdot 8.44} = 0.05$, ovvero la dose calerebbe di almeno 20 volte.

Per questo motivo, nel confrontarci con la letteratura, abbiamo preferito scegliere le dosi di sanificazione più pessimistiche. Probabilmente la situazione reale è una via di mezzo: la vera dose di sanificazione è più bassa di quella qui considerata, ma anche la vera trasmissione dell'aria è più bassa di quella qui considerata. Se i due errori si compensano tra loro, allora le conclusioni sopra descritte restano relativamente affidabili. Inoltre, queste considerazioni sugli effetti dell'umidità dell'aria possono spiegare come mai i Paesi con una elevata insolazione, come Brasile e India, ma con alta umidità dell'aria, hanno avuto nel 2021 alti tassi di positività da COVID-19 anche nel periodo estivo.

5. Confronto tra dosi UV-B e positività al COVID-19 in Italia

Al fine di verificare l'esistenza di una correlazione tra l'irraggiamento solare nell'UV-B e la situazione pandemica da COVID-19 in Italia, abbiamo scelto due tipologie di confronto. La prima è quella di confrontare l'andamento temporale della dose giornaliera equivalente in aria sull'intero UV-B (curva nera di Fig. 9b) con i colori COVID-19 dell'Italia durante la primavera 2021 ad intervalli di 14 giorni. Il risultato è riportato in Fig. 10 e sembra confermare una netta correlazione: dopo un inverno in cui è rimasta rossa gran parte dell'Italia, a partire dall'equinozio di primavera, quindi con l'aumentare della dose giornaliera UV-B, la situazione è rapidamente migliorata fino ad arrivare ad avere gialla l'intera Italia poco prima del solstizio estivo.

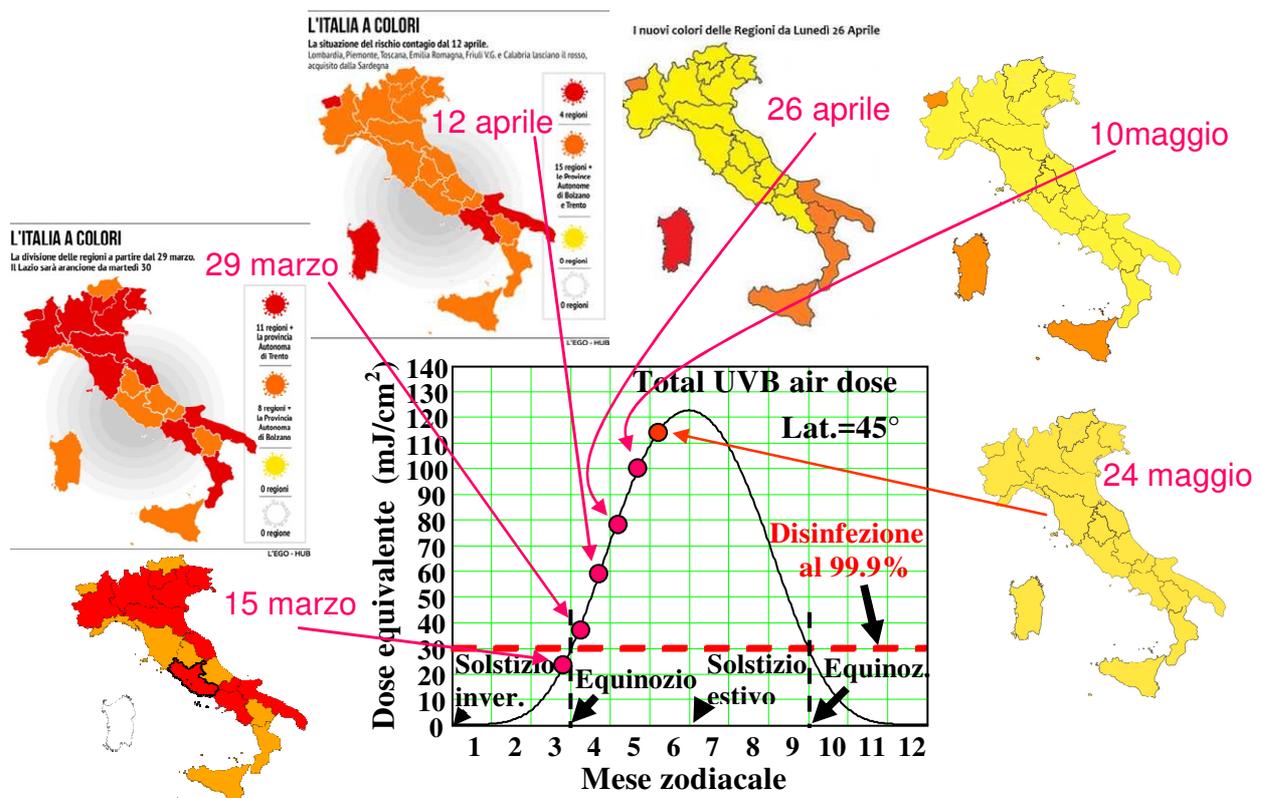


Figura 10: Confronto tra la crescita della dose giornaliera equivalente UV-B nell'aria ed i colori-COVID-19 delle varie regioni italiane durante la primavera 2021 ad intervalli di 2 settimane. Nel grafico è riportata anche la linea di soglia di dose per ottenere la disinfezione al 99.9% del Coronavirus (curva rossa tratteggiata).

Il secondo confronto che vogliamo riportare è quello tra la dose giornaliera equivalente UV-B nel 2020 e 2021 (sempre la curva nera di Fig. 9b, ma ripetuta 2 volte) ed il numero di nuovi contagi giornalieri da Covid-19. Il risultato è riportato in Fig. 11.

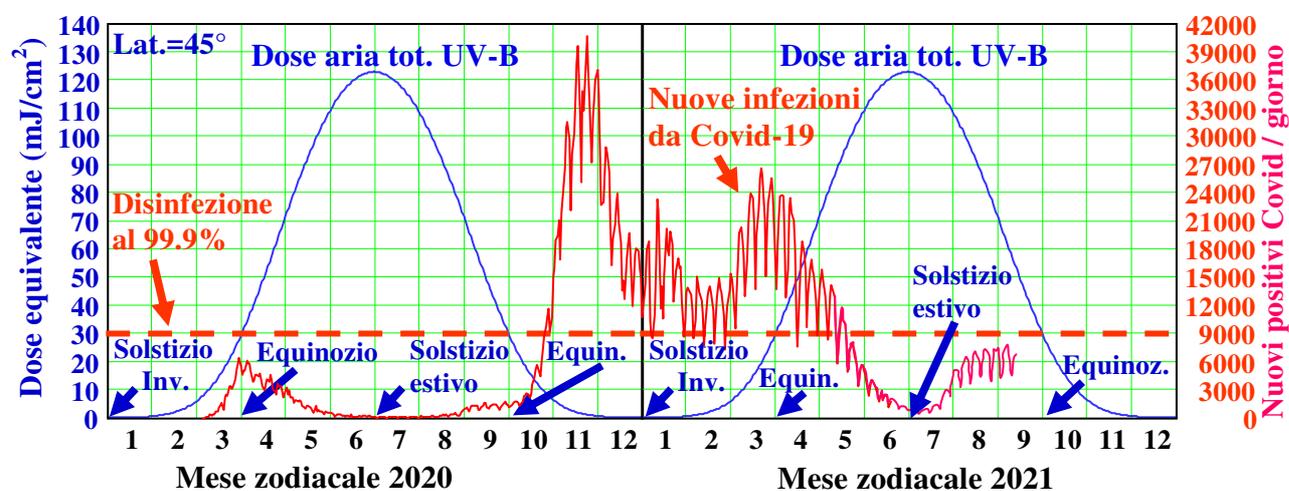


Figura 11: Confronto tra la dose UV-B giornaliera equivalente (@ 280 nm) in aria (curva blu) ed il numero di nuovi casi al giorno di positività al Covid-19 in Italia (curva rossa) per gli anni 2020 e 2021 aggiornato alla data del 2 settembre 2021. Nel grafico è riportata anche la linea di soglia di dose per ottenere la disinfezione al 99.9% del Coronavirus (curva rossa tratteggiata).

Anche in questo secondo confronto la correlazione tra la dose giornaliera di radiazione solare UV-B e la situazione pandemica (nuovi casi positivi al giorno) sembra evidente: il numero dei nuovi contagi cala drasticamente in prossimità dei solstizi estivi (quando la dose UV-B è massima), ma poi aumenta nuovamente man mano che la dose UV-B cala. L'aumento dopo il solstizio sembra non dipendere significativamente dalla temperatura (che invece ha il massimo ad inizio agosto).

6. Conclusioni

- Di tutto lo spettro solare, solo la porzione UV-B esercita una efficace sanificazione dell'aria, degli aerosol e di tutte le superfici esposte.
- Nell'UV-B alba e tramonto avvengono quando il sole è circa a 45° di elevazione, sotto a questo valore è ... "notte"!
- Rispetto al visibile, la durata della giornata e dell'anno UV-B sono dimezzati alle medie latitudini.
- L'accorciamento dell'irraggiamento nell'UV-B è fortemente dipendente dalla latitudine.

- Alle medie latitudini, la sanificazione solare avviene dall'equinozio di primavera a quello di autunno.
- Questi risultati sono ottenuti per cielo limpido. Ma l'assorbimento dell'aria cresce molto con l'umidità (vedi Fig. 4).
- Alle medie latitudini avviene che agli equinozi il sole sia vicino alla barriera dei 45° (a mezzogiorno); pertanto, piccole variazioni di latitudine hanno grandi conseguenze sulla dose UV-B cioè sulla data di inizio della stagione propizia per l'UV-B.
- Probabilmente queste ultime due considerazioni spiegano, almeno in parte, il divario Nord-Sud verificatosi in Italia agli equinozi di primavera 2020 e 2021, un divario non spiegabile dalle variazioni di socialità legate alla temperatura o alla durata delle giornate (a Roma la primavera arriva dopo che a Milano)!
- Il significativo peggioramento della pandemia in Italia tra l'autunno 2020 e la primavera 2021 ed i miglioramenti osservati durante le estati sembrano confermare gli effetti della sanificazione solare UV-B.
- Alla data attuale (inizio settembre 2021) l'incremento dei nuovi contagi (vedi Fig. 11) sembra seguire lo stesso andamento del 2020, cioè sembra ancora fortemente influenzato dal calo della dose solare di radiazione UV-B.

Comunque, i fattori che determinano l'andamento della pandemia e del suo grado di letalità, sia a livello nazionale che globale, sono numerosi: dalle restrizioni sociali più o meno marcate, alla ripresa degli spostamenti anche a scala internazionale, ai comportamenti collettivi, alle nuove varianti sviluppatasi e, non ultimo, alle vaccinazioni.

Abbiamo visto che l'UV-B ha sicuramente un effetto benefico, perché è efficace nell'inattivare il SARS-CoV-2; inoltre ricordiamoci che l'UV-B stimola anche le nostre difese immunitarie facendoci produrre la vitamina D!

Bibliografia

- [1] Ferdinando De Tomasi: *Introduzione alla fisica del telerilevamento*, Dispense Dip. Matematica e Fisica, Università del Salento, 12 Novembre 2018. Disponibile al sito: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjS-96mu-zyAhVUPuwKHcUIDpQQFnoECAQQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.unisalento.it%2Fdocuments%2F20152%2F845111%2FDispense%2Bdel%2Bcorso.pdf%2F75c1d603-2fd0-054a-438c-217e4677c299%3Fversion%3D1.0%26download%3Dtrue&usg=AOvVaw1LZtxZ_GbU3vjvfVKn3Nf.
- [2] C. David Lytle and Jose-Luis Sagripanti: *Predicted Inactivation of Viruses of Relevance to Biodefense by Solar Radiation*, Journal of Virology, Vol. 79, No. 22, pp. 14244–14252 (2005),”: disponibile al web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1280232/pdf/1328-05.pdf>
- [3] William Alvin Baum: *Attenuation of ultraviolet light by the lower atmosphere*, Thesis at the California Institute of Technology, 1950. Disponibile al sito: https://thesis.library.caltech.edu/3249/1/Baum_wa_1950.pdf
- [4] F. Flora et al.: *Bussola solare di alta precisione: un utile strumento per l'archeoastronomia*, Atti del XXI Seminario di Archeoastronomia, Edizioni ALSSA (Associazione Ligure per lo Sviluppo degli Studi Archeoastronomici), Genova 30-31 Marzo 2019, pp. 34-53, (2019). Disponibile al sito: <https://www.alsa.it/wp-content/uploads/2020/08/Atti-Seminario-21-2019.pdf>.
- [5] F. Flora et al: *Primi risultati di Sunpass sul Survey-KIT*, proceedings al XXIII Seminario ALSSA, Osservatorio Astronomico di Genova, 12 Giugno 2021.
- [6] S. Ratnesar-Shumate et al., *Simulated Sunlight Rapidly Inactivates SARS-CoV-2 on Surfaces*, The Journal of Infectious Diseases 2020:222 (15 July), 214-222, doi: 10.1093/infdis/jiaa274
- [7] Mario Clerici: *"I raggi del sole distruggono il virus in pochi secondi: i risultati di uno studio italiano*. Università Statale di Milano, 1° Giugno 2021. Vedi web al sito: https://www.huffingtonpost.it/entry/i-raggi-del-sole-distruggono-il-virus-in-pochi-secondi-i-risultati-di-uno-studio-italiano_it_60b639e9e4b02a79db929476
- [8] M. Biasin et al.: *UV-C irradiation is highly effective in inactivating SARS-CoV-2 replication*, Sci. Rep. 11:6260 (2021) doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85425-w>
- [9] H. Inagaki et al.: *Rapid inactivation of SARS-CoV-2 with deep-UV LED irradiation*, Emerging Microbes & Infections, 9:1 (2020) 1744-1747, <https://doi.org/10.1080/22221751.2020.1796529>
- [10] C.S. Heilingloh et al.: *Susceptibility of SARS-CoV-2 to UV irradiation*, American Journal of Infection Control, 48 (2020) 1273-1275, <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.07.031>

[11] N. Storm et al.: *Rapid and complete inactivation of SARS CoV 2 by ultraviolet C irradiation*, Scientific Reports (2020) 10:22421, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79600-8> , nature research

[12] C.P. Sabino et al.: *UV-C (254 nm) lethal doses for SARS-CoV-2*, Photodiagnosis and Photodynamic Therapy 32 (2020) 101995, <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2020.101995>

Atti del 23° Seminario di Archeoastronomia

Genova, 12 giugno 2021

© 2021 - Edizioni ALSSA

Associazione Ligure per lo Sviluppo degli Studi Archeoastronomici,
con sede in La Spezia, c/o Luna Editore, via XXIV maggio 223.

mail: alssa1@libero.it

sito Web: www.alssa.it

ISBN – 978-88-942451-6-5

Tutti i diritti di traduzione, riproduzione e adattamento, totale o parziale, con qualsiasi mezzo, sono riservati.

Curatore del presente volume è

Giuseppe Veneziano, via Cascinetta 1/3, Ceranesi (Genova), vene59@libero.it .

Finito di stampare nel novembre 2021