

Giovanni Capellini, Michele Gortani, e la valorizzazione vecchia e nuova del patrimonio marsiliano in vista del tricentenario dell'Istituto delle Scienze di Bologna

Gian Battista Vai

Museo Geologico Giovanni Capellini, Alma Mater Studiorum, Università di Bologna, via Zamboni, 63. I-40127 Bologna.
 E-mail: giambattista.vai@unibo.it

RIASSUNTO

La nuova scienza che Aldrovandi inaugura e propaga in Europa non è iconoclastica come quella baconiana, che per il resto, la replica con maggior penetrazione. Aldrovandi innova radicalmente il metodo scientifico pur mantenendo salde radici nel passato e stimolo critico dal suo patrimonio. Questo approccio evolutivo e non distruttivo caratterizzò costantemente la scuola bolognese, in particolare nelle geoscienze, coi suoi successori Cospi, Marsili, Beccari, Monti e tanti altri attivi nell'Istituto delle Scienze fino alla tempesta napoleonica, e anche dopo, con minor risonanza, con Bianconi, Scarabelli, Capellini, Gortani, Selli fino ad oggi. Per questi scienziati il museo e le sue collezioni, sempre rinnovate per integrazione, hanno rappresentato il baricentro sperimentale della ricerca scientifica di respiro internazionale, come è stato anche per Curzio Cipriani. Peccato che la storiografia italiana degli ultimi due secoli, squilibrata in senso idealistico, abbia trascurato fino a dimenticarle le opere di questo mondo scientifico sperimentale.

E' esemplare il caso dei tentativi occasionali di rivalutare e far conoscere risultati, eccellenza e primati dell'Istituto delle Scienze e del suo fondatore Marsili fatti negli ultimi due secoli. Le recenti scoperte di primizie di Marsili sulla struttura della Terra e l'isostasia dimostrano il ruolo scientifico del Marsili scienziato in Europa, e quanto grande sia ancora la lacuna di conoscenze della sua opera scientifica, non meno di quella di tanti altri studiosi italiani di quei tempi.

Parole chiave:

Aldrovandi, la nuova scienza, geologia, Italia, Marsili.

ABSTRACT

Giovanni Capellini, Michele Gortani and the old and new appreciation of the Marsilian heritage in view of the tricentennial of Bologna's Institute of Sciences.

Unlike the Baconian method, the new science introduced in Europe by Aldrovandi was not iconoclastic; he changed the scientific method but maintained the legacy of the past. Aldrovandi's evolutionary approach was steadily maintained in Bologna, especially in the geosciences, by his successors Cospi, Marsili, Beccari, Monti and many others active in the Institute of Sciences up until the Napoleonic turmoil, and even later with Bianconi, Scarabelli, Capellini, Gortani, Selli up to the present. For these scientists (as for Curzio Cipriani), the museum and its collections constituted a fundamental resource for internationally renowned research. Unfortunately, this experimental scientific approach was not adequately supported by the idealistically biased Italian historiographic school in the last two centuries.

Exemplary of this are the occasional attempts made in the last two centuries to re-evaluate and make known the scientific excellence and contributions of the Institute of Sciences and its founder Marsili. The recent discovery of Marsili's writings on the theory of isostasy demonstrates the leading role of this scientist in Europe, but also the large gap in our knowledge of his works and of those of many Italian scientists of his time.

Key words:

Aldrovandi, new science, geology, Italy, Marsili.

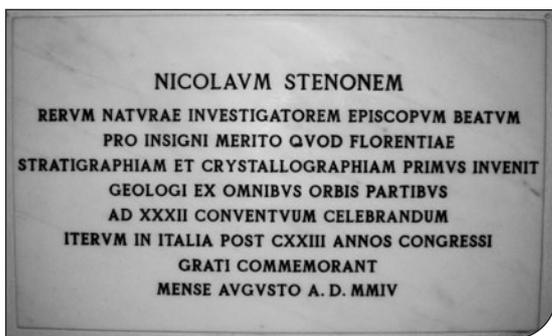


Fig. 1. Lapide celebrativa in onore del Beato

Nicola Steno, padre della geologia, apposta il 23 Agosto 2004 dal 32° International Geological Congress Florence 2004 nella sua cappella della Basilica di San Lorenzo in Firenze.

L'avevo incontrato per l'ultima volta il 23 Agosto 2004 a Firenze in San Lorenzo, quando i riflessi dorati di un tramonto canicolare ravvivavano le armonie geometriche e i grigi luminosi degli interni brunelleschiani e dispensavano un anelito di frescura e di pace a chi arrivava dalle vie accaldate della città.

CURZIO CIPRIANI

Era lui, illustre mineralista e museologo, Curzio Cipriani, emerito dell'Università di Firenze, in giacca di fresco azzurra, come azzurri erano i suoi occhi argu-

ti, a dare il benvenuto dall'ambone dell'altare maggiore alle molte centinaia di congressisti convenuti nella Basilica per onorare la memoria e le spoglie di uno dei padri della geologia moderna, Nicola Steno, più noto in Italia come Stenone. Dopo la beatificazione del 23 Ottobre 1988, a tre secoli dalla morte, per mano e volere di Giovanni Paolo II, il papa polacco, e per unanime consenso dei danesi e di innumerevoli giovani suoi fedeli di ogni paese, le spoglie dal buio della cripta, già denunciato da Giovanni Capellini nel 1881, sono state elevate - letteralmente, è il caso di dirlo - alla gloria degli altari, nella cappella destra del transetto della Basilica.

Lo aveva seguito nel porgere il saluto della chiesa fiorentina il Priore della Basilica e padrone di casa, Padre Angelo Livi.

Ero poi salito allo stesso ambone per illustrare alla folta rappresentanza dei geologi le ragioni per cui avevamo ritenuto degno di tanto genio emulare quanto fatto 123 anni prima da Giovanni Capellini in analoga occasione nel 1881, e apporre una lapide celebrativa in onore di Steno proprio nella sua cappella a lato del suo sarcofago (fig. 1), in occasione del 32° Congresso Geologico Internazionale, per la seconda volta assegnato all'Italia e a Firenze dopo quello quasi mitico di Bologna del 1881. Allora erano arrivati a Bologna oltre 400 geologi da ogni parte del mondo, questa volta a Firenze ne erano venuti oltre 8.000, un picco non ancora superato.

Tutto ciò alla presenza dell'Arcivescovo di Firenze,

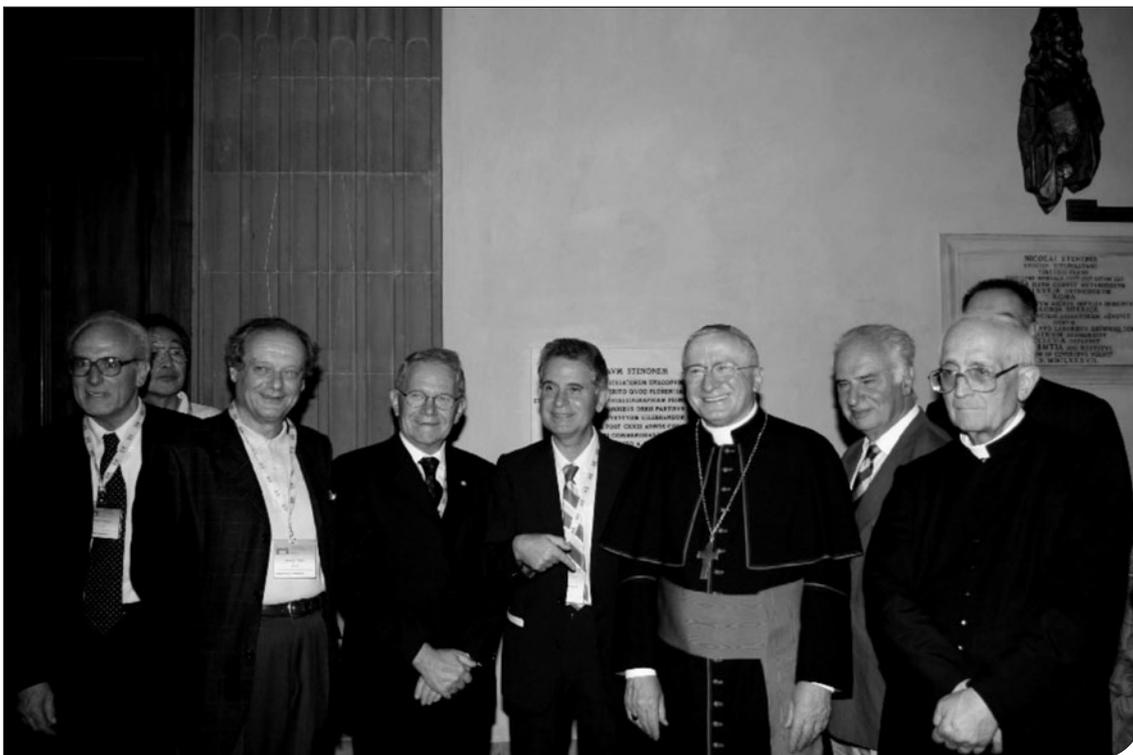


Fig. 2. Il Cardinale Ennio Antonelli con le autorità del Congresso (fra cui Curzio Cipriani) dopo l'inaugurazione della lapide in onore di Nicola Steno.

Cardinale Ennio Antonelli, che ha poi benedetto e disvelato la nuova lapide (fig. 2). E' stato lui la maggiore autorità pubblica italiana a onorare con la sua presenza il Congresso che in passato anche in Italia e oggi ovunque, ma non in Italia, vede l'omaggio e l'interesse dei rispettivi capi di stato, primi ministri, reali, e sindaci di grandi città come Parigi, Londra, Pechino, Kyoto, e Rio de Janeiro.

Avevo proprio affidato a Curzio la cura della versione in latino della lapide celebrativa e insieme con lui e con Ernesto Abbate, Segretario del Congresso, avevamo chiesto udienza preliminare al Cardinale Antonelli per avere l'assenso dell'autorità religiosa, dopo quello della Soprintendenza.

Questa premessa era doverosa per testimoniare la sensibilità dell'uomo nel confronto del patrimonio scientifico e culturale del nostro paese anche nella fattispecie di chi quel patrimonio ha prodotto, e per sottolineare la comunanza di approccio con quanto si esporrà in seguito.

Chi e che cosa avevano ispirato Capellini a riscoprire i meriti scientifici di Steno e ad auspicare una più dignitosa tutela delle sue spoglie nella seconda metà dell'Ottocento? Chi e che cosa hanno ispirato noi a celebrare laicamente all'inizio del Duemila la memoria operativa dello scienziato, dopo che la Chiesa ne aveva consacrato le eroiche virtù di santità? E' una storia evolutiva lunga e coerente che racconterò a partire dalla mia personale esperienza.

LA LEZIONE ALDROVANDIANA

Nel privato, nel segreto, e nei taccuini cifrati, svelati solo con l'Ottocento, tutto o quasi nella scienza moderna comincia con Leonardo (1452-1519). Ma Leonardo non ha costruito un museo. La sua mente era incomparabilmente superiore così da contenere ed esplorare come museo l'intero universo.

Nel concreto e nella prassi tutto o quasi della scienza moderna, in particolare delle scienze naturali, comincia con Aldrovandi (1522-1605) (fig. 3). E' lui a concepire e produrre dal 1547 il primo museo di storia naturale. E' lui a ricostruire, descrivere e interpretare il microcosmo e il macrocosmo nel suo "teatro di natura". E' lui a ispirare e teorizzare la rivoluzione della pittura europea favorendo il trapasso dal manierismo al naturalismo classicista dei Carracci e di Guido Reni. E' lui a trasferire la didattica delle scuole dei gesuiti e della Controriforma nello sperimentalismo teatrale del museo che rinnova la ricerca scientifica e la didattica accademica da Bologna verso tutta l'Europa (Vai, 2003a; Vai & Cavazza, 2006). Se si può fare un torto ad Aldrovandi, è di scambiarlo per l'ultimo dei medioevali e non considerarlo il primo dei moderni. Aldrovandi non costruisce "Wunderkammern" o Studioli di corte o di abbazia. Egli crea il primo museo didattico pubblico, per la sua università (Io Studio), per la sua città, per l'intera Europa degli studenti. E' lui



Fig. 3. Ritratto di Ulisse Aldrovandi.

a dare il nome a tante nuove discipline, a cominciare dalla "geologia" (1603). Anche lui ha imparato da un grande maestro, quel Luca Ghini nato nei calanchi imolesi, professore a Bologna, Padova e Pisa (il triangolo dell'eccellenza universitaria e fucina della modernità scientifica rinascimentale). Ghini fonda proprio a Padova il primo Orto Botanico del mondo e Aldrovandi produrrà per il suo museo il più grande erbario del Cinquecento (Vai, 2003a).

Al cuore della lezione di Aldrovandi, come appare dalla enorme massa dei manoscritti e dalle ingenti opere pubblicate, sta un programma ambizioso di fondazione della "nuova scienza" e di "espansione delle scienze", e in particolare della loro classificazione, che si ritrova puntualmente ripetuto nel manifesto di Francesco Bacone (1561-1626) che servirà da fondamento alla Royal Society (Vai, 2003a, p. 86 seg.; p. 91 seg.). C'è un solo punto in cui Aldrovandi e Bacone divergono: il retaggio delle conoscenze passate che per Aldrovandi è fondamentale e per Bacone invece è indigesto come icone da distruggere. Se ne trova conferma puntuale nelle Costituzioni marsiliane dell'Istituto delle Scienze (1711) in cui, fra la dotazione di base dell'Istituto, figura "un museo di antica erudizione" che ovviamente non va trascurata ma impiegata, seppur nell'ambito del nuovo approccio sperimentale (Vai, 2003b, p. 238).

La lezione aldrovandiana di rivoluzione del metodo nella ricerca scientifica e nella didattica universitaria, tutta imperniata sul museo, si concretizza in una scuola che da Bologna si dirama in tutte le università e città

d'Europa. In essa vengono forgiati i suoi discepoli/successori Cospi, Cassini, Malpigli, per citarne solo alcuni, e alimenta Luigi Ferdinando Marsili (1658-1730) (fig. 4), discepolo di Malpigli, che non può fare a meno di riproporla integralmente e potenziarla costituendo il suo Istituto delle Scienze di Bologna nel 1711, la più prestigiosa istituzione scientifica e museale di ricerca che l'Italia abbia mai avuta (Lyell, 1830-33; Stoye, 1994; Cavazza, 2002) e di cui si appresta a celebrare il tricentenario.

Anche in campo geologico l'Istituto delle Scienze continua a rinverdire i primati di Aldrovandi e Cospi. In competizione con le accademie di Parigi e Londra, di Freyberg e Hannover, è a Bologna che Giuseppe Monti (1682-1760) costituisce il primo Museo di Paleontologia (Sarti, 2003) e che Jacopo Bartolomeo Beccari (1682-1766) scopre i Foraminiferi fossili prima e poi quelli attuali nei primi decenni del Settecento. Poco dopo Marsili dà alle stampe opere come l' "Histoire physique de la mer" (Amsterdam 1725, per cura dell' "Académie des Sciences") e il "Danubius Pannonico-Mysicus" (Amsterdam, 1726), lasciando però una mole di manoscritti incompiuti o non stampati.

Il ciclone napoleonico, come le catastrofi del suo funzionario Georges Cuvier (1769-1832), non a caso consulente del dittatore e preposto alla valutazione del patrimonio scientifico e culturale da depredare, ha



Fig. 4. Ritratto giovanile di Luigi Ferdinando Marsili.



Fig. 5. Ritratto giovanile di Gian Giuseppe Bianconi.

sconvolto l'Italia e la sua economia, ma non ne ha fiaccato lo spirito. Cuvier ha segnalato il tesoro più prezioso conservato nell'Istituto Marsiliano delle Scienze, il Museo Aldrovandiano, e l'imperialista Bonaparte lo ha confiscato e destinato a Parigi. Ma Cuvier a Bologna ha potuto studiare i vertebrati fossili di Aldrovandi e ha incontrato Camillo Ranzani (1775-1841) che lo ha introdotto alle altre collezioni di Marsili, Trionfetti, Monti, e sue proprie in dotazione all'Istituto, ottenendo l'invito a Parigi e la pubblicazione delle priorità bolognesi in paleontologia e stratigrafia nel momento in cui le due discipline nate a Bologna nel Settecento stavano generando la geologia moderna (Vai, 2007). E così la lezione aldrovandiana non viene dimenticata.

Con la Restaurazione, il Museo Aldrovandiano è tornato a Bologna, decimato. Ma l'abate monsignor Ranzani e Gian Giuseppe Bianconi (1809-1878) (fig. 5) sono i primi a raccoglierne i cocci. Educato al culto dell'antico tipico di Aldrovandi e codificato da Marsili nelle Costituzioni dell'Istituto delle Scienze nel 1711, lo hanno salvato dalla distruzione e dall'oblio.

Bianconi fu il maggiore geologo bolognese della prima metà dell'Ottocento e uno dei primi italiani ad essere membro della "Société Géologique de France". A 30 anni pubblica il suo capolavoro, scoprendo e dando il nome alle "argille scagliose" (1840), un termine e un concetto geologico di costante e crescente successo

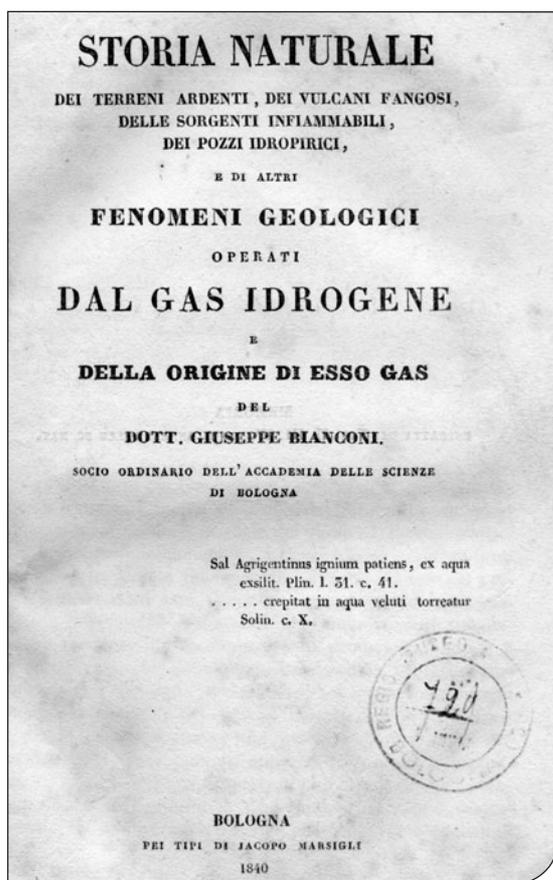


Fig. 6. Frontespizio della *Storia Naturale* ... capolavoro di Gian Giuseppe Bianconi.

globale fino a oggi (fig. 6). Negli stessi anni trasferisce al giovane Giuseppe Scarabelli studente a Bologna la lezione sperimentale e museologica di Aldrovandi, Marsili e Monti (Vai, 2009b).

Nel 1852, come professore di scienze naturali, aveva inaugurato in Palazzo Malvezzi il nuovo Museo di Storia Naturale declinato in maniera disciplinare dopo la riforma napoleonica che aveva concluso l'approccio interdisciplinare dell'Istituto Marsiliano.

Nel 1857 nasceva a Imola il Museo Scarabelliano con una impostazione rigorosamente stratigrafica applicata a geologia e geoarcheologia. Va ricordato che Giuseppe Scarabelli (1820-1905) era giovane discepolo e amico di Bianconi (fig. 7) (Vai, 2009b).

Nel 1860 il Governo unitario assegna la prima cattedra italiana di Geologia a Giovanni Capellini ventisettenne (1833-1922). Bianconi, titolare di mineralogia, geologia, e zoologia, si dimette dai ruoli universitari (come aveva già fatto Luigi Galvani con la Repubblica Napoleonica), ma continua la sua opera scientifica all'Accademia delle Scienze.

Capellini è darwiniano della primissima ora (1862). Bianconi (1864, 1874), invece, contesta sul piano scientifico anatomico l'"Origine della specie..." in ben due opere nel 1864 e nel 1874 (fig. 8).

Pur nel contrasto, Capellini apprende immediatamente la lezione aldrovandiana da Bianconi e da Scarabelli e diventa il principale difensore del patrimonio storico e scientifico dell'università papalina e dell'Istituto delle Scienze di Benedetto XIV. Le tappe fondamentali di quest'opera preveggenze e benefica per la città e l'Italia sono state segnate dagli eventi del 1871, 1881, 1888, 1907.

E' stato quindi grande merito di Giovanni Capellini (1833-1922) (fig. 9), appena catapultato a Bologna dal Governo unitario nel 1860 con un manipolo di giovani fra cui Carducci e Cremona, inserirsi in questa cultura e diventare il più fiero e fattivo salvatore delle glorie dell'"Alma Mater" e dell'Università Pontificia, fino a inventarne l'Ottavo Centenario nel 1888 e a ricostituire il Museo Aldrovandiano nel 1907 per il III centenario della morte del fondatore del primo museo pubblico di Storia Naturale al mondo, dopo aver ideato e portato a Bologna due grandi Congressi Internazionali.

Michele Gortani (1883-1966), uomo di grande cultura, è stato il braccio destro di Capellini nel recupero del Museo Aldrovandiano nel 1907, divenendo poi uno dei pochi cultori italiani di storia della geologia del Novecento (Gortani 1930, 1963), secolo nero della storia della scienza nell'Italia dominata da una cultura idealistica e 'umanistica' squilibrata. Gortani è uno dei pochi autori italiani di quel tempo citato all'estero in questo campo, in particolare dopo il suo contributo alla riscoperta di Marsili e dei suoi manoscritti per il secondo centenario della morte nel 1930. L'ho conosciuto negli ultimi sei anni di vita e devo a lui e a Raimondo Selli (1916-1983), suo discepolo (fig. 10),

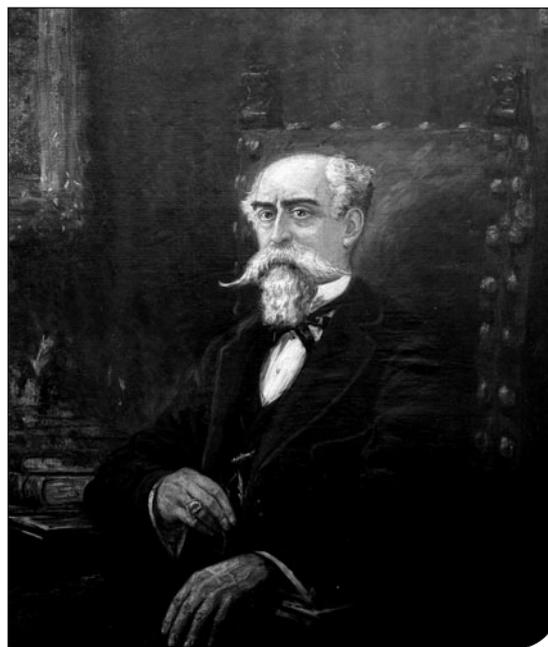


Fig. 7. Ritratto di Giuseppe Scarabelli.

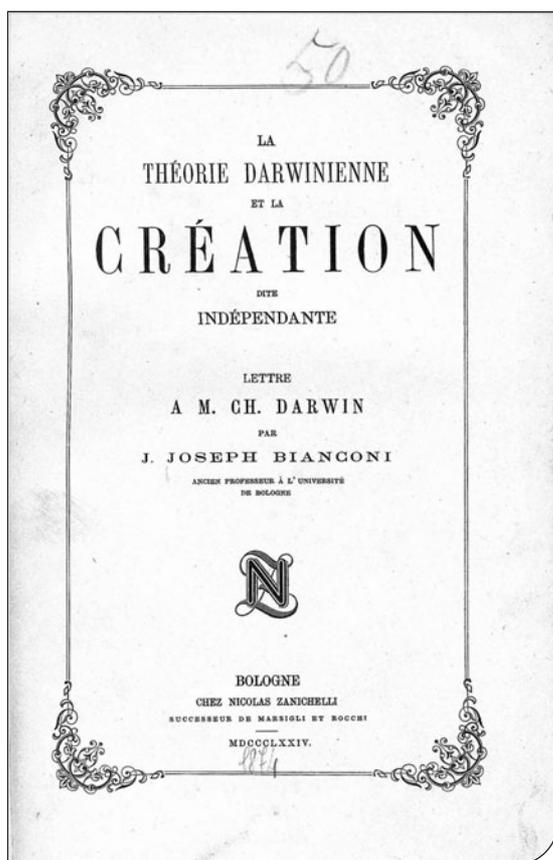


Fig. 8. Frontespizio di *La Théorie Darwinienne ...* di Gian Giuseppe Bianconi.

la mia passione per l'antico e per la storia della geologia. Selli è scomparso prematuramente, prima di potersi dedicare a questa sua intensa passione.

Forse anche per questo mi occupo da un decennio di mostrare che la geologia ha le sue origini concrete in Italia dal Cinquecento al Settecento, come già diceva Brocchi nel 1814 e ripeteva convinto Lyell nel 1830, e non solo nominalmente per aver Aldrovandi inventato il termine nel 1603. Ebbene, pare che i britannici, i più suscettibili in materia, si stiano di nuovo convincendo. Così, David Oldroyd, uno dei massimi storici della geologia (Oldroyd, 1996), recensendo sotto il titolo "Where did the Science of Geology Originate?" nell'*Inhigeo Newsletter* 41, 2008 i due volumi di Vai e Cavazza (2003) e Vai e Caldwell (2006) scrive: "These two sumptuously illustrated publications go a long way towards establishing that the science of geology had its origins in *Italy*, not Britain, France, or Germany [...]"

Many historians argue that geology emerged as a science towards the end of the eighteenth century, when the study of the Earth became 'historicized' (e.g. Rudwick, Gohau) [...]

While aware of this 'conventional' understanding, Gian Battista Vai, a geology professor from the University of Bologna, wishes to emphasize the much

earlier usage of the term "giologia" (or "geologia") by his polymatic Bolognese predecessor Ulisse Aldrovandi, Professor of Natural Philosophy [...]

It may well be, then, that the rather unfortunate history of geological research in the excessively politicised context of nineteenth century Italy has obscured the earlier pre-eminence of Italian geology for non Italian historian of geology. But after reading these two excellent books I suggest that one may justifiably conclude, as the title of the Vai and Caldwell volume urges, that the origins of geology (however understood!) are indeed to be found in Italy."

Passo ora a esemplificare questa conclusione, esaltante ma onerosa, con un tema originale di indagine su Marsili.

MARSILI E LA GEOLOGIA

Marsili fu un personaggio notissimo nel suo tempo come generale del genio - si direbbe oggi - e come diplomatico, come scienziato e riformatore, amico di Newton e di Fontanelle... e poi dimenticato presto, ma non in Francia e in Ungheria (Csiky, 1984, 1987), e neppure in Olanda dove furono stampati i suoi due capolavori, l' "Histoire" e il "Danubius". Fra le ragioni della dimenticanza, c'è anche il fatto che l'80% delle sue opere sono rimaste allo stato di manoscritti, appunti, disegni, carte geomorfologiche, mineralografiche, potamografiche, oceanografiche e geologiche sciolte. Ma il fattore primario sta nello squilibrio umanistico della cultura storiografica italiana dell'Ottocento e Novecento. Gli estimatori francesi gli hanno ga-

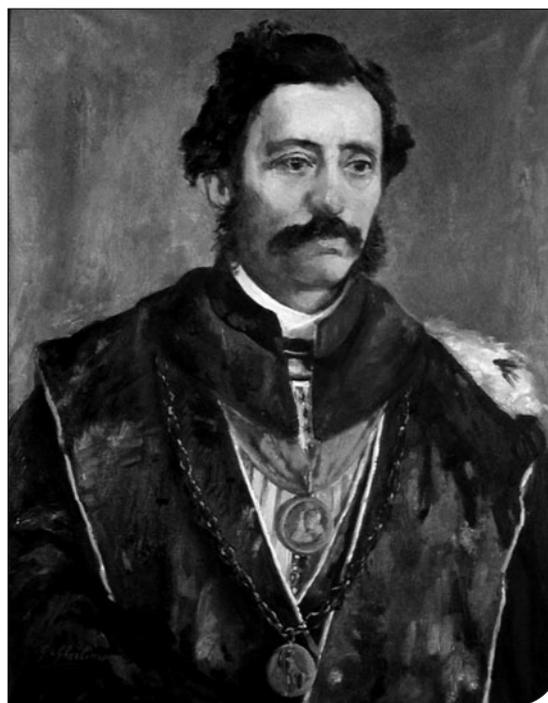


Fig. 9. Ritratto di Giovanni Capellini.

rantito comunque la palma di fondatore dell'oceanografia scientifica e di eccelso geografo (Pérès, 1968; Thoulet, 1897; Ellenberger, 1984, 1988, 1994; McConnell, 1999), cui si è aggiunta una variegata rivalutazione, peraltro a risonanza solo nazionale, durante il secondo centenario della morte nel 1930 (Fрати, 1928). Nell'ultimo decennio, invece, la rivalutazione di Luigi Ferdinando Marsili (1658-1730) (fig. 4) sia sul piano umanistico che strettamente scientifico sta rafforzandosi, questa volta a partire dal piano internazionale, come appare dalla bibliografia (Cavazza, 2009; Franceschelli & Marabini, 2006; Marabini & Vai, 2003; Sarti, 2003; Sartori, 2003; Seibold & Seibold, 2001; Soffiantino & Pilson, 2009; Stoye, 1994; Vaccari, 2003; Vai, 2003, 2006, 2007, 2009a, 2009c, 2009d) e anche dal recente commento di D. Oldroyd: "Reading your recent work I have become ever more impressed by Marsili. You may like to know therefore that I shall be publishing an article about his hydrographic work in the Bosphorus area (a translation of a previously published manuscript) in the March 2009 issue of "Earth Sciences History". It isn't strictly geological but we publish stuff on oceanography as part of our remit."

Per capire il ruolo giocato da Marsili sul piano della cultura scientifica europea basti ricordare che il vuoto lasciato in Italia dalla repentina chiusura della "Accademia del Cimento" a Firenze nel 1666 (proprio quando "riproducendo il modello italiano" iniziavano le loro attività la "Royal Society" di Londra e l'"Académie des Sciences" di Parigi) viene riempito dalle numerose accademie scientifiche sperimentali bolognesi al centro delle quali opera il maggiore dei fratelli Marsili, Anton Felice, e dalle quali il più giovane, Luigi Ferdinando, farà sorgere il famoso Istituto delle Scienze e delle Arti di Bologna (1711).

L'ambizione scientifica suprema, e purtroppo incompiuta, di Marsili era di scrivere un "Trattato sulla Struttura Organica del Globo terreo". Ma gli riuscì solo di avviare il lavoro infarcendo un robusto contenitore con oltre 200 fogli scritti a mano, con almeno 35 tavole a colori e circa 50 disegni e schizzi a penna, collocati in quella miniera di manoscritti, in parte inesplorata scientificamente, quale è il Fondo Marsili della Biblioteca Universitaria di Bologna (Fрати, 1928). Di questa raccolta riguardante il "Trattato" ho pubblicato il manoscritto 90, A, 21 (datato 1728) in trascrizione originale italiana e in prima traduzione inglese come appendice a uno studio sulla concezione isostatica di Marsili (Vai, 2006).

LA STRUTTURA DELLA TERRA AL TEMPO DI MARSILI

Quello delle "Teorie della Terra" è un genere scientifico-letterario che fiorisce nel tardo Rinascimento e raggiunge un secondo picco nell'Illuminismo, dopo essere stato portato agli onori della filosofia scientifica da



Fig. 10. Foto di Michele Gortani e Raimondo Selli nel 1963 (foto Giulio Cesare Carloni).

Descartes nel 1644 con i "Principia" (Vai, 2006). Non sorprende quindi che anche Marsili abbia voluto cimentarsi con gli altri grandi geologi e scienziati del tempo, a partire proprio da Cartesio, e con tutte le sue buone ragioni. Da fedele aldrovandiano e convinto partecipe di accademie sperimentali, Marsili dispone infatti di un largo bagaglio di esperienze sue proprie, di prima mano, sulle caratteristiche fisiche e chimiche dei grandi specchi d'acqua dolce (es. Lago di Garda) e salata (es. Mare Provenzale e Bosforo) che fanno di lui il fondatore indiscusso della oceanografia e della geologia marina (Sartori, 2003). Se non si volessero prendere in considerazione i dati contenuti nei manoscritti inediti, basti vedere quelli pubblicati sull'"Histoire" (1725) (Vai, 2006, p. 96-97).

Ecco allora che a fronte di una struttura della Terra cartesiana, tutta deduttiva e cerebrale, ancora stretta parente dei quattro elementi primordiali scolastici (fuoco, acqua, terra, aria), Marsili contrappone una struttura inedita e originale, tutta frutto delle sue osservazioni, misure e esperimenti. La visione marsiliana della struttura della Terra è tutta compendiata in una sola mirabile figura su cartoncino, colorato ad acquarelli e provvista delle didascalie essenziali (ms. 90, C, c. 114, Fondo Marsili, Biblioteca Universitaria di Bologna, pubblicata per la prima volta in Vai & Cavazza, 2003, p. 184, 199) (fig. 11).

La figura rappresenta una sezione verticale attraverso metà del Globo ed è intitolata appunto "Interna Sructura Terrae". Segue una breve legenda che afferma "qua supponitur tota esse lapidosa, et fornicibus excavata, etc." (che si ritiene sia tutta lapidea, e perforata da cavità arcuate, ecc.). L'involucro superiore della semisfera (o strato esterno dell'orbe terracqueo) è suddiviso in due porzioni parzialmente sovrapposte: una litoide varicolore che sta sotto e è ben delimitata alla base da un semicerchio tratteggiato ma è collegata con l'interno della Terra, e una liquida azzurra che sta sopra e che rappresenta cavità oceaniche discontinue e separate da catene di montagne. Tutto lo strato esterno della Terra è segmentato lateralmente più volte in tre elementi base:

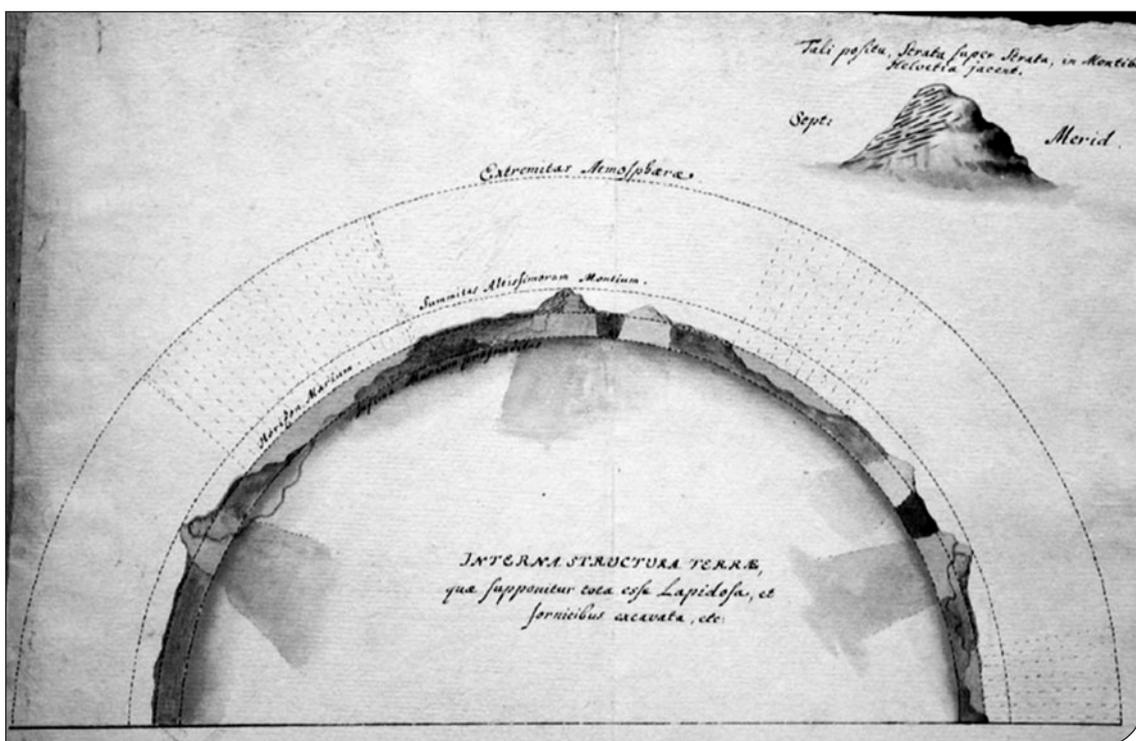


Fig. 11. Visione marsiliana della struttura della Terra (ms. 90, C, c. 114, Fondo Marsili, Biblioteca Universitaria di Bologna per gentile concessione).

A - mari profondi (azzurro) pavimentati da crosta sottile (arancio)

B - bassopiani su crosta più grossa (arancio e marrone)

C - catene montuose (giallo) con larghe espansioni che si protendono verso il basso sfumando, mentre sono distintamente confinate sui lati.

Vengono indicati anche inviluppi concentrici col centro della Terra, che dall'interno sono:

- "Infima Marium profunditas" = livello massime profondità marine

- "Horizon Marium" = livello del mare

- "Summitas Altissimorum Montium" = livello massime altezze dei monti

- "Extremitas Atmosphaerae" = livello limite dell'atmosfera.

Per far capire quanto sia realistica e sperimentale, la ricostruzione della struttura della Terra è accompagnata in alto a destra da un'icona semplice e allusiva della struttura della catena delle Alpi Svizzere. Rappresenta una sezione da Nord a Sud che riporta la inclinazione prevalente delle grandi strutture stratificate (pacchi di strati), accompagnata da una scritta inequivocabile

Tali positu, Strata super Strata, in Montibus Helvetiae jacent

che è anche chiara testimonianza del principio di sovrapposizione formulato da Steno nel 1669, la cui opera viene citata spesso da Marsili nei manoscritti. Si ricordi che Marsili aveva studiato a lungo le Alpi Svizzere nei primi anni del Settecento accompagnato dal segretario/assistente Johann Scheuchzer, fratello

del più noto e anziano Johann Jacob amico di Marsili (Trümpy, 1998).

Questa originalissima e realistica struttura della Terra può essere paragonata con almeno altre due emblematiche e di poco precedenti, quelle di Athanasius Kircher (1665, 1678) e di John Woodward (1695, 1735, 1739).

Anche il modello barocco e fantasioso del gesuita del Collegio Romano nell'affascinante "Mundus subterraneus" è meno speculativo e più empirico di quello di Cartesio, in quanto viene ricercato almeno un riscontro fra la geologia e i processi di superficie (vulcani, mari) e la struttura dell'interno del globo. La Terra di Kircher è un corpo solido punteggiato da due reti interne e ramificate di nidi infuocati ("pyrophyllacia" o camere magmatiche) e di cavità piene d'acqua (hydrophyllacia o acquiferi e celle di convezione) (Vai, 2006).

Il modello di Woodward invece è ancor più speculativo di quello di Cartesio. Ciò contrasta con la sua figura di novello Aldrovandi inglese, facitore di collezioni di fossili ancor oggi ammirate al Gresham College, e si spiega con l'anelito supremo del credente anglicano di trovare corrispondenza fra la struttura della terra e il racconto letterale della Sacra Scrittura. E così la Terra di Woodward, e anche quella di altri fisico-teologi britannici, contiene un grande involucro idrico interno (il Grande Abisso del Diluvio Universale) e una corona

solida stratificata e permeata per collegare le acque interne con quelle esterne (Vai, 2006).

Non è un caso che le due ricostruzioni che più si avvicinano ai modelli moderni dell'interno terrestre siano quelle prodotte in Italia (a prescindere dalla nazionalità degli autori), perché l'Italia, come espressione geografica e culturale, è stata la culla della geologia e fino a tutto il Settecento il suo incubatoio principale (Vai & Cavazza, 2003; Vai & Caldwell, 2006).

Nella stessa cartella che contiene il cartoncino a colori della Struttura Interna della Terra di Marsili c'è un doppio schizzo a penna nera (ms. 90, C, c. 112 v.) che può servire a interpretare la sezione emiglobale descritta sopra (fig. 12). In altra cartella, invece, c'è un abbozzo di testo in cui si fa riferimento al cartoncino a colori e al doppio schizzo, e che contiene a sua volta un altro schizzo a penna che anticipa col testo il concetto tardo ottocentesco di isostasia (ms. 90, A, 21, datato 1728) (Vai, 2006).

LA CONCEZIONE ISOSTATICA DI MARSILI

Per capire se Marsili abbia coerentemente e coscientemente concepito in anticipo di oltre un secolo e mezzo il concetto geologico di isostasia, questo va delineato nella sua formulazione storica nota. La teoria dell'isostasia e il suo nome sono stati formulati da Dutton (1889) a partire dai modelli costruiti da Airy (1855) e Pratt (1855) per interpretare le osservazioni geodetiche-gravimetriche di profili attraverso le catene delle Ande e dell'Himalaya estrapolando il principio del galleggiamento di Archimede (Vai, 2006).

Oltre all'interesse per la struttura della Terra, c'è una caratteristica che lega Marsili a questi tre padri nordamericani dell'isostasia: tutti quattro erano militari di professione, che si sono occupati di rilevamenti e di misure per tutta la loro vita. E' così più agevole capire come Marsili fosse tecnicamente e anche culturalmente preparato a indagare in tempi tanto precoci sui problemi del comportamento isostatico delle masse che si trovano nello strato più esterno della Terra.

Già le misure geodetiche di Giandomenico Cassini (maestro di Marsili a Bologna nella seconda metà del Seicento) e la teoria della gravità di Isaac Newton (amico di Marsili ai primi del Settecento) dicevano che la Terra è un ellissoide non una sfera, per effetto di eterogeneità composizionali al suo interno (che anche Marsili conosceva, come visto prima) (Vai, 2006).

Poi nell'Ottocento si osservano deflessioni dalla verticale per eterogeneità laterali nella crosta, anomalie di gravità negativa nelle montagne e positiva nei mari, crosta più grossa sotto le montagne e più sottile sotto i mari, composizione di tipo sial nei continenti ($d=2.6$) e di tipo "sima" negli oceani ($d=3.3$), densità crescente nel passare dall'involucro più esterno o "crosta" a quello interno o "mantello".

Per il principio di isostasia (stesso stato o uguale stato) la crosta della Terra si trova in una sorta di equilibrio continuamente ricercato mediante flusso di materiale regolato dalla forza di gravità. Immaginiamo che la crosta terrestre sia formata da una serie di blocchi rigidi più leggeri galleggianti su un mezzo viscoso più pesante, il mantello; se carico un blocco questi si abbasserà; se lo scarico si alzerà, per ritrovare un equilibrio "idrostatico" a un livello di compensazione che varia a seconda dei modelli. Il carico sarà prodotto ad esempio dalla formazione di una calotta glaciale; lo scarico, invece ad esempio, da milioni di anni di erosione.

A fine Ottocento compaiono i termini di "litosfera" (sialica) più leggera e galleggiante sulla "barisfera" (simatica) più pesante coniato da Heim (1892), e si riconosce che la litosfera ha uno spessore maggiore sotto le catene di montagne, dove l'anomalia di gravità è negativa, e minore sotto i mari e i bassopiani, dove l'anomalia è positiva. Per questo si comincia a dire che le catene montuose hanno "radici" crostali.

Oggi, dopo la rivoluzione della tettonica a placche, continuiamo a usare il termine "litosfera" (che comprende la crosta e la porzione superiore rigida del mantello), indichiamo con "astenosfera" la porzione viscosa del mantello, e con sofisticate indagini geofisiche siamo in grado di precisarne le caratteristiche fisiche, la geometria e l'architettura. Sappiamo che litosfera e astenosfera sono molto differenti non solo nella loro caratterizzazione verticale ma anche in quella

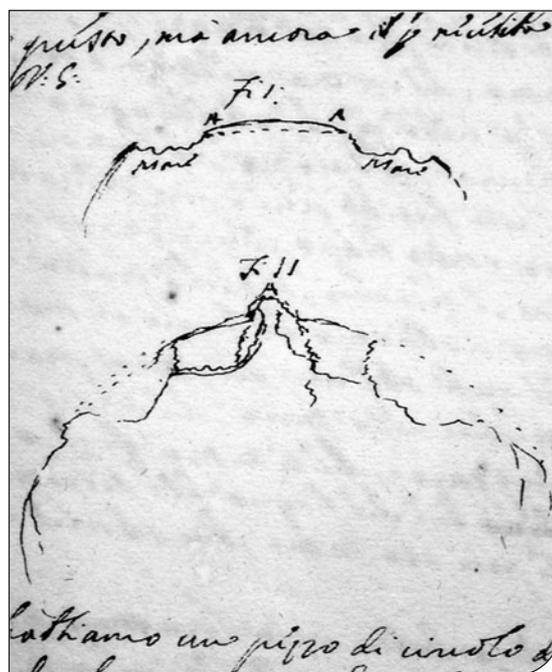


Fig. 12. Differenza di spessore fra crosta "marina" (oceanica in Fig. I) e "montuosa" (continentale in Fig. II) (ms. 90, C, c. 112v, Fondo Marsili, Biblioteca Universitaria di Bologna per gentile concessione).

laterale. In particolare, il tipo di litosfera che caratterizza i continenti è più spessa anche di due-tre volte di quella degli oceani; in compenso, invece, è più leggera. Per queste proprietà la litosfera oceanica, quando sia compressa, va in "subduzione" sotto quella continentale e contribuisce così a ispessirla, anche con intrusioni magmatiche, formando le radici e, di conseguenza, le catene di montagne.

Ritorniamo ora all'acquarello di Marsili con l'emicrociclo della Terra (fig. 11). Con quanto riferito prima, non è difficile riconoscere che al di sotto di ogni catena montuosa vi sono indicate masse giallastre e confinate che si protendono profondamente nell'interno della Terra. Pare proprio una espressione del concetto di "radici" crostali e litosferiche. Se sia espresso in maniera cosciente è quanto resta da valutare. Difficilmente però lo si potrebbe ritenere casuale oppure "pseudo-isostatico" come nel caso della concezione di Jean Buridan (1300-1358) (Oldroyd, 1996; Şengör, 2003). Con un po' più di fantasia potrebbe venire inteso anche come una sorta di premonizione dell'idea di "subduzione".

Ma la figura ci illustra in maniera ancor più esplicita altri fatti che la tettonica a placche oggi ci dà per assodati:

- la crosta degli oceani è differente da quella dei bassopiani e delle catene montuose nei continenti (infatti Marsili usa colori differenti)
- la crosta dei continenti è molto spessa; quella degli oceani è sottile se non assente
- l'interno solido della Terra contiene del materiale simile alla crosta delle catene montuose, ma solo al di sotto di queste (come indica l'uso dello stesso colore)
- il fondo oceanico si trova a notevole profondità
- l'altitudine media dei continenti è bassa
- le aree montuose sono parte limitata della superficie terrestre.

Molti di questi concetti e osservazioni fanno parte ancora oggi della teoria dell'isostasia.

Non ci resta che cercare un ultimo strumento di controllo della fondatezza di questa interpretazione della figura e degli schizzi che Marsili ha lasciato, indagando negli abbozzi di testo che sono raccolti nelle stesse cartelle. Il lettore più interessato troverà la trascrizione completa del manoscritto 90, A, 21, datato 1728, in Vai (2006).

Il testo dà evidenza che Marsili era pienamente cosciente di un equilibrio dinamico fra le masse crostali che formano i mari, i bassopiani e le catene di montagne nel quadro della struttura della Terra. Spiegava questo equilibrio con una pressione verticale sopra i mari che ne faceva deprimere i fondali e provocava lo spostamento e il sollevamento delle catene di montagne (fig. 13). Il loro sollevamento era poi seguito dal ciclo erosivo degli strati litoidi di quelle catene. Perciò egli può essere considerato il primo ad aver pensato e illustrato il concetto di isostasia, seppur in maniera ancora embrionale.

In conclusione, ai fini della concezione isostatica di Marsili, i quattro involucri concentrici, in parte virtuali, sono equidistanti dalla superficie del mare. Perciò essi sono superfici equipotenziali di equilibrio della forza di gravità.

A questo punto per evitare di eccedere nell'interpretazione dell'acquarello di Marsili con l'occhio del moderno, fuori quindi dal suo contesto storico e culturale (come accuserebbe Foucault), ho pensato di cercare nei manoscritti le legende e i riferimenti all'acquarello di mano dello stesso Marsili. La sorpresa sono stati i due schizzi straordinari e abbozzi di testo che hanno portato più conferme e meno dubbi sulla prima interpretazione espressa. Sì, Marsili aveva effettiva coscienza della dimensione fisica del processo isostatico, pur in una concezione della Terra sostanzialmente fissista. Come interpretare diversamente lo schizzo del ms. 90, A, 21, c. 145 r, datato 1728 (fig. 13)?

Il disegno esprime bene il concetto della superficie sferoidale-ellissoidica terrestre (punteggiata) intesa come superficie potenziale di equilibrio della forza di gravità, e con le due frecce dà una formulazione embrionale del principio di isostasia.

Altrettanto esplicativo di quanta precoce coscienza Marsili aveva della differenza fra la crosta oceanica e continentale sono i due schizzi indicati come Fig. I e Fig. II nel manoscritto 90, C, c. 112v (fig. 12). Infatti c'è una marcata differenza di spessore fra la crosta "marina" (noi diremmo oceanica sottile in Fig. I) e quella "montuosa" (continentale assai potente in Fig. II fino al margine dei due profondi oceani).

Esemplari della concezione isostatica marsiliana sono alcuni titoli dell'indice provvisorio del suo Trattato dove intendeva appunto parlare di:

- "Figure della Terra piana, ellittica, rotonda"
 - "Misura della circonferenza e diametro"
 - "Proporzione della Terra col Mare tanto per l'estensione, che profondità"
- e soprattutto dimostrare che
- "Il continente montuoso fu più alto dove è più profondo il Mare".

E' questo uno dei tanti esempi del patrimonio nascosto e dimenticato che la geologia italiana (e come essa tante altre scienze) ha il dovere di scoprire, ravvivare e promuovere sulla platea internazionale con una campagna di ricerca scientifica, e non solo storica e archivistica, che trova la sua sede ideale nei musei scientifici, e in particolare in quelli universitari e di più antica costituzione e storia.

RINGRAZIAMENTI

Speciale gratitudine va al Direttore della Biblioteca Universitaria di Bologna, D.ssa Biancastella Antonino e al personale tutto per aver consentito e facilitato l'accesso alla sezione manoscritti e libri antichi della biblioteca.

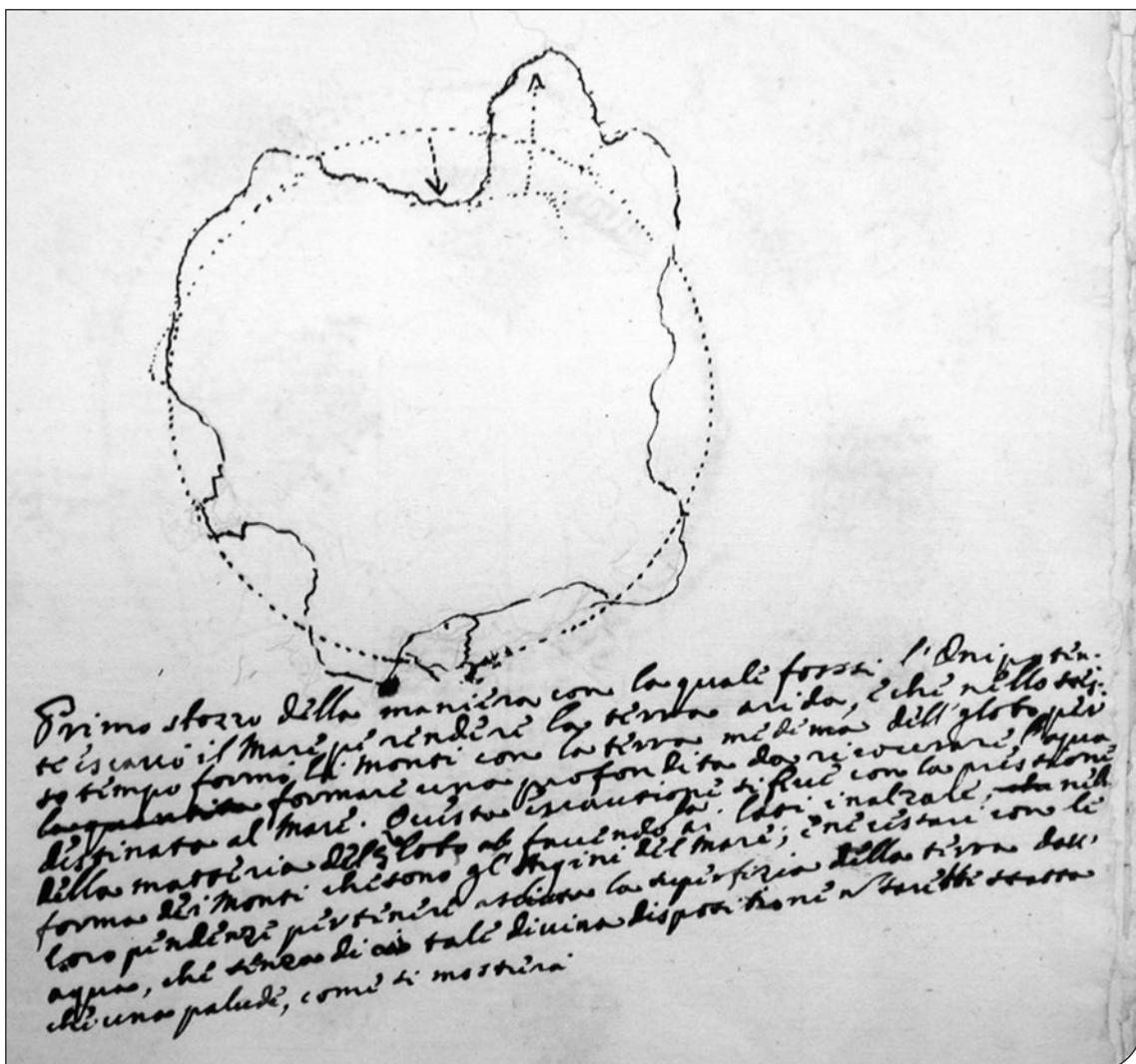


Fig. 13. Schizzo marsiliano della superficie della Terra comparata all'ellissoide-sferoide (punteggiato) con rappresentazione embrionale del principio di isostasia (ms. 90, A, 21, c. 145r, datato 1728, Fondo Marsigli, Biblioteca Universitaria di Bologna per gentile concessione).

BIBLIOGRAFIA

AIRY G.B., 1855. On the computation of the effect of the attraction of mountain-masses, as disturbing the apparent astronomical latitude of stations in geodetic surveys. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 145: 101-104.

BIANCONI G.G., 1864. *La teoria dell'uomo-scimmia esaminata sotto il rapporto dell'organizzazione*. Gamberini e Parmeggiani, 58 pp.

BIANCONI G.G., 1874. *La théorie darwinienne et la Création dite indépendante*. Zanichelli, Bologna, 344 pp.

BROCCHI G.B., 1814. *Discorso sui progressi dello studio della conchiologia fossile in Italia*. In *Conchiologia fossile subappennina*. Milano, dalla Stamperia Reale, pp. I-LXXX.

CAVAZZA M., 2002. The Institute of Science of Bologna and the Royal Society in the eighteenth century. *Notes Rec. Royal Society London*, 56 (1): 3-25.

CAVAZZA M., 2009. Marsili (or Marsigli), Luigi Ferdinando. In: Koertge N. (ed.), *New Dictionary of Scientific Biography*, vol. 5, pp. 36-38.

CSIKY G., 1984. Forerunners of mining-geological mapping in Hungary in the 18th century / L. Ferdinando Marsigli, Ignac Born, Johann E. Fichtel and Janos Fridvaldsky. In: Dudich E. (ed.), *Contributions to the history of geological mapping*, Inhigeo 1982. Akademy Chiadó, Budapest, pp. 399-410.

CSIKY G., 1987. Luigi Ferdinando Marsigli, an Italian discoverer of Hungary. In: Hala J. (ed.), *Rocks, Fossils and*

- History. Italian Hungarian Relations in the field of Geology. Hungarian Geological Society, Budapest, pp. 327-341.
- DESCARTES R., [1644], 1677. *Principia philosophiae*. Apud Ludovicum Elzevierium, Amsterdam, [xxxiv] + 222 pp.
- DUTTON, C.E. [1889], 1925. On Some of the Greater Problems of Physical Geology. Reprinted in *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 15: 259-369.
- ELLENBERGER F., 1984. Early French geological maps: trends and purposes. In: Dudich E. (ed.), Contributions to the history of geological mapping, Inhigeo 1982. Akademy Budapest, Chiadó, pp. 73-82.
- ELLENBERGER F., 1988. *Histoire de la géologie*. Paris, Lavoisier Tec Doc, v. 1, viii + 352 pp.
- ELLENBERGER F., 1994. *Histoire de la géologie*. Paris, Lavoisier Tec Doc, v. 2, xiv + 383 pp.
- FRANCESCHELLI C., MARABINI S., 2006. Luigi Ferdinando Marsili (1658-1730) : A pioneer in geomorphological and archaeological surveying. In: Vai G.B., Caldwell W.G.E. (eds.), The Origins of Geology in Italy. *GSA Special Paper*, 411: 129-139.
- FRATI L., 1928. *Catalogo dei manoscritti di Luigi Ferdinando Marsili, conservati nella Biblioteca Universitaria di Bologna*. Olschki, Firenze, 162 pp.
- GORTANI M., 1930. *Idee precorritrici di Luigi Ferdinando Marsili su la struttura dei monti*. In: Corbelli A., e Comitato Marsiliano (eds.), Memorie intorno a Luigi Ferdinando Marsili. Nicola Zanichelli, Bologna, pp. 257-275.
- GORTANI M., 1963. Italian pioniers in geology and mineralogy. *Journal of World History*, 7(2): 503-519.
- HEIM A., 1892. *Geologische Nachlese*. Vierteljahresschriften der naturforschenden Gesellschaft Zürich, Nr. 1, Okt. 1892.
- KIRCHER A., S.I., 1665. *Mundus Subterraneus in XII Libros digestus...* Amstelodami, Apud Joannem Janssonium et Elizeum Weyerstraten, 2. vols., [xxvi] + 346 + 6; [x] + 487 + 9 pp.
- KIRCHER A., S.I., 1678. *Mundus Subterraneus in XII Libros digestus...* Editio Tertia: Amstelodami, Apud Joannem Janssonium à Waesberge & Filios, 2. vols., [xviii] + 366 + 6 p.; [x] + 507 + 9 pp.
- LYELL C., 1830-33. *Principle of Geology*. London: John Murray, v. 1, xv + 511 p. (1830); v. 2, xii + 330 p. (1832); v. 3, xxxii + 398 + 109 p. (1833).
- MARABINI S., VAI G.B., 2003. *Marsili's and Aldrovandi's early studies on the gypsum geology of the Apennines*. In: Vai G.B., Cavazza, W. (eds.), Four centuries of the word Geology: Ulisse Aldrovandi 1603 in Bologna. Minerva Edizioni, Bologna, pp. 187-203.
- MARSILI L.F., 1725. *Histoire physique de la mer. Ouvrage enrichi de figures dessinées d'après le naturel*. Amsterdam, Aux dépens de la Compagnie, [vi] + xi + 173 p., 40 tabs., 12 pls.
- MARSILI L.F., 1726. *Danubius Pannonico-Mysicus, observationibus geographicis, astronomicis, hydrographicis, historicis, physicis perlustratus, Hagae Comitum*. Apud P. Gosse et al.; Amstelodami, Apud Herm. Uytwerf et Franç. Changuion, 6 vols., [ix] + 96 + 4, 46 pls.; [iii] + 147 + 6, 66 pls.; 137 + 4, 35 pls.; [ii] + 92, 33 pls.; 154 + 6, 74 pls.; 128, 28 pls.
- MCCONNELL A., 1999. *Introduction*. In: Dragoni G. (ed.), Natural History of the Sea by Luigi Ferdinando Marsigli (translated by A. Mc Connell). Li.Pe., Bologna, photostatic edition, ix + 570 p.
- OLDROYD D.R., 1996. *Thinking about the Earth: a history of ideas in geology*. Athlone, and Cambridge, London, Mass., Harvard Univ. Press, xxx + 410 p.
- PERES J.-M., 1968. Un précurseur de l'étude du benthos de la Méditerranée. Louis-Ferdinand, comte de Marsilli. *Bulletin de l'Institut océanographique, Monaco, special issue 2(2)*: 369-376.
- PRATT J.H., 1855. On the attraction of the Himalaya Mountains, and of the elevated regions beyond them, upon the plumb-line in India. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 145: 53-100.
- SARTI C., 2003. *The Istituto delle Scienze in Bologna and its geological and palaeontological collections*. In: Vai G.B., Cavazza, W. (eds.), Four centuries of the word Geology: Ulisse Aldrovandi 1603 in Bologna. Minerva Edizioni, Bologna, pp. 204-219.
- SARTORI R., 2003. *Luigi Ferdinando Marsili, founding father of oceanography*. In: Vai G.B., Cavazza, W. (eds.), Four centuries of the word Geology: Ulisse Aldrovandi 1603 in Bologna. Minerva Edizioni, Bologna, pp. 169-177.
- ŞENGÖR A.M.C., 2003. The large wave-length deformations of the lithosphere. *Geological Society of America Memoir 196*, xvii + 347 pp.
- SEIBOLD E., SEIBOLD I., 2001. Antonio Vallisneri - Ein moderner Geologe vor 300 Jahren: Max Pfannenstiel zum Gedächtnis (1902-1976). *International Journal of Earth Sciences*, 90: 903-910.
- SOFFIANTINO B., PILSON M.E.Q., 2009. Osservazioni intorno al Bosforo Tracio ovvero Canale di Costantinopoli rappresentate in lettera alla Sacra Real Maestà Cristina Regina di Svezia da Luigi Ferdinando Marsilli, 1681: first English translation, with notes. *Earth Sciences History*, 28(1): 57-83.
- STENO N., 1669. *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus*. Florentiae, Ex Typografia sub signo Stellae, 80 pp.
- STOYE J., 1994. *Marsigli's Europe 1680-1730. The life and times of Luigi Ferdinando Marsigli, soldier and virtuoso*. New Haven-London, Yale University Press, 356 pp.
- THOULET J., 1897. Un des fondateurs de l'océanographie. Marsigli. *Revue Scientifique*, 34(4, 8): 801-805.
- TRÜMPY R., 1998. Tectonic units of central Switzerland. Their interpretation from AD 1708 to the present day. *Bulletin Applied Geology*, 3(2): 163-182.

- VACCARI E., 2003. *Luigi Ferdinando Marsili geologist: from the Hungarian mines to the Swiss Alps*. In: Vai G.B., Cavazza, W. (eds.), *Four centuries of the word Geology: Ulisse Aldrovandi 1603 in Bologna*. Minerva Edizioni, Bologna: pp. 179-185.
- VAI G.B., 2003a. *Aldrovandi's Will: introducing the term 'Geology' in 1603 / Il Testamento di Ulisse Aldrovandi e l'introduzione della parola 'Geologia' nel 1603*. In: Vai G.B., Cavazza, W. (eds.), *Four centuries of the word Geology: Ulisse Aldrovandi 1603 in Bologna*. Minerva Edizioni, Bologna, pp. 64-111.
- VAI G.B., 2003b. *A liberal diluvianism*. In: Vai G.B., Cavazza, W. (eds.), *Four centuries of the word Geology: Ulisse Aldrovandi 1603 in Bologna*. Minerva Edizioni, Bologna, pp. 221-249.
- VAI G.B., 2006. *Isostasy in Luigi Ferdinando Marsili's manuscripts*. In: Vai G.B., Caldwell W.G.E. (eds.), *The Origins of Geology in Italy. GSA Special Paper 411*: 95-127.
- VAI G.B., 2007. *A history of chronostratigraphy. Stratigraphy*, 4(2/3): 83-97.
- VAI G.B., 2009a. *The Scientific Revolution and Nicholas Steno's twofold conversion*. In: Rosenberg G.D. (ed.), *The Revolution in Geology from the Renaissance to the Enlightenment. GSA Memoir 203*, pp. 187-208.
- VAI G.B. (ed.), 2009b. *Il Diamante e Scarabelli*. Comitato Promotore Celebrazioni Scarabelliane, Imola, 212 pp.
- VAI G.B., 2009c. *Light and shadow: the status of Italian geology around 1807*. In: Lewis C.L.E., Knell S.J. (eds.), *The Making of the Geological Society of London. GSL Special Publications 317*: 179-202.
- VAI G.B., 2009d. *Storia breve della geologia in Italia*. In: Cavalli Sforza L.L. (dir), *La Cultura Italiana*, Pievani T. (cur) ,VIII Scienze e tecnologie. Torino, Utet, pp. 305-345.
- VAI G.B., CAVAZZA W. (eds.), 2003. *Four centuries of the word Geology: Ulisse Aldrovandi 1603 in Bologna*. Bologna, Minerva Edizioni, 327 pp.
- VAI G.B., CALDWELL W.G.E., (eds.), 2006. *The Origins of Geology in Italy. GSA Special Paper, 411*: 1-223.
- WOODWARD J., 1695. *An Essay toward a natural history of the Earth and terrestrial bodies especially minerals as also the seas, rivers and springs. With an account of the universal Deluge: and of the effects it had upon the Earth*. London, R. Wilkins, [xii] + 277 pp.
- WOODWARD J., 1735. *Géographie Physique, ou essay sur l'histoire naturelle de la Terre*. A Paris, Chez Briasson.
- WOODWARD J., 1739. *Geografia Fisica ovvero Saggio Intorno alla Storia Naturale della Terra*. In Venezia, presso Giambatista Pasquali, 421 pp.