

**L'introduzione della dimensione temporale nello studio della Terra.
Il contributo di Niels Steensen**

(Testo provvisorio)

Prof.ssa María Ángeles Vitoria
Pontificia Università della Santa Croce
Facoltà di Filosofia
mavitoria@pusc.it

1. Niels Steensen, scienziato innovatore

Uno degli scienziati innovatori del Seicento è il danese Niels Steensen (1638-1686), noto nella storia della scienza per alcune scoperte di anatomia e, anzitutto, come uno dei padri fondatori della geologia¹. Nato in una famiglia di pastori luterani, dopo aver studiato medicina a Copenaghen sotto la direzione del famoso medico Thomas Bartholin, si trasferì in Olanda (1660-1664) per continuare gli studi di anatomia. Il suo carattere affabile li rese facile stringere legami di amicizia con diverse personalità scientifiche dell'epoca. In questi anni, grazie all'accuratezza con cui realizzava le dissezioni, scoprì il dotto parotideo e rovesciò alcune idee accettate sulla natura e le funzioni delle ghiandole, approdando alla loro giusta comprensione. Sempre in Olanda, tra altri ritrovamenti, mostrò che il cuore è un muscolo, non la fonte del calore vitale come affermava Galeno e continuavano a ripetere molti studiosi, Cartesio compreso.

Nel 1665 soggiornò a Parigi, dove frequentò il Circolo patrocinato dal diplomatico e protettore delle scienze, Melchisédech Thévenot, frequentato da giovani naturalisti, matematici e umanisti, quali Christian Huygens, Blaise Pascal, Jan Swammerdam, Pierre Borel. In una delle riunioni promosse da questo gruppo, Steensen pronunciò il famoso *Discorso su l'anatomia del cervello*², testo considerato un capolavoro della storia della neurologia. Nel corso di questa lezione confutò la tesi cartesiana sulla ghiandola pineale, alla quale il filosofo francese, nel *De Homine* (1662), su una base anatomica e fisiologica, li assegnava la funzione di stabilire il collegamento tra il corpo (*res extensa*) e l'anima (*res cogitans*).

Nel febbraio 1666 Steensen arrivò in Toscana, dove fu accolto dal Granduca Ferdinando II e dal fratello, il Principe Leopoldo, promotore dell'Accademia del Cimento, istituzione fondata nel 1657 che riuniva scienziati desiderosi di seguire la prospettiva sperimentale e matematica di Galileo. Gli anni dal 1666 al 1669, trascorsi fondamentalmente in Toscana, furono molto fecondi per Steensen, sia dal punto di vista scientifico che da quello esistenziale-religioso. È, infatti, il

¹Le opere di Steensen sono raccolte in sei volumi: due contengono i contributi di carattere scientifico-filosofico: V.E. MAAR (ed.), *Nicolai Stenonis opera philosophica*, 2 voll, Vilhelm Tryde, Copenhagen 1910; i due seguenti quelli teologici: K. LARSEN, G. SCHERZ (eds), *Nicolai Stenonis opera theologica cum prooemiis ac notis Germanice scriptis*, 2 voll, Nyt Nordisk Forlag, Hafniae - Freiburg, 1944 (tomus prior), 1947 (tomus posterior); e gli ultimi due, le lettere scritte da Steensen e quelle a lui indirizzate: G. SCHERZ (ed), *Nicolai Stenonis epistolae et epistolae ad eum datae cum proemio ac notis Germanice scriptis*, 2 voll, Nyt Nordisk Forlag, Hafniae, Herder - Freiburg 1952. Le abbreviature usuali per citare quest'opere sono rispettivamente: OPH, OTH, EP. In lingua italiana è disponibile un'eccellente traduzione della completa opera filosofica di Steensen: N. STENONE, *Opere scientifiche*, 2 voll, L. CASELLA, E. COTTURI (edd.), Nuova Europa Editrice, Firenze 1986 (per le citazioni userò le abbreviazioni O Sc I, O Sc II). Troels Kardel e Paul Maquet hanno pubblicato e tradotto in inglese gli scritti scientifico-filosofici dello scienziato danese: *Nicolaus Steno: Biography and Original Papers of a 17th Century Scientist*, T. KARDEL, P. MAQUET (edd.), Springer, Berlin 2013.

² O Sc II, pp. 39-64. L'opera fu pubblicata in francese nel 1669. Successivamente, nel 1671, apparve in latino.

periodo in cui scriverà un trattato sui muscoli in chiave geometrica³, formulerà alcuni dei concetti e principi che sono alla base della geologia, e si convertirà al cattolicesimo (2 novembre 1667 st. v.)⁴.

Dopo la conversione, fino alla sua ordinazione sacerdotale avvenuta probabilmente la vigilia di Pasqua, il 13 aprile 1675, nel duomo di Santa Maria del Fiore, avrebbe proseguito ancora le ricerche anatomiche e geologiche, sfociate nella pubblicazione di una decina di opere. Particolarmente nota è la prolusione pronunciata da Stenone il 29 gennaio 1673 (st. v.), in occasione della riapertura della *Domus Anatomica* di Copenaghen⁵. In seguito si dedicherà esclusivamente alle attività pastorali, prima come presbitero, poi, dal 19 settembre 1677 (st. n.), come vescovo. Fu nominato Vicario Apostolico a Hannover –dove ebbe diversi incontri con Leibniz- e, tre anni dopo, Vescovo Ausiliare nel principato episcopale di Münster. Infine fu inviato ad Amburgo e quindi a Schwerin in qualità di Vicario Apostolico per l'Europa Settentrionale. Lo scienziato danese morì a Schwerin il 25 novembre 1686 (st. v.). I suoi resti mortali riposano ancora oggi nell'insigne Basilica di San Lorenzo a Firenze. Tre secoli dopo, il 23 ottobre 1988 Niels Steensen fu beatificato da Giovanni Paolo II, e divenne il primo scienziato moderno a ricevere quest'onore⁶. La sua festa si celebra il 5 dicembre.

Le grandi innovazioni di Steensen riguardano la geologia, un ambito che alla metà del XVII secolo non aveva ancora concetti ben stabiliti dal punto di vista scientifico, e i cui principi fondamentali erano ancora sconosciuti. In questo settore, si trovavano sì alcune felici intuizioni e dati di osservazione ben accertati, ma erano offuscati da idee preconcepite e da tradizioni poco fondate. Steensen seppe orientarsi nella giusta direzione, introducendo in ambito geologico l'ordine, il rigore e la metodologia caratteristici della scienza. A lui dobbiamo, tra altre innovazioni, i concetti di strato, e di sedimento, i principi di orizzontalità originale, sovrapposizione e continuità laterale degli strati, l'argomentazione geologica dell'origine biologica dei fossili, la spiegazione del processo di crescita dei cristalli, la formulazione (seppur non ancora matematica, né universale) della legge della costanza dell'angolo diedro, e il primo modello di ricostruzione storica di una regione (la Toscana), da un punto di vista geologico. Tutte queste innovazioni sono partite dal tentativo di risolvere l'enigma su l'origine –organica o inorganica- dei fossili, ricerche che guidarono lo scienziato danese all'introduzione di una nuova dimensione nello studio della Natura, quella temporale.

Quest'ultima era una novità molto significativa, poiché fino alla metà del Seicento, la visione dominante della Natura –salvo qualche studioso isolato- poggiava ancora sulla convinzione di una fondamentale staticità delle strutture naturali (organiche e inorganiche)⁷. In mancanza di evidenze scientifiche a favore di eventuali trasformazioni subite dagli esseri viventi nel corso del tempo, si riteneva che le specie si perpetuassero tramite la riproduzione, mantenendo i caratteri dei progenitori. Scarse erano pure le osservazioni in grado di suggerire ipotesi che ammettessero modificazioni di grande portata della crosta terrestre nel corso del tempo. L'assenza di dati empirici

³ O Sc II, pp. 85-130.

⁴ Dopo la sua conversione interiore abiurò davanti all'inquisitore Giovanni Baroni da Lugo OFM conv., a Firenze, il 7 novembre. La sua conversione ufficiale fu ripetuta davanti all'inquisitore l'8 dicembre, insieme alla ricezione del sacramento della cresima (cfr. E I, p. 363, nota 4; E II, *Additamentum* 9, 925, lin 22-23).

⁵ O Sc II, pp. 257-261.

⁶ La biografia forse più completa dello scienziato danese è quella di Gustav Scherz: G. SCHERZ, *Niels Stensen: Eine Biographie*, 2 voll, St Benno Verlag, Leipzig, 1987-1988. Una biografia più breve in italiano è stata scritta da Roberto Angeli (R. ANGELI, *Niels Stensen. Filosofo della scienza, testimone della fede, «beato» per la Chiesa*, San Paolo, Cinisello Balsamo 1996). Per una visione d'insieme della vita e del significato del lavoro di Niels Steensen, è utile la lettura della corrispettiva voce curata da F. ABBONA nel *Dizionario Interdisciplinare di Scienza e Fede*, vol 2, G. TANZELLA-NITTI, A. STRUMIA (a cura di), Urbaniana University Press – Città Nuova Editrice, Roma – Città del Vaticano 2002, pp. 2099-2110.

⁷ Cartesio teorizzò una struttura a strati della crosta terrestre e una tettonica dicrollo e collasso. La descrizione cartesiana ha, però, scarse radici empiriche.

spingeva gli studiosi a cercare dei riferimenti sulla formazione della Terra nel racconto biblico della creazione e del diluvio che, interpretati in senso letterale, venivano usati da molti naturalisti come cornice teorica per le loro ricerche⁸. I filosofi naturali studiavano gli oggetti della Natura per descriverli e classificarli, e i filosofi meccanicisti, li esaminavano per capire come funzionassero. La loro indagine mirava a descrivere la Natura così com'è, formulando di conseguenza delle leggi atemporali.

Sotto la spinta di un pensiero più libero e più rispondente all'osservazione diretta, il panorama naturalistico iniziò a cambiare già dal XVI secolo. Nella misura in cui i naturalisti paragonavano minuziosamente i fossili con gli esseri viventi rilevavano spesso differenze profonde con le specie affini e, in alcuni casi, non trovavano corrispondenza alcuna. L'esempio forse più noto ed enigmatico è quello degli ammoniti, accuratamente studiati da Lister. Tali evidenze conducevano necessariamente ad affermare che alcune specie animali si erano estinte. Tuttavia, ammettere un simile insuccesso biologico, implicava l'introduzione di elementi d'incompletezza e d'imperfezione nell'opera del Creatore, entrando così in contrasto con dei presupposti filosofico-religiosi fortemente radicati⁹.

Nella seconda metà del Seicento, di fronte all'evidenza fornita da nuovi dati di osservazione, l'opinione dell'origine organica dei fossili si era ormai abbastanza diffusa, infatti, alcuni filosofi naturali affrontarono la questione con metodo scientifico senza tralasciare i fatti che sembravano contraddire la cosmovisione dominante. Soltanto nel Settecento si avvierà il passaggio da una concezione statica della natura ad una visione, seppur nebulosa, che ammette il succedersi di eventi naturali che modificano l'originaria superficie terrestre e gli organismi che la abitano, permettendo di prospettare -in questo modo- una spiegazione scientifica dell'estinzione delle specie. A questo nuovo approccio nei confronti dei fenomeni della natura organica e inorganica, contribuirono soprattutto i naturalisti del XVII secolo, tra i quali, appunto, Steensen. Fu lo scienziato danese a innescare il passaggio in ambito scientifico da un mondo statico e meccanico ad un mondo più dinamico e in evoluzione, stabilendo la legittimità dello studio empirico della "storia" della Terra in modo autonomo rispetto alle tradizioni sacre e storico-letterarie¹⁰. Successivamente si passerà a formulare modelli sullo svolgimento di questa storia: se fatta da processi lenti e da impercettibili mutamenti (uniformismo), o da violenti disastri, quali diluvi, eruzioni vulcaniche, impatto di asteroidi, terremoti (catastrofismo)¹¹, oppure, come indicano le ultime ricerche, da una combinazione di lenti processi di erosione e di sedimentazione con l'accadere ciclico di cataclismi ogni 26-30 milioni di anni¹².

Non fu Steensen a formulare il tempo profondo della geologia, né a usare i fossili come marcatori dell'epoca nella quale sedimentarono. La sua dimostrazione del significato degli oggetti petrosi e la metodologia da lui avviata per lo studio della Terra hanno avuto, però, un ruolo cruciale nel riconoscimento successivo dell'enorme antichità della Terra e nella formulazione delle teorie evolutive.

⁸ Cfr. N. MORELLO, *L'evoluzione biologica*, Loescher, Torino 1980, pp.14-15; P. ROSSI, *La nascita della scienza moderna in Europa*, Laterza, Roma – Bari 1998³, pp. 255-258.

⁹ Cfr. A. CUTLER, *La conchiglia del diluvio. Niccolò Stenone e la nascita della scienza della Terra*, Il Saggiatore, Milano 2007, pp. 138-139. In diverse occasioni, Leibniz sottolineò che un Dio Provvidente e Sapiente non permetterebbe l'estinzione delle specie.

¹⁰ Impiego il termine "storia" in senso del tutto generale. L'universo, propriamente parlando, non ha una storia, ma un semplice sviluppo temporale. Soggetto della storia sono le persone umane, perché la costruiscono con la loro libertà.

¹¹ Cfr. P. ROSSI, *I segni del tempo. Storia della terra e storia delle nazioni da Hooke a Vico*, Feltrinelli, Milano 1979, p. 11; L. SEQUEIROS, *La extinción de las especies biológicas. Construcción de un paradigma científico*. Monografía de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza, n. 21 (2002), pp. 1-85.

¹² M.R. RAMPINO, *Las leyes de Lyell, a examen*, «Investigación y Ciencia», n. 505 (2018), pp. 60-67.

In questo studio affronterò il lavoro fatto da Steensen negli anni 1666-1669, periodo che segna lo spostamento dei suoi interessi dall'anatomia alla geologia, poi conclusosi con la fondazione di una nuova scienza. Prenderò in considerazione alcune delle innovazioni riportate nelle due opere più importanti di argomento geologico: *Canis Carchariae dissectum caput* (1667)¹³ e *De solido intra solidum naturaliter contento Dissertationis Prodomus* (1669)¹⁴, più noto come *Prodomus* o *De solido*¹⁵. Mi soffermerò soprattutto sull'aspetto metodologico, vale a dire, sul modo in cui arriva alle conclusioni. Concordo con Abbona nel ritenere che la novità maggiore si trovi nella metodologia, più ancora che nei risultati ottenuti, anche se certamente innovativi e originali¹⁶. La metodologia, comunque, non pare in grado di spiegare da sola i risultati raggiunti dallo scienziato danese. Bisognerà prendere in considerazione altri elementi, in particolare, le sue qualità personali, le sue idee filosofico-religiose e gli atteggiamenti che sembrano aver sostenuto e guidato la sua indagine. Per quali ragioni Steensen si pronunciò a favore dell'origine organica dei fossili e avviò una accurata e laboriosa ricerca indirizzata a confermarlo? Come riuscì a superare le barriere culturali che sbarravano la possibilità di riconoscere nei fossili una testimonianza delle modificazioni subite dalla crosta terrestre nel passato? Quali sono le idee, comprese quelle di carattere filosofico-religioso, che l'hanno spinto a formulare concetti e teorie che segnarono una vera e propria svolta nel modo di guardare la natura?

2. Le ricerche che hanno dato avvio alla conoscenza del tempo geologico

Quando Steensen giunse in Italia nel 1666 per lavorare alla corte del Granduca di Toscana, era noto come anatomista. Poco dopo il suo arrivo, lo vediamo, invece, dedicarsi a ricerche di carattere geologico. Come e perché il suo interesse si spostò su un nuovo ambito? È ben noto che il punto di partenza fu la dissezione anatomica della testa di un pescecane di grandi dimensioni (*Lamia* o *Canis Carcharias*)¹⁷, catturato ad alcune miglia al largo del porto di Livorno. Mentre procedeva con la dissezione, Steensen rimase meravigliato soprattutto dai numerosissimi denti triangolari del pescecane, e dalla somiglianza che presentavano con le glossopetre (pietre acuminate, a forma di lingua, che si trovano in grande abbondanza a Malta, ed erano usate come antidoto per i veleni). C'era un qualche rapporto tra i denti di squalo e le glossopetre? Quale tipo di rapporto?

Egli aveva sicuramente osservato in passato le lingue melitensis nel *Museum Wormianum* in Danimarca. Anche nel suo diario giovanile, *Chaos*¹⁸, scritto nel 1659, troviamo alcuni riferimenti ai

¹³ O Sc II, pp. 133-160.

¹⁴ O Sc II, pp. 191-232.

¹⁵ Altri scritti geologici di Steensen sono: la *Disputatio physica de thermis* (O Sc I, pp. 111-115); L'*Indice* pubblicato da Gustav Scherz nel 1958: G. SCHERZ, *Nicolaus Steno and His Indice*, «Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium», vol. 15, Bibliotheca Universitatis Hauniensis. Munksgaard-Kopenhagen 1958; e due brevi resoconti scritti nel 1671 sotto forma di lettere: *Lettera sulla grotta di Gresta* (O Sc II, pp. 247-248) e *Lettera sulla grotta di Moncodeno* (O Sc II, pp. 249-253).

¹⁶ Si veda pure J.E.H. SMITH, *Thinking from Traces: Nicolas Steno's Paleontology and the Method of Science*, R. ANDRAULT, M. LÆRKE (edd.), *Steno and the Philosophers*, Brill's Studies in Intellectual History 276, Kominklijke, Leiden 2018, p. 178.

¹⁷ Nel XVII secolo non esisteva ancora la nomenclatura binomiale e l'assegnazione tassonomica mancava, alle volte, di rigore. Lo squalo sul quale lavorò Steensen potrebbe essere un *Carcharodon rondeletti* (cfr. L. SEQUEIROS, *Leer las rocas con Steno. La construcción social de los principios de las ciencias de la Tierra*, Bubok, Córdoba 2011, pp. 71-73). Il pdf del testo si trova al seguente indirizzo: <https://vdocuments.site/leer-las-rocas-con-nicolas-steno.html> (23.10.2018)

¹⁸ Il diario *Chaos* fu scritto da Steensen tra marzo e luglio 1659, quando aveva 21 anni. Consta di 92 pagine manoscritte in fogli a doppia colonna. Esso contiene una raccolta non sistematica di risultati di esperimenti, e di pensieri di carattere scientifico e religioso che costituiscono una eccellente fonte per conoscere la personalità e lo stile scientifico di Steensen. Il titolo è stato dato dalla prima parola che vi è scritta, *Quaderno caotico*. Questo diario è rimasto sconosciuto per quasi tre secoli. Fu scoperto da Gustav Scherz nel 1946 nella Biblioteca Nazionale di Firenze, insieme a qualche

fossili, da intendersi in senso lato, ma si tratta di testi ripresi da libri medici senza alcun commento, non di sue ricerche personali. Soltanto un'annotazione lascia intravedere che la curiosità di Steensen si estendeva al di là della loro eventuale applicazione medica, esprimendo il sospetto di una possibile connessione biologica con le implicazioni che ciò avrebbe comportato¹⁹. Sembra, comunque, che Steensen non abbia riflettuto in modo particolare sulle glossopetre e sulle altre pietre figurate fino al momento in cui si trovò di fronte allo squalo gigante. Fu alla vista della grande somiglianza dei denti del pesce con le glossopetre che pose in primo piano, nella sua ricerca, la questione, ancora irrisolta, della natura dei fossili.

Fino alla metà del Seicento, sulla scia della tradizione aristotelico tramandata nel medioevo, e sotto l'influsso della filosofia neoplatonica e dell'ermetismo, la stragrande maggioranza dei filosofi naturali era dell'opinione, sebbene con sfumature diverse, che le glossopetre, così come le conchiglie e tutte le altre pietre dalla forma di animali o di piante, fossero prodotte da una virtù presente nella Terra (*vis lapidifica* o *vis plastica*), o che fossero il risultato di congiunzioni astrali che fecondavano la Terra e le pietre (*vis formativa*). Alcuni -pochi- ritenevano, invece, che fossero resti di esseri viventi. Questi ultimi, per spiegare la loro presenza nelle montagne, rinviavano solitamente alla violenza del diluvio universale, che le avrebbe trascinate fin lì.

Steensen, che conosceva le diverse teorie, rimase incuriosito dalla forte somiglianza tra i denti e le glossopetre, e senza limitarsi a constatarla, cercò invece di spiegarla²⁰. I risultati della dissezione della testa di pescecane e di quella di un altro squalo più piccolo, sono riportati nel saggio pubblicato a Firenze nel 1667, intitolato *Elementorum Myologiae Specimen seu musculi descriptio geometrica. Cui accedunt Canis Carchariae dissectum caput et dissectus piscis ex Canum genere*²¹. Come si apprende dal titolo, l'opera raccoglie tre ricerche, precedute da una prefazione comune. In questa sezione prenderò in considerazione la seconda di queste indagini (*Dissezione della testa di un Canis Carchariae*), in particolare l'esame del sistema dentario del pescecane, e le riflessioni di carattere paleontologico sul problema delle glossopetre²². Successivamente, l'esigenza di approfondire e di completare questa ricerca, avrebbe portato Steensen a intraprendere una nuova indagine, che sarebbe sfociata nella redazione del *Prodromus* (1669). Di questo denso trattato, considerato il sillabario della geologia, mi soffermerò nella sezione seguente soltanto in alcune delle innovazioni che più direttamente riguardano la questione dei fossili e l'introduzione della dimensione temporale nello studio della Terra. Inoltre di queste due opere proverò a mettere in risalto, come è stato accennato, gli elementi metodologici, i presupposti e gli atteggiamenti che hanno guidato Steensen nel suo lavoro.

Quanto al modo di affrontare la questione delle glossopetre, un primo elemento di novità che troviamo nel *Canis Carcharias* è l'impostazione complessiva del problema. A differenza di altri naturalisti che precedentemente avevano studiato i fossili in modo isolato, Steensen non s'interrogò

lettera di alcuni membri dell'Accademia del Cimento. Per le citazioni userò l'edizione completa di Ziggelaar, con note e commenti: A. ZIGGELAAR (ed.), *Chaos. Niels Stensen's Chaos-manuscript Copenhagen, 1659*, Danish National Library of Science and Medicine, Copenhagen 1997. Riporterò le indicazioni in forma abbreviata (*Chaos*, Col [numero della colonna], ed. Z, [numero della pagina]).

¹⁹ «Conchiglie, lumache, ostriche, pesci e via dicendo rinvenuti nella roccia in luoghi molti distanti dal mare. Sono rimasti lì come vestigia di un antico diluvio, oppure perché il letto degli oceani si è modificato lentamente» (*Chaos*, Col 16, ed Z, p. 58). La traduzione all'italiano delle citazioni di *Chaos* è mia.

²⁰ Cfr. O Sc II, p. 144.

²¹ O Sc II, pp. 85-166.

²² Sia Ellenberger, sia Morello hanno scritto un accurato commento del *Canis Carchariae* (F. ELLENBERGER, *Historia de la Geología (vol 1): de la Antigüedad al siglo XVII*, Labor, Barcelona 1989, pp. 194-202; N. MORELLO, *La nascita della Paleontologia nel Seicento: Colonna, Stenone e Scilla*, Franco Angeli, Milano 1979, pp. 36-43). In particolare, l'opera di Morello è preceduta da una introduzione sulla storia del dibattito sui fossili, e corredata da eccellenti note critiche. Il capitolo 2 del saggio di Rudwick contiene osservazioni molto acute sulle ricerche riportate sia nel *Canis Carcharias*, sia nel *Prodromus* (J.S. RUDWICK, *El significado de los fósiles. Episodios de la historia de la Paleontología*, Hermann Blume, Madrid 1987, pp. 75-134).

soltanto sull'origine -biologica o inorganica- delle lingue di pietra. Si domandò contemporaneamente perché si trovavano sulle montagne di Malta, come erano arrivate sin lì, e se erano reperibili in altri luoghi. Si rese conto, quindi, che per risolvere la questione bisognava collegare i fossili con le formazioni geologiche che li contenevano. In più, se essi erano veramente resti di animali, per offrire una spiegazione soddisfacente, era necessario formulare qualche ipotesi su come si fossero trasformati in pietre²³. Per rispondere a questi quesiti si spostò sulle colline del volterrano, dove ebbe la fortuna di trovare le stesse glossopetre insieme a conchiglie e chioccioline marine, incastonate nelle rocce e in luoghi lontani dal mare. A questo punto, come la somiglianza l'aveva indotto a pensare -non ancora ad affermare con sicurezza- che le glossopetre potessero essere denti di squalo, pensò che, analogamente le conchiglie pietrificate, fossero resti di animali marini, come alcuni sostenevano. Egli vedeva sempre più chiaramente che la disputa sulle lingue di pietra era un caso particolare del dibattito generale sulle conchiglie fossili che si trovano nel terreno, come avrebbe affermato esplicitamente due anni dopo nel *Prodromus*²⁴.

Steensen afferrò, quindi, il problema in modo globale, e cercò di risolverlo elaborando un solido impianto metodologico. Nella formulazione complessiva della domanda troviamo una delle chiavi del successo della ricerca stenoniana. La sua scelta di fare una ricerca prettamente empirica sulla questione, sembra la seconda chiave del buon risultato da lui ottenuto.

Come punto di partenza per lo studio, egli selezionò undici osservazioni fatte sul terreno e sui solidi in esso contenuti che considerò rilevanti per risolvere il problema²⁵. Sulla base di questi dati di osservazione formulò sei congetture (ipotesi) concatenate, e procedette in seguito alla dimostrazione empirica della loro validità.

Da una prospettiva metodologica è interessante notare che in questa ricerca egli non fece uso di idee preconcepite, né di principi teorici *a priori*. Lavorò in dialogo serrato con l'osservazione, cercando di fare a meno, per quanto possibile, dei pregiudizi. Fece uso soltanto di tre principi -guida di carattere molto generale, quasi, possiamo dire, di buon senso. Il primo è l'attualismo²⁶, secondo il quale la natura ha operato nel passato allo stesso modo in cui opera nel presente; di conseguenza, l'osservazione attuale dei fenomeni naturali dovrebbe essere il mezzo più certo e diretto per spiegare quelli del passato. Il secondo è il principio dell'analogia, che in questa ricerca Steensen usò, soprattutto, per affermare la verosimile identità tra fossili e animali viventi: la somiglianza di morfologia e di struttura stava ad indicare un'origine simile. Infine, il terzo principio guida dichiara che non possiamo negare alla Natura la capacità di fare ciò che l'uomo riesce a fare²⁷.

Per dimostrare che le glossopetre erano denti di squalo, Steensen iniziò a sgomberare il campo da assunzioni false con la dimostrazione di una prima ipotesi: «il terreno dal quale si estraggono i corpi simili a parti di animali non sembra che oggi produca quei corpi»²⁸. Egli mostrò, infatti, che non c'era nessuna evidenza circa la loro crescita *in situ*, all'interno della roccia. Al contrario, i segni di decadimento che presentavano le lingue di pietra indicavano che non si stavano formando nel momento presente, bensì che si trattava di resti di qualcosa di originato in precedenza.

²³ Cfr. N. MORELLO, *Stenone e la natura inorganica*, in L. NEGRI, N. MORELLO, P. GALLUZZI (a cura di), *Niccolò Stenone e la scienza in Toscana alla fine del '600: mostra documentaria ed iconografica* (Firenze, 23 settembre - 6 dicembre 1986), Biblioteca Medicea Laurenziana, Firenze 1986, pp. 70-72; CUTLER, *La conchiglia*, pp. 59-62.

²⁴ Cfr. O Sc II, p. 194.

²⁵ Cfr. O Sc II, pp. 144-145.

²⁶ L'attualismo, usato pure da Colonna, sarà formulato propriamente come principio da Hutton e completato da Lyell.

²⁷ Cfr. O Sc II, pp. 146, 149, 152-153.

²⁸ O Sc II, p. 145.

Alla luce del principio dell'attualismo, egli concluse: se oggi il terreno non sembra produrre questi corpi, dovremmo dire che nemmeno in tempi passati li abbia prodotti²⁹.

In seguito (congettura 2) argomentò che il terreno nel quale si trovano gli oggetti figurati non doveva essere duro nel momento in cui si erano formati. Steensen si rese subito conto che se una conchiglia fosse stata generata all'interno di una roccia già indurita, con la sua crescita avrebbe sicuramente spezzato la pietra, ma non trovò mai spaccature in torno ai fossili. Parimenti, le conchiglie e gli altri fossili avrebbero presentato delle deformazioni, come succede con le radici degli alberi che si contorcono nei modi più svariati, assumendo forme diverse da quelle che presentano nel terriccio morbido. Noi osserviamo, invece, che i corpi petrosi trovati in un terreno duro e quelli trovati in uno molle sono tutti uguali fra di loro³⁰.

L'assenza di deformazioni nei fossili e nella roccia circostante implicava che essa non era ancora del tutto solidificata quando i fossili vi erano rimasti inclusi. Ora, se il terreno era molle, doveva, per forza, essere mescolato all'acqua. Nella risposta alle congetture terza e quarta, Steensen concludeva che niente vietava di pensare che in un altro tempo, il terreno fosse stato coperto dall'acqua³¹. Se le pietre figurate non erano state prodotte nel luogo dove le troviamo e, per la loro forma, sembravano piuttosto resti di animali marini, si doveva concludere che il mare e la terra non erano sempre stati dove li troviamo oggi.

La supposizione successiva (quinta) è la più importante del trattato: «Non mi sembra che vi possa essere qualcosa in contrario a ritenere il terreno un sedimento dell'acqua depositatosi a poco a poco»³². Con penetrante osservazione egli si rese conto che le rocce in cui si trovano i fossili presentavano la stessa disposizione dei granelli che si osserva quando si calma un fiume agitato contenente argilla, sabbia e altri elementi: le particelle scendono verso il fondo in ordine di peso. Steensen pensò, allora, che l'aspetto stratificato rispecchiasse il deposito graduale della precipitazione dei sedimenti. «Proprio gli strati dunque ci spingono a credere che quel terreno sia un sedimento dell'acqua»³³. Essa sarebbe, quindi, l'ingrediente fondamentale che spiegherebbe la pastosità originaria del sedimento, che avrebbe permesso alle conchiglie di svilupparsi senza deformazioni, formando ulteriormente una dose di sedimenti. Siamo di fronte ad una delle grandi innovazioni di Steensen, l'introduzione dei concetti di sedimento e di strato, che completerà successivamente nel *Prodromus*. La novità, più che nel concetto in quanto tale, già esistente in ambito chimico-medico, sta nell'uso nuovo che egli diede a questo termine, applicandolo all'ambito geologico. Per sedimento intende il deposito delle sostanze presenti in un mezzo acquoso, specialmente marino. Tale concetto va di pari passo con quello di strato, che Steensen avrebbe interpretato come depositi successivi di materiali antichi collocati uno sopra l'altro.

La naturale e logica concatenazione di queste cinque ipotesi, sostenuta da dimostrazioni saldamente aderenti alle osservazioni, mosse Steensen a esclamare: «Dunque come concordano bene tutte queste cose! Quale completa armonia vi è tra di loro!»³⁴. Il percorso fatto apre strada alla sesta e ultima congettura, che riguarda l'origine organica dei fossili. Steensen non vede ormai ostacolo per concludere che le glossopetre siano denti di squali morti nel periodo di sedimentazione, e che, parimenti, le conchiglie di pietra siano state vere conchiglie, ipotesi che avallò con l'esame dell'identità di forma e di sostanza tra i fossili e i resti animali³⁵. La congettura ricevette ancora

²⁹ Cfr. O Sc II, pp. 145-146.

³⁰ Cfr. O Sc II, p. 146.

³¹ Cfr. O Sc II, pp. 147-149.

³² O Sc II, p. 149.

³³ *Ibidem*.

³⁴ O Sc II, p. 151.

³⁵ Steensen avvertì che le conchiglie fossili erano sempre repliche esatte delle loro controparti biologiche nel disegno sul dorso, nella struttura delle lamelle, nella curvatura, nelle ondulazioni delle cavità e nelle cerniere delle valvole. Perfino i difetti trovati in esse rispecchiavano in modo preciso le variazioni e le differenze che riscontrava nella

un'altra conferma dalla descrizione, a grandi tratti, di quello che oggi chiamiamo processo di fossilizzazione, che egli illustrò con fenomeni che si possono osservare in laboratorio³⁶. Questa sesta congettura, riuscendo ad unire coerentemente gli elementi in gioco nel pieno rispetto dei dati oggettivi, gli apparve più che verosimile, quasi la conseguenza logica di quanto era riuscito a provare³⁷. Ad ogni modo, egli si mostrò molto prudente, e non attribuì al proprio discorso un carattere definitivo³⁸.

La parte finale della memoria sul *Canis Carcharias*, dopo aver considerato la questione dei fossili in modo generale, riprende il caso particolare delle glossopetre di maggiore grandezza, ribadendo la loro origine organica³⁹. In seguito, sono affrontate le due obiezioni più comuni al riguardo: il fatto che queste pietre si trovino in terra ferma e che esistano in grande numero. Egli sciolse la prima obiezione affermando che plausibilmente, l'isola di Malta, un tempo sotto il livello del mare, fosse stata sollevata da un fenomeno di origine sotterranea⁴⁰. La seconda difficoltà, riguardante il grandissimo numero di glossopetre, non costituiva per Steensen un problema, poiché nella dissezione dello squalo aveva potuto comprovare che «in uno stesso pesce si contano duecento denti ed anche di più, sotto i quali altri nuovi crescono di giorno in giorno»⁴¹.

Alla conclusione finale dell'origine biologica delle glossopetre, gli oggetti che fino a questo punto aveva studiato con più attenzione, attribuì lo statuto di certezza aperta ad ulteriori revisioni:

«Pertanto poiché si possono ritenere parti di animali quei corpi simili a parti di animali che si estraggono dal terreno, essendo la forma delle glossopetre simile ai denti di pescicani, come un uovo ad un altro uovo, e non convincendo del contrario né il numero di esse né la posizione del terreno, mi sembra che non si allontanino

morfologia dei viventi. Un ulteriore prova dell'origine biologica dei fossili proveniva dall'esame della sostanza dei corpi petrosi che, dal punto di vista chimico, si comportava allo stesso modo dei resti animali.

³⁶ Cfr. O Sc II, pp. 152-153.

³⁷ «Non sembra vi sia nulla in contrario a ritenere che siano parti di animali i corpi simili a parti di animali che si estraggono dal terreno.

Poiché il terreno dal quale si estraggono i corpi simili a parti di animali oggi non produce corpi di tal genere (a), poiché è verosimile che il medesimo terreno, un tempo molle (b), sia stato anche mescolato alle acque (c), perché non sarebbe lecito supporre che tali corpi siano da ritenersi resti di animali che vivevano un tempo in quelle acque?» (O Sc II, p.151).

³⁸ «Mentre ho dimostrato che la mia opinione è plausibile, non accuso di falso i difensori del parere contrario. Il medesimo fenomeno potrebbe essere spiegato in molti modi; anzi perfino la Natura nelle sue operazioni consegue il medesimo fine con mezzi diversi. Sarebbe perciò imprudente riconoscere come vero uno solo fra tutti i modi possibili [di operare] e condannare tutti gli altri come errati. Vi sono molti uomini illustri i quali credono che questi corpi siano prodotti senza il concorso di animali [...]

Anche costoro hanno le loro ragioni, che sono tanto meno da respingere, quanto maggiore è il numero delle mirabili opere della Natura, che di giorno in giorno suscitano in noi nuovo stupore» (O Sc II, pp. 153-154).

³⁹ Cfr. O Sc II, p. 154. L'affermazione su l'origine organica, nuovamente ribadita nel *Prodromus*, verrà estesa a tutti i tipi di fossili (Cfr. O Sc II, pp. 217-222).

⁴⁰ In realtà, l'idea che i mari avessero occupato l'attuale terra ferma circolava già nelle antiche culture mediterranee, come riferiscono, tra gli altri, Erodoto (*Le Nove Muse*) e Ovidio (*Metamorfosi*, Libro XV, vers 262). Cfr. ELLENBERGER, *Historia*, vol I, p. 59.

⁴¹ O Sc II, p. 154. Nel *Prodromus* avrebbe sciolto altre due obiezioni su le glossopetre. La prima è il fatto che le dimensioni di alcune di esse e quelle di molti altri fossili siano maggiori rispetto alle parti analoghe degli organismi attualmente viventi. Steensen pensa che la difficoltà può essere superata ammettendo che oggi, come anche nel passato, siano esistiti individui dotati di corporatura più grande della norma. Sempre nel *De Solido*, affronta la difficoltà che pone la conservazione per lungo tempo di resti organici senza distruggersi. Steensen spiega la lunga conservazione dei fossili come dovuta alla qualità del terreno di seppellimento. Rinvia a titolo di esempio alle conchiglie che si trovano nelle mura della città etrusca di Volterra, e negli strati rocciosi di essa, che sono perfettamente conservate nonostante siano passati più di tremila anni (cfr. O Sc II, pp. 221-222).

molto dal vero quelli che affermano che le glossopetre più grandi sono denti di pescecane»⁴².

Ad ogni modo, valutando non ancora totalmente sicuri i risultati raggiunti, egli desiderava verificare con nuove osservazioni le sue idee e intuizioni. A questo scopo, e pensando che mancasse poco per arrivare ad una conferma empirica più sicura circa l'origine organica dei fossili, intraprese un viaggio di esplorazione attraverso i colli, le valli, le miniere e le cave della Toscana, del Bolognese, del Veneto e delle Alpi. In realtà, la ricerca, dovendo armonizzare diversi filoni intellettuali, si rivelò molto più complessa del previsto⁴³. Un riassunto di quest'indagine verrà trasmesso nel *De Solido* (1669), poiché Steensen, richiamato in patria dal re di Danimarca Federico III, non sarebbe riuscito a farne una stesura più completa, come avrebbe desiderato⁴⁴.

Di quest'opera⁴⁵, che segna l'inizio della geologia come scienza, mi limiterò ad indicare alcune ricerche che conducono ad adottare la prospettiva temporale nello studio della Terra. In particolare, la conferma di Steensen dell'origine biologica delle glossopetre, da lui estesa alle conchiglie e a tutte le pietre con forma di animali o di piante⁴⁶, e l'approfondimento delle nozioni di strato e di sedimento, fino al loro culmine nella formulazione dei principi fondamentali della geologia.

Seguendo la prospettiva adottata, sottolineerò alcuni aspetti metodologici. All'inizio del *Prodromus*, analogamente a quello della memoria sul *Canis Carcharias*, Steensen si prefisse alcune regole metodologiche, quasi solo di buon senso. In primo luogo, era importante nello studio della Natura distinguere con chiarezza ciò che può essere stabilito con certezza da ciò su cui possiamo raggiungere soltanto plausibilità. Con grande equilibrio, egli desiderava allontanarsi sia da chi rifiuta tutti i principi sulla Natura, anche i più certi, sia da quanti ritengono vere soltanto le proprie scoperte dirette o le cose che personalmente valutano come ingegnose⁴⁷. Enuncia la seconda regola parafrasando la norma applicata da Seneca all'ambito morale: «Sono ottime quelle regole che sono comuni, che sono patrimonio di tutti, che da ogni scuola tutti - Peripatetici, Accademici, Stoici, Cinici-, proclamano». Quelle, cioè, «che tutti gli studiosi di ogni scuola accettano, siano essi avidi di novità o attaccati agli antichi dogmi»⁴⁸.

Steensen continuò nel *Prodromus* la ricerca prettamente induttiva iniziata nella dissezione della testa di squalo. Egli partiva sempre dalle osservazioni realizzate e affermava soltanto quello che poteva essere giustificato in base all'esperienza⁴⁹. Deluso dal dogmatismo e dalla speculazione fine a se stessa, diffida fortemente delle spiegazioni *a priori*. In particolare, circa la realtà ultima della materia, egli non aderì all'atomismo; accettò, invece, l'opinione comune e generale dei naturalisti dell'epoca, che pensavano che fosse composta da differenti combinazioni di "corpuscoli". Al di là di ciò, non si schierò a favore di una dottrina particolare al riguardo⁵⁰. «Le mie asserzioni sulla materia, infatti, hanno un valore universale, sia che si ritengano materia gli atomi, sia le particelle mutevoli in mille modi, sia i quattro elementi, sia che si faccia riferimento

⁴² O Sc II, p. 154.

⁴³ Cfr. O Sc II, p. 192, 194.

⁴⁴ Cfr. O Sc II, p. 228.

⁴⁵ Un eccellente schema analitico, ormai classico, di questo trattato si trova in: ELLENBERGER, *Historia*, vol 1, pp. 206-213. Nelle pagine successive segue un'analisi particolareggiata del contenuto. Cfr. CUTLER, *La conchiglia*, pp. 108-140. Si veda pure il contributo di F. ABBONA, *Una rilettura del 'Prodromus' a 350 anni dalla pubblicazione*, pubblicato nel volume degli Atti della Giornata di Studio su Niels Steensen (1638 - 1686), Roma 7 maggio 2019.

⁴⁶ Cfr. O Sc II, pp. 219-220.

⁴⁷ Cfr. O Sc II, pp. 194-195.

⁴⁸ O Sc II, p.195.

⁴⁹ Cfr. ELLENBERGER, *Historia*, vol 1, pp. 213-215.

⁵⁰ Cfr. O Sc II, p. 195. Sul meccanicismo del Seicento si veda A. CLERICUZIO, *Le forme e i moti della materia. Trasformazioni del meccanicismo nel Seicento*, in P. PACERE, *Il libro della natura. Scienze e filosofia da Copernico a Darwin*, Carocci, Roma 2015, pp. 67-106.

agli elementi chimici, vari quanto si voglia secondo la varietà dei chimici»⁵¹. Steensen volle mantenere separata la ricerca scientifica da idee filosofiche passeggere o sistemi preconcepi, per pervenire, piuttosto, a delle leggi valide.

Tra le importanti innovazioni conseguite nel *Prodromus* troviamo il completamento dei concetti di strato e di sedimento⁵². Steensen si rese conto che gli strati rocciosi in cui erano incastonate le conchiglie fossili si erano formati per l'accumulo di sedimenti presenti in un fluido e depositatisi progressivamente e orizzontalmente sul fondo marino secondo la loro densità⁵³. È chiaro, quindi, che «quando si formava lo strato più basso, non esisteva nessuno degli strati superiori»⁵⁴. Inoltre, quando uno strato era in via di formazione, al di sotto doveva esistere qualcosa d'altro allo stato solido (o almeno in uno stato più denso), in grado d'impedire l'ulteriore dicessa della materia⁵⁵. Con questa successione, lo strato più antico sarebbe stato, allora, il più profondo. Queste scoperte sono conosciute come *principio di sovrapposizione degli strati* e *principio di orizzontalità originale degli strati*. Come leggi geometriche astratte, sono semplicemente di buon senso. La genialità di Steensen è consistita nel comprendere che ogni strato doveva corrispondere ad un periodo di tempo del passato e che, quindi, la loro disposizione ne indicava l'ordine di formazione. In questo modo, la sequenza degli strati poteva costituire un coerente tentativo scientifico di ricostruzione della storia della Terra⁵⁶.

Steensen formulò ancora un terzo principio, quello della *continuità laterale degli strati*, che permette di fare correlazioni temporali tra di essi: «Nel tempo in cui si formava un qualsiasi strato, esso era cinto ai lati da un altro corpo solido, oppure ricopriva tutto il globo terrestre. Ne consegue che dovunque si vedano fianchi nudi degli strati, si deve cercare la continuazione degli strati stessi, oppure si deve trovare un altro corpo solido che impedisca la dispersione della materia degli strati»⁵⁷. Con questi principi, lo scienziato danese cercò poi di spiegare la presenza di strati non paralleli all'orizzonte, vale a dire, perpendicolari o ad esso inclinati, e concluse che l'attuale inclinazione di molti strati indicava che erano stati sottoposti a grandi cambiamenti dopo la loro formazione. La questione lo portò successivamente ad affrontare il problema dell'origine delle montagne e a sostenere che «non tutte le montagne odierne esistevano all'origine delle cose»⁵⁸.

Dalla visione degli strati fossiliferi concluse che nel passato la Terra era stata coperta dal mare, che ne aveva sedimentato gli strati in tempi diversi, lasciando in essi la loro impronta, sotto forma di glossopetre, conchiglie, e cristalli. La crosta terrestre presentava una storia, e i principi formulati nel *Prodromus* dischiuse la possibilità di ricostruirla con un metodo empirico. D'ora in poi, il problema d'interpretare la Natura si rivelerà connesso alla dimensione temporale. Dietro la questione dell'origine organica o inorganica dei fossili c'era, quindi, un'alternativa ancora più radicale, quella tra un'immagine della natura come insieme di forme immutabili, e un'immagine della natura come processo che si svolge nel tempo. Nel primo caso, i fossili si potevano considerare soltanto come pietre da osservare; nel secondo caso, invece, essi potevano essere visti

⁵¹ O Sc II, p. 196.

⁵² Cfr. O Sc II, pp. 204-207.

⁵³ I sedimenti potevano provenire pure dall'arrivo di materiali da altri luoghi perché trascinati da un fiume. Il sedimento poteva essere costituito pure da minerali disciolti nell'acqua, oltre che da granelli rimossi dalla terra ferma e trasportati da turbolenze. Così si può spiegare la presenza di fossili in rocce calcaree, che hanno una struttura liscia, cristallina, senza che siano visibili granelli di sedimenti.

⁵⁴ O Sc II, p. 206.

⁵⁵ Cfr. *Ibidem*.

⁵⁶ Cfr. ROSSI, *La nascita della scienza*, pp. 260-261; CUTLER, *La conchiglia*, p. 21.

⁵⁷ O Sc II, p. 206.

⁵⁸ O Sc II, p. 208.

come tracce del passato e, di conseguenza, potevano essere non soltanto osservati ma anche letti, come si legge un documento⁵⁹.

All'epoca di Steensen, non era possibile stabilire l'età precisa della Terra in termini assoluti. Il principio di sovrapposizione serviva a stabilire con sicurezza la sequenza, non il numero di anni trascorsi, poiché non si poteva calcolare quando uno strato specifico si fosse depositato. La geologia scientifica nacque con la domanda "che cosa è avvenuto prima?", piuttosto che con quella "quanto tempo fa?". Con le informazioni allora disponibili si poteva dare risposta ai quesiti sul tempo relativo, non su quello assoluto⁶⁰. In assenza di dati empirici per calcolarlo, e di indizi che mettessero in dubbio la cronologia stabilita dalla Bibbia, Steensen, poco incline a speculare, accolse la datazione biblica e secolare comunemente accettata nel XVII secolo, che oscillava attorno i 6.000 anni⁶¹.

Con queste ricerche, Steensen diede avvio alla scienza della stratigrafia, la prima chiave per approdare, nei secoli successivi, con nuove risorse strumentali e concettuali, al *deep time* della geologia. Sebbene oggi questo tempo si misura in miliardi di anni, non sembra azzardato dire che la geologia moderna, in qualche modo rinchiuse nei denti degli squali, ha cominciato a essere svelata dai lavori di Steensen, per questo chiamato lo Champollion della geologia⁶².

Per capire meglio la novità delle ricerche stenoniane, può essere utile un confronto con i risultati raggiunti dai più noti naturalisti a lui immediatamente antecedenti, in particolare con quelli ottenuti da Fabio Colonna (1567-1640). Quest'ultimo, nella sua *De Glossopetris Dissertatio* (1616), seguendo il metodo induttivo baconiano, offrì già alcune prove sperimentali a favore dell'origine organica delle "pietre figurate", in particolare, delle glossopetre, fondandosi sulla loro somiglianza con i denti di squalo quanto a forma, struttura e composizione, e sull'analisi della relazione esistente tra morfologia e funzione. Colonna diede un'ulteriore prova scientifica della natura organica delle lingue di Malta sottoponendole a combustione. Avendo usato fossili recenti, non ancora del tutto pietrificati, l'esame chimico del prodotto risultante si rivelò di natura organica⁶³.

Sebbene prima di Steensen, Colonna e altri -pochi- naturalisti avessero già indicato l'origine biologica dei fossili, offrendo altresì delle prove al riguardo, e avessero preso in considerazione l'eventualità di sommersioni ed emersioni della terra rispetto al mare, essi non erano riusciti ad elaborare scientificamente una risposta sul perché si trovassero sulla terra ferma, né su come la sostanza organica fosse trasformata in sostanza inorganica. A Colonna, come sottolineò molto bene Morello, sfuggì il significato geologico dei fossili, proprio perché non li considerò in un contesto di formazione. Egli non vide una relazione tra le glossopetre e il terreno dove erano incluse. Per lui, come per altri naturalisti seicenteschi, il reperto fossile non riusciva a diventare il segno tangibile per comprendere la successione dei fenomeni geologici che avevano modificato l'ambiente terrestre (crosta e vita organica insieme). Il lavoro fatto da Colonna non fu, quindi, una dimostrazione in termini stratigrafici⁶⁴.

⁵⁹ Cfr. ROSSI, *I segni del tempo*, pp. 22-23.

⁶⁰ Cfr. CUTLER, *La conchiglia*, p. 115; MARTIN J.S. RUDWICK, *The Meaning of fossils. Episodes in the History of Paleontology*, University of Chicago Press, London – New York, 1972, p. 69.

⁶¹ Il calcolo era stato fatto dall'arcivescovo anglicano James Ussher (1581-1656), basandosi sulla Bibbia. Praticamente questa stessa età -6.000 anni- si assegnava allora all'umanità, poiché la Terra, habitat preparato per l'avvento dell'uomo, era ritenuta in qualche modo incompleta senza la sua presenza. Oggi, su base empirico-sperimentale, l'età della Terra è valutata attorno ai 4,6 miliardi di anni, e la comparsa dell'homo *sapiens* si colloca nell'ultimo millimicrosecondo dell'anno geologico (300.000 – 350.000 anni fa), mentre l'età dell'universo si aggira fra i 14 e 15 miliardi di anni.

⁶² G. GOHAU, *Histoire de la géologie*, La Découverte, Paris 1987, p. 67.

⁶³ Rinvio al commento fatto da Morello al *De Glossopetris Dissertatio*, de Colonna (MORELLO, *La nascita*, pp. 27-37).

⁶⁴ Cfr. MORELLO, *La nascita*, pp. 35-36.

Steensen, invece, non solo interpretò correttamente la natura dei fossili, con lo stesso metodo comparativo usato da Colonna, ma spiegò profusamente come erano stati prodotti, collegando la loro genesi a quella degli strati in cui erano contenuti, e comprendendo con grande rigore scientifico che la sequenza di essi rappresentava una cronologia. L'asse portante della trattazione stenoniana del problema è, quindi, la spiegazione sedimentaria della formazione degli strati: se le rocce erano formate da sedimenti depositati dall'acqua, l'idea che i fossili trovati al loro interno fossero organismi acquatici ne era la conseguenza logica. Legando i fossili ai sedimenti, egli poté riconfermare con nuovi argomenti le conclusioni già raggiunte circa la loro vera origine ma, soprattutto, scoprire una via scientifica per spiegare come esseri viventi abbiano potuto conservarsi e modificarsi durante i processi che hanno mutato il terreno in cui erano rimasti sepolti. Inserendo i fossili in una più vasta visione dei fenomeni naturali, Steensen mise in luce un modo di agire della Natura, che rendeva ragione dell'analogia stessa⁶⁵.

In questa succinta e parziale panoramica è quasi d'obbligo un riferimento a Leonardo da Vinci (1452-1519), caso del tutto singolare. Nel Cinquecento, egli arrivò non solo a conclusioni molto simili a quelle di Steensen sui fossili e su gli strati, ma addirittura, nel contestare il ruolo geologico del diluvio, anticipò alcuni dei risultati raggiunti dagli scienziati nel XVIII secolo. Quello che è mancato invece a Leonardo è il riferimento spazio-temporale esplicito: egli non disse che gli strati inferiori sono più antichi. Le sue scoperte, però, non hanno avuto un influsso nella geologia né nella paleontologia, dato che i suoi appunti sono rimasti inediti fino all'inizio del XIX secolo⁶⁶.

3. Le innovazioni stenoniane, frutto di un metodo e di particolari qualità dello scienziato danese

Nella sezione precedente sono state indicate alcune scelte metodologiche che hanno contribuito al successo della ricerca stenoniana. A grandi linee possiamo dire che la sua esplorazione geologica è stata un'indagine prettamente empirica, sostenuta dal primato dell'osservazione diretta e personale della Natura, in sinergia con lo sforzo di liberarsi da pregiudizi e idee preconcepite, non pienamente ancorate nell'esperienza. Questo atteggiamento, di chiara matrice baconiana, si trova già delineato in alcune annotazioni del diario giovanile *Chaos*, in riferimento al metodo seguito da certi filosofi.

«Il tempo non va dedicato allo studiare o sostenere opinioni, giusto appena ad esaminarle, e non si deve temerariamente e precipitosamente asserire qualcosa sulla base di poche osservazioni. D'ora in poi dedicherò il mio tempo non a divagazioni, ma solo all'indagine, esperimenti e osservazione di oggetti naturali e a quanto gli antichi riferiscono a proposito delle osservazioni di queste cose, come pure a verificare questi riferimenti, se possibile»⁶⁷.

Per aprire un nuovo ambito di studio sulla Natura, come la geologia, occorre fare un ampio e preciso lavoro di osservazione, per poi dimostrare empiricamente le ipotesi formulate. È proprio questo che fece Steensen. Il *Canis Carcharias* e il *Prodromus* mostrano che nella sua ricerca, il primato fu dato sempre all'osservazione empirica, svolta sotto la guida certi principi molto generali e di alcune concezioni filosofiche basilari circa la realtà. Steensen considerava poco

⁶⁵Cfr. *Ibidem*, p. 41; IDEM, *Stenone e la natura inorganica*, pp.70-79; RUDWICK, *Il significato*, pp. 96-98; ELLENBERGER, *Historia*, vol 1, p. 202; CUTLER, *La conchiglia*, pp. 59-62.

⁶⁶ Cfr. ELLENBERGER, *Historia*, vol 1, pp.103-115, 195; G. GOHAU, *Les sciences de la Terre aux XVII et XVIII siècles. Naissance de la géologie*, Albin Michel, Paris 1990, p. 33. Per le scoperte di Leonardo, rinvio allo studio di Vai (*Stenone, Leonardo, il Diluvio e il tempo geologico*) ospitato nel volume degli Atti della Giornata di Studio su Steensen (Roma, 7 maggio 2019).

⁶⁷ *Chaos*, ed. Z, Col 58, pp. 159-160.

utili per l'indagine della natura le elucubrazioni di quei filosofi che pensavano di poter conoscere il mondo deducendolo da idee universali e preconcepite non ancorate ad osservazioni concrete⁶⁸. Riprendendo quanto diceva Ippocrate, affermò: «soltanto dalla ragione non si può cogliere alcun frutto, il vero frutto lo si coglie da ciò che ha il conforto della verifica sperimentale»⁶⁹. Parimenti, consigliava di non sprecare il tempo nelle controversie scritte e di occuparlo invece nell'osservazione delle "cose stesse"⁷⁰

Egli si sforzò sempre, inoltre, di tenere a bada i pregiudizi, vale a dire, i giudizi *a priori* che costringono i dati di esperienza a rientrare nello schema preconcepito⁷¹. A loro volta, fu ben consapevole di quanto fosse difficile liberarsi da queste presunzioni. «Nulla è più difficile che mettere da parte i pregiudizi. Anche in opere odierne, benché ci si metta la massima attenzione, non risultano indenni da tracce di idee preconcepite, e se io volessi fare eccezione, meriterei la censura per il mio sfrontato orgoglio»⁷². Al pregiudizio si potrebbe assimilare, in qualche modo, la semplice ripetizione acritica dei testi scritti da altri, atteggiamento che poco favorisce un ulteriore progresso nella conoscenza della natura⁷³. Steensen, come manifesta il seguente testo, giunse, addirittura, a ritenere un tal modo di procedere quasi un'offesa a Dio, che ha dotato agli uomini dalla capacità di leggere la Natura e di lodarlo di conseguenza:

«Peccano contro la grandezza di Dio quelli che non hanno intenzione di studiare direttamente le opere stesse della Natura, ma soddisfatti della lettura dei libri altrui, si inventano ogni genere di fantasie, e così non solo non godono della felice contemplazione delle meraviglie del Signore, ma anche perdono il tempo che sarebbe da dedicare alle necessità e al bene altrui, affermando cose indegne di Dio»⁷⁴.

Questo modo di accostarsi alla conoscenza della Natura non è certamente una novità introdotta da Steensen: fu un atteggiamento caratteristico di quel gruppo di studiosi del Seicento che auspicava un nuovo metodo d'indagine razionale. Questi filosofi naturali, insoddisfatti del mero commento degli insegnamenti di Aristotele, Tolomeo, Galeno, e delle altre autorità, e poco convinti dalla fecondità per questo studio di una impostazione razionalista, furono gli iniziatori di un metodo di osservazione diretta della Natura; questo, in realtà, già presente in Aristotele, ma forse abbandonato nella pratica successiva⁷⁵.

Quello che in modo particolare affiora in Steensen è il salutare equilibrio che riuscì a mantenere tra osservazione personale e rispetto verso le autorità in materia scientifica. Studio e sperimento si alternano, scrisse in *Chaos*⁷⁶. Egli si affida all'esperienza, giudice inappellabile che decide della validità di un'ipotesi, ma teneva conto anche delle teorie fino a quel momento

⁶⁸ Cfr. O Sc II, p. 53; ANGELI, *Niels Stensen*, pp. 40-41.

⁶⁹ O Sc I, p. 179.

⁷⁰ Cfr. O Sc I, pp. 175-176, 188.

⁷¹ Cfr. O Sc I, p. 156.

⁷² O Sc II, p. 261.

⁷³ Cfr. O Sc II, p. 53.

⁷⁴ *Chaos*, ed Z, Col. 57-58, p. 159.

⁷⁵ L'interesse per l'osservazione diretta della Natura aveva ricevuto di recente un forte stimolo dalla conoscenza di nuove specie di animali, piante e fossili dopo la scoperta dell'America, e dalla creazione in Europa di Giardini botanici e di Musei di scienze naturali: *Metalloteca Vaticana* creata da Michele Mercati (1541-1593), con la collezione di Papa Sisto IV; *Museum Calceolarium* di Verona (1521), creato da Francesco Calzolari; Museo di Ferrante Imperato (1550-1626) a Napoli; *Museum Metallicum* di Bologna, formato da Ulisse Aldrovandi (1527-1605); *Museum Wormianum* creato da Olaus Wormius a Copenaghen nel 1655; *Ashmolean Museum* di Oxford, curato da Robert Plot (1640-1696) e Edward Lhwyd (1660-1709); *Museum Kircherianum* fondato da Athanasius Kircher (1601-1680) a Roma, e altri. L'invenzione del telescopio e del microscopio offrì inoltre la possibilità di affacciarsi verso nuove dimensioni del cosmo.

⁷⁶ «Totus dies studiis, ante cenam tamen tentatum experimentum» (*Chaos*, ed. Z, Col. , p.). COMPLETARE

accreditate, fintantoché non ci fossero indicazioni empiriche in contrario⁷⁷. «É bene servirsi del metodo degli antichi in mancanza di uno migliore, ma non però come di una cosa perfetta»⁷⁸. Nel *Canis Carcharias*, al momento di valutare il grado di certezza della sua conclusione sulla natura delle glossopetre, tenne conto del diverso giudizio al riguardo di alcuni noti naturalisti. «Anche costoro -dirà- hanno le loro ragioni, che sono tanto meno da respingere...»⁷⁹.

La domanda: da dove proviene la certezza razionale? accompagnò l'esistenza di Steensen ed ebbe notevole rilevanza nella sua vita personale, sia di ricercatore, sia di cristiano. Conviene definire la certezza in termini di sperimentazione o, piuttosto, di analisi concettuale secondo l'ordine delle ragioni? Grande ammiratore di Cartesio, presto provò molte perplessità di fronte alla pretesa cartesiana di ricondurre tutte le certezze alla sola evidenza intellettuale. Questo stava, infatti, per Cartesio, al servizio dell'assoluta autonomia della ragione⁸⁰. Steensen, invece, mostrò in base all'osservazione che il cuore era un muscolo, contrariamente a quanto diceva il filosofo francese, e che la ghiandola pineale, per motivi di ordine anatomico, non poteva svolgere le funzioni assegnatele da Cartesio⁸¹. Secondo Steensen, egli aveva riposto troppa fiducia nel proprio ragionamento puramente deduttivo, e troppa poca nelle osservazioni empiriche. Il danese, invece, applicò la regola cartesiana sulla base di un concetto più ampio di evidenza. «Io cerco di seguire le leggi della filosofia che ci insegnano a cercare la verità dubitando della sua certezza, e a non accontentarsi prima di essere stati convinti dall'evidenza della dimostrazione»⁸². Per questo, scrisse: «A Cartesio non rimprovero il metodo, bensì l'abbandono del metodo»⁸³.

Ancora da un punto di vista metodologico, bisogna sottolineare l'approccio seguito da Steensen: non solo sintetico, né solo analitico ma una combinazione singolare di entrambi. Nel *Discorso sull'anatomia del cervello*, egli indicò una via per conoscere una macchina, quella «di smontare fino i più piccoli ingranaggi e di esaminare tutti, separatamente e insieme»⁸⁴. Esaminare, quindi, i singoli elementi, uno per uno, e poi, tutto l'insieme. La stessa indicazione viene riportata, anni dopo, nella Prolusione al teatro anatomico di Copenaghen⁸⁵. Come ben indicato da Abbona, questa fu la prospettiva metodologica applicata da Steensen nelle proprie ricerche geologiche. La "macchina" sarebbe il sistema (fossili + ambiente); la via per conoscere la "macchina", la registrazione di una attenta e acuta osservazione dei fenomeni nelle sue componenti e la loro interpretazione in una visione globale, nella quale i fatti sono sempre tenuti presenti, senza concessioni a speculazioni di tipo filosofico, metafisico o teologico. Come è stato precedentemente accennato, non è che egli rifiutasse la deduzione da principi, ma questa rimaneva sempre sotto il controllo dell'esperienza per la verifica. Questo metodo gli consentì di risolvere con successo la questione da lui affrontata e di arrivare a formulare leggi empiriche, ormai integrate tra i fondamenti delle scienze della Terra⁸⁶.

Sembra abbastanza chiaro che le scelte metodologiche fatte da Steensen, insieme ad un grande rigore logico, contribuirono al successo della sua indagine. Desta, comunque, stupore che egli sia riuscito a dire tanto solo con risorse concettuali e strumentali molto semplici. Alla base delle

⁷⁷ «Mi guardo bene da togliere fede all'esperienza di un uomo di così grande talento, per il fatto che non si è realizzata la stessa cosa al mio primo o secondo tentativo, e forse non ho seguito la medesima strada» (O Sc I, p. 246).

⁷⁸ O Sc II, p. 53.

⁷⁹ O Sc II, p. 154.

⁸⁰ Cfr. B. VINATY, *Il profilo spirituale di Niels Steensen*, «Quaderni di Niccolò Stenone» 1 (1991), p. 78.

⁸¹ Cfr. O Sc I, p. 279; O Sc II, pp. 43-45, 117.

⁸² O Sc II, p. 53.

⁸³ OT I, p. 390.

⁸⁴ O Sc II, p. 48.

⁸⁵ Cfr. O Sc II, p. 260.

⁸⁶ Per maggiori approfondimenti, rinvio allo studio di Abbona (*Una rilettura del Prodomus a 350 anni dalla pubblicazione*), ospitato in questo stesso volume contenente gli Atti della Giornata di Studio (Roma, 7 maggio 2019).

innovazioni stenoniane dobbiamo individuare ancora altri elementi, prendendo in considerazione alcune sue destrezze manuali e qualità spirituali.

Era ben nota ai contemporanei la straordinaria abilità e destrezza manuale di Steensen, così come l'acuta capacità di osservazione, infatti, egli era consapevole che un dettaglio insignificante poteva condurre spesso a scoperte inaspettate⁸⁷. Egli seppe guardare con attenzione le più piccole deviazioni di un cristallo rispetto al modello ideale, e rendersi conto che il pezzo mancante di una conchiglia fossile si trovava non molto distante di essa. Percepì che la disposizione dei granelli negli strati era la stessa riscontrata quando un fiume impetuoso si calma e il materiale trasportato sedimenta. Nella dissezione dello squalo, osservò subito che il numero di denti del pescecane era molto superiore a quello indicato da Mercati, il quale, lavorando con una testa secca, non aveva potuto vedere quelli più molli, caduti nel processo di essiccazione. Steensen non si pronunciò, però, sul numero esatto di denti, essendo a conoscenza delle menomazioni di cui era stata oggetto la testa da lui dissezionata. Si limita ad affermare con grande prudenza e rigore solo quanto aveva potuto osservare⁸⁸.

Un altro atteggiamento di carattere epistemologico, manifestamente favorevole al successo ottenuto, affonda le sue radici in disposizioni di carattere etico e, più ancora, religioso: riguarda la sua capacità di distinguere con chiarezza ciò che il metodo scientifico può stabilire con certezza, da quello che non è possibile conoscere con tale sicurezza. In questo senso, Steensen rimprovera coloro che non si azzardano ad affermare con certezza una dimostrazione scientifica accettabile, timorosi che si scopra qualche errore; e rimprovera altri che ritengono, invece, vero e certo soltanto quello che loro appare bello ed ingegnoso, senza curarsi troppo dei criteri oggettivi di verità. Nel *Prodromus*, egli indica questi due atteggiamenti tra le cause che hanno insabbiato la ricerca su l'origine dei fossili⁸⁹.

Gli studiosi di Steensen, in particolare dei suoi lavori geologici, mettono in risalto che aveva una capacità straordinaria di evitare i particolari circostanziali, trattenendo soltanto quello che era essenziale al problema studiato⁹⁰. Questo "vedere meglio" è certamente un talento intellettuale, ma viene sostenuto da un insieme di qualità, quali l'ordine, l'onestà, la docilità a quello che la natura presenta, senza lasciare che il pensiero soffochi questa visione, ecc.

Altra virtù che sembra aver avuto un ruolo rilevante nelle sue scoperte è la resilienza, vale a dire, la capacità di non fermarsi davanti alle difficoltà e di affrontare, invece, i problemi che nuove osservazioni e conoscenze sollevavano. Quando descrisse nel *Prodromus* le cause della permanenza di tanti dubbi e problemi circa l'origine dei fossili, accennò in primo luogo alla pigrizia e alla mancanza di tenacia di fronte ai momenti difficili e problematici della ricerca. Egli, invece, non aggirò le difficoltà, anzi, prese in considerazione tutti i ragionamenti pro e contro l'ipotesi da lui sostenuta, e tutti i dati disponibili.

«Così, per soddisfare secondo le mie forze alle leggi dell'analisi, tante volte ho tessuto e ritessuto la tela di questa ricerca, e ne ho indagato i singoli aspetti, finché nella lettura degli autori, nelle obiezioni degli amici, nella ispezione dei

⁸⁷ Il «Journal des Sçavans» del 23 marzo 1665 (rivista scientifica recentemente fondata) rapporta affermazioni di grande ammirazione sia per l'abilità di Steensen nel fare dissezioni, sia per la sua chiarezza nell'esposizione.

⁸⁸ «Né mi è possibile dichiarare qualcosa di sicuro sul numero dei denti a causa della curiosità di quelli nelle cui mani era venuta prima questa testa; infatti ne avevano strappati un gran numero e in alcuni punti, tagliate le gengive insieme al dente, non avevano lasciato neppure tracce dei denti; ma almeno questo posso affermare, che in mezzo alla mandibola inferiore vi erano tredici ordini di denti, dei quali i più interni inclinati verso il basso erano così nascosti, circondati dalla carne molle e spugnosa delle gengive, che non apparivano chiaramente se non dopo aver tagliato le gengive» (O Sc II, pp. 142-143).

⁸⁹ Cfr. O Sc II, p. 195.

⁹⁰ Cfr. ELLENBERGER, *Historia*, vol. 1, pp. 214, 218.

luoghi, non vidi più alcuna difficoltà che non avessi risolto o almeno non avessi stabilito fino a che punto essa avrebbe potuto essere risolta dalle mie attuali conoscenze»⁹¹.

È significativo che nella ricerca, Steensen concedesse quasi più importanza a certe qualità del ricercatore, quali l'umiltà intellettuale, la pazienza e la tenacia, che al fatto di avere a disposizione gli strumenti migliori per l'indagine. In particolare, quanto all'anatomia, egli pensava che lo stato poco soddisfacente in cui versava al suo tempo fosse dovuto soprattutto alla carenza di certe qualità da parte dagli anatomisti.

«Ma quelli che fanno le dissezioni hanno sempre voluto apparire consumati in questa scienza, non uno di loro ha voluto confessare quante cose restassero da imparare, e per nascondere la loro ignoranza, essi si sono accontentati di fare le dimostrazioni di quello che gli antichi hanno scritto»⁹².

Per Steensen, l'umiltà intellettuale, che è di fondo una virtù morale, è richiesta per approdare a conoscenze vere. La vanità, in vece, li si presenta come un ostacolo per raggiungerle⁹³. In un'epoca nella quale il razionalismo, dominante in molti ambienti, aveva la pretesa di conoscere tutto con la massima chiarezza, e prospettava in ogni ordine la contrapposizione tra conoscenza perfetta e ignoranza, Steensen seppe mantenere l'atteggiamento d'umiltà che appartiene all'identità creaturale: fiducia nella possibilità di raggiungere la verità, ma con la profondità e chiarezza propria di chi è consapevole di aver ricevuto come dono sia la Natura sia la propria esistenza. Egli si collocò con apertura e umile disponibilità di fronte alla conoscenza della Natura, la cui intelligibilità e ricchezza inesauribile lo stupivano in modo permanente⁹⁴. Nella lettera a Leibniz (1677) affermò con chiarezza di aver rinunciato alla presunzione filosofica -s'intende, razionalistica- per aderire più fortemente all'amore dell'umiltà cristiana, che è l'amore alla conoscenza di quello che siamo in rapporto con Dio e in rapporto con noi stessi⁹⁵.

L'umiltà, insieme alla pazienza e alla temperanza, protessero Steensen di formulare giudizi affrettati, vale dire, di cantare "eureka" prima di ottenere la vittoria. Egli, parafrasando l'espressione di Cicerone, mette in guardia contro il difetto di «difendere senza dubbi ciò che è stato percepito e conosciuto senza un adeguato approfondimento»⁹⁶.

Nell'andamento delle sue ricerche geologiche, un altro aspetto caratteriale sembra di aver contribuito positivamente: la sua tendenza a concentrarsi intensamente su un argomento, per poi spostare il suo interesse verso altro alla minima distrazione, come manifesta nel suo diario giovanile *Chaos*⁹⁷. Egli vide inizialmente questo atteggiamento come un difetto da correggere, e nella preghiera, chiedeva aiuto per superarlo. «Guidami, Signore per la gloria del tuo nome, concedimi di riuscire a lavorare con ordine, costanza e arrivare a qualcosa di certo»⁹⁸. Dopo alcuni anni di lavoro si rese conto che, provvidenzialmente, questa sua tendenza aveva contribuito positivamente nell'insieme della ricerca. Lo spostamento d'interessi diede, infatti, allo scienziato danese padronanza di ambiti diversi di studio, condizione richiesta per affrontare un problema complesso e chiaramente interdisciplinare come era quello dei fossili. Le sue conoscenze anatomiche sui pesci e,

⁹¹ O Sc II, p. 194.

⁹² O Sc II, p. 49.

⁹³ «Per quel che mi riguarda, io preferisco confessare la mia ignoranza piuttosto che spacciare con autorità opinioni la cui falsità sarà dimostrata qualche tempo dopo d'altri [...]. Lascio questo amor proprio a chi se ne compiace» (O Sc II, p. 53).

⁹⁴ Cfr. O Sc I, p. 278.

⁹⁵ Cfr. E I, pp. 368-369.

⁹⁶ O Sc I, p. 152; cfr. O Sc II, pp. 31-32.

⁹⁷ «Ti prego Signore, allontana da me questa sofferenza e libera la mia anima di ogni distrazione, affinché possa dedicarmi soltanto a una cosa e imparare le tavole mediche» (*Chaos*, ed. Z, col. 30, p. 95).

⁹⁸ *Chaos*, ed. Z, Col 38, p. 123.

in genere, di anatomia comparata e di biologia, insieme alla formazione matematica e alla dimestichezza con gli esperimenti chimici in laboratorio, sembrano aver giovato in modo non indifferente alle sue scoperte paleontologiche e geologiche in senso ampio⁹⁹.

Insieme alle scelte metodologiche e alle sue qualità personali, e in rapporto con esse, pare che il contesto geografico e socio-culturale della Toscana, dove Steensen realizzò buona parte delle sue ricerche geologiche, gli sia stato favorevole. Per una persona curiosa e appassionata di osservare e analizzare le strutture anatomiche, il paesaggio geografico della Toscana, dalle stratificazioni ben visibili per la potente deforestazione subita nel medioevo e nel periodo rinascimentale, zona ricca in conchiglie fossili e di varietà di minerali e di cristalli, di miniere di sale, di rame, con vistose cave di marmo e sorgenti termali, dovette rivestire un grande fascino, oltre che offrirgli un abbondante materiale di studio¹⁰⁰. A Firenze ebbe inoltre a disposizione l'eccellente Biblioteca dei Medici, e le collezioni mediche molto ricche di esemplari di animali e di oggetti petrosi. In questa città, Steensen scoprì l'amicizia che è frutto della carità cristiana. Trai suoi amici si annoveravano Redi e Viviani, scienziati eruditi e credenti sinceri e fervorosi¹⁰¹ che avevano un modo di accostarsi alle scienze naturali abbastanza libero da pregiudizi. In particolare, su l'origine dei fossili, i cattolici italiani colti procedevano abbastanza tranquillamente sulla via della scienza, senza sentirsi limitati, e nemmeno timorosi che una conclusione veramente scientifica potesse trovarsi in contraddizione con le verità della fede. Questa grande apertura mentale, che risultava ben in sintonia con la personalità di Steensen¹⁰², si rivelò fondamentale sia nella sua ricerca scientifica sia nella strada verso la conversione al cattolicesimo¹⁰³. Possiamo dire che Steensen trovò a Firenze, da lui considerata la sua seconda patria, un ambito geografico e umano molto favorevole dove poter lavorare a suo agio, sviluppando le eccellenti doti che aveva ricevuto.

4. Le motivazioni della ricerca stenoniana

Finora abbiamo considerato come le scelte metodologiche e le qualità personali di Steensen abbiano avuto un ruolo non indifferente nelle sue innovazioni. Si tratta di elementi che possono spiegare, in parte, il successo raggiunto nelle sue ricerche. Essendo, comunque, fattori che hanno operato non isolatamente ma in sinergia, rinviano ad un'altra fonte, da cercare ad un livello più profondo, appunto, quello delle motivazioni filosofico-religiose dello scienziato danese.

I principali indirizzi della storia della scienza accettano oggi l'esistenza di un collegamento tra attività scientifica e religiosità, operante a diversi livelli. Data la personalità fortemente unitaria di Steensen, è pertinente supporre che convinzioni e atteggiamenti di carattere religioso abbiano

⁹⁹ Cfr. O Sc II, pp. 192-193.

¹⁰⁰ Cfr. G.B. VAI, *The Scientific Revolution and Nicholas Steno's Twofold conversion*, in G.D. ROSENBERG (ed.), *The Revolution in Geology from the Renaissance to the Enlightenment*, Geological Society of America Memoir 203, 2009, p. 191.

¹⁰¹ Cfr. KARDEL, MAQUET (edd.), *Nicolaus Steno*, p. 197.

¹⁰² Dell'apertura di Steensen parla in modo eloquente il suo Diario *Chaos*. Se si pensa alla mancanza di tolleranza propria della Danimarca di allora, meraviglia vedere i numerosi estratti che Steensen riporta da un libro scritto da un predicatore della corte di Monaco, il gesuita Geremia Drexler intitolato *Iosephus Aegypti Prorex descriptus et morali doctrina illustratus* (cfr. VINATY, *Il profilo spirituale*, p. 75).

¹⁰³ «Nella maturazione spirituale del nostro Beato molto influirono i contatti con ambienti Fiorentini nei quali l'amore per la scienza si sposava armoniosamente con le convinzioni di fede e con la pratica della carità: egli si rese conto che il cattolicesimo non solo non avvilita, ma esaltava quella ardente sete di verità e di conoscenza che negli anni precedenti aveva portato la sua acuta intelligenza a notevoli traguardi nel campo degli studi e delle scoperte scientifiche» (GIOVANNI PAOLO II, *Discorso in occasione della beatificazione di Niels Steensen*, 23 ottobre 1988, in «Insegnamenti», XI, 3 (1988), p. 1316).

aver avuto un forte impatto sulle sue innovazioni. Cerchiamo ora d'identificare quelle che, in modo particolare, possono averlo sostenuto e guidato nel suo lavoro¹⁰⁴.

Gli studiosi del profilo spirituale di Steensen¹⁰⁵ concordano nell'indicare come impostazione di fondo che percorre come fiume sotterraneo tutta la sua vita, dando un'impronta forte anche ai suoi studi, una fede profonda in Dio e nella Provvidenza. Alla luce della Provvidenza divina interpretava tutto quanto li accadeva, operativamente convinto che la sua vita -attività scientifica inclusa- fosse stata condotta, più che da scelte proprie, da un disegno provvidente di Dio¹⁰⁶. Egli non si era proposto di vagliare la filosofia cartesiana e spinoziana tramite le sue ricerche, eppure diverse sue scoperte contribuirono ad allontanarlo dalla presunzione razionalistica di questi autori, che d'altra parte ammirava. Su questo aspetto avrebbe scritto a Leibniz: «Se Dio mi ha mostrato questi errori di uomini così illustri, proprio quando io cominciavo a portar loro la massima stima, non devo attribuire ciò al caso, ma riconoscermi la bontà di Dio»¹⁰⁷. Parimenti attribuiva a Dio il risultato positivo delle sue ricerche. Le citazioni potrebbero moltiplicarsi, ma la seguente può bastare per compendiarle tutte: «Dio, senza che io le cercassi, anzi, nonostante la mia riluttanza, mi ha consentito di fare molte scoperte nel campo dell'anatomia, scoperte per l'innanzi negate a molti tanto più degni di me»¹⁰⁸.

Steensen sperimentò che certi suoi grandi sforzi di ricerca erano rimasti senza successo, mentre molto spesso, quando era occupato in altre indagini o era in qualche modo inattivo, Dio li aveva concesso di fare scoperte di grande importanza, che superavano addirittura le proprie aspettative. Egli non interpretò questo stato di cose pensando che per Dio contasse poco la diligenza del ricercatore. Piuttosto vide in esso un modo in cui Dio cerca d'impedire la superbia del ricercatore¹⁰⁹.

Non c'è, quindi, cesura tra vita di fede e attività di ricerca dello scienziato danese. La scienza è strettamente legata alla religione; egli è convinto che nuove conquiste scientifiche non potranno entrare in conflitto con la religione e la fede. A livello vitale tutto è in lui strettamente intrecciato da una logica interna, conseguente ad un'unica ispirazione di fondo: lodare Dio e rendere manifesta la sua gloria. Come tanti altri scienziati del Seicento, egli pensava che l'attività scientifica, nella misura in cui riesce a leggere il Libro della Natura, svelava con questa conoscenza qualcosa di Dio Onnipotente e Sapientissimo Creatore del mondo. La finalità ultima della scienza era, quindi, questa: la contemplazione di Dio nel meraviglioso ordine da Lui stabilito nella Natura.

Tra le numerose citazioni che si potrebbero riportare, la Prolusione pronunciata nel 1673 presso *Domus Anatomica* di Copenaghen, prima di procedere alla dissezione del cadavere di una donna è tra le più significative. «In verità, l'anatomia vera, quella che è rivolta a tutti gli spettatori, è un metodo con il quale Dio ci guida prima alla conoscenza del corpo animale e poi di Sé stesso, servendosi dalla mano dell'anatomista»¹¹⁰. In conseguenza, se l'anatomista fa bene il suo lavoro, riesce a svelare la bellezza delle strutture della Natura e, a partire da esse, egli può destare il desiderio di conoscere e di amare la fonte di queste meraviglie, vale a dire, il Creatore, trasferendo

¹⁰⁴ Alcuni studi che sottolineano lo stretto collegamento tra attività scientifica e religiosità in Steensen sono i seguenti: F. SOBIECH, *Puntero en la mano de Dios. Ética y Bioética en la obra y en la recepción del anatomista Niels Stensen (1638-1686)*, Nueva Patris, Chile 2015; ST. MINIATI, *Nicholas Steno's Challenge for Truth. Reconciling Science and Faith*, Franco Angeli, Milano 2009 (sesta ristampa 2015). Cfr. SMITH, *Thinking from Traces*, p. 179.

¹⁰⁵ In particolare, Scherz, Vinaty, Sobiech.

¹⁰⁶ Cfr. VINATY, *Il profilo spirituale*, p. 74; G. SCHERZ, *Niccolò Stenone*, La Civiltà Cattolica, Roma 1989, pp. 68-72.

¹⁰⁷ E I, p. 368. Cfr. OT I, pp. 389-390.

¹⁰⁸ O Sc II, p. 257. Cfr. O Sc II, p. 192.

¹⁰⁹ Cfr. N.W. BRUUN, *Fem nyfundne Niels Stensen-breve*, in «Fund og forskning i Det Kongelige Biblioteks Samlinger» 47 (2008), p. 150. Citato in SOBIECH, *Puntero en la mano de Dios*, p. 59.

¹¹⁰ O Sc II, 260.

ogni impulso d'amore dai doni al Donatore¹¹¹. Steensen loda, sì, un Dio Creatore, Architetto della Natura, ma lo vede anche come Salvatore, e si rapporta a Lui in un modo che non è puramente logico-ontologico¹¹². La figura morale di Gesù è un elemento chiave nella vita e nel pensiero di Steensen. Il suo diario giovanile *Chaos* inizia con l'invocazione *In nomine Iesu*, e le sue ultime parole, prima di morire, furono: *Jesu, sis mihi Jesu!*.

Se questa ispirazione di fondo non viene colta, il senso del suo agire, compreso l'agire scientifico, risulta incomprensibile o, per lo meno, ambiguo. Miniati ha fatto notare la scritta "Anatomista, Fondatore della Geologia, Servo di Dio", incisa nel monumento dedicato a Steensen che si trova di fronte alla Biblioteca di Scienze naturali dell'Università di Copenaghen. Se la targa viene letta come indicazione di fasi successive e scollegate della sua vita, trasmette allora una visione riduttiva e frantumata della personalità stenoiana¹¹³.

Non ostante questo tratto fondamentale della sua personalità compaia con evidenza nelle sue opere e nella corrispondenza di molti suoi contemporanei, un'opinione abbastanza diffusa sostiene l'esistenza di certa contrapposizione tra religiosità e ricerca scientifica in Steensen. Alcuni vedono nella sua conversione al cattolicesimo e, successivamente, nella sua ordinazione sacerdotale, la causa dell'abbandono della ricerca, e della perdita del valore che per lui aveva la scienza, quasi come se la fede cattolica avesse, in qualche modo, annientato il suo talento scientifico. Sobiech ha argomentato bene come quest'interpretazione sia motivata da una lettura frammentaria dei suoi scritti, oppure al fatto di non aver capito bene le motivazioni che hanno condotto Steensen alla conversione e al sacerdozio¹¹⁴. La conversione non comportò, infatti, da parte sua abbandono dell'attività scientifica. Basti pensare che il *Prodromus* e una decina di altri scritti scientifici sono del periodo posteriore al suo passaggio al cattolicesimo. È vero, comunque, che dopo l'ordinazione sacerdotale egli si dedicò totalmente all'attività pastorale, e che alcune sue lettere, prese isolatamente, possono dare l'impressione di esaltare i valori religiosi a scapito di quelli scientifici¹¹⁵.

In realtà, per il danese, dopo la conversione, l'attività scientifica conservò lo stesso grande valore che sempre le aveva attribuito. Il cambiamento consistette, piuttosto, nel percepire con maggiore profondità la dimensione sapienziale insita in quest'attività, il senso ultimo del servizio che, attraverso di essa si dava. Come secoli prima diceva San Tommaso: «Quando la mente si occupa nelle cose temporali cercando in esse il suo fine, si abbassa al suo livello; quando invece si occupa di esse in ordine alla beatitudine, anziché abbassarsi, le eleva»¹¹⁶. All'attività scientifica, Steensen avrebbe riconosciuto inoltre il pregio di averlo condotto alla fede cattolica «Nell'attività scientifica Dio mi concesse alcune intuizioni [...], alcuni doni naturali, con la finalità di offrirmi per mezzo di essi l'opportunità di ottenere pure quelli soprannaturali»¹¹⁷.

Indubbiamente, convinzioni religiose e atteggiamenti di fede hanno permeato l'indagine scientifica fatta da Steensen, così come tutto il suo agire. Possiamo chiederci ora se egli abbia trovato in questa sua fede luci per la ricerca scientifica, stimoli che in qualche modo abbiano giovato positivamente nelle sue scoperte. Mi limiterò molto brevemente ad indicarne due.

In primo luogo, essendo il progresso scientifico una crescita della nostra conoscenza dell'ordine naturale, ci si può chiedere se questa nozione di carattere filosofico-teologico -appunto, quella di ordine- abbia avuto un ruolo particolare nel suo lavoro come ricercatore. L'attività

¹¹¹ Cfr. *Ibidem*.

¹¹² Cfr. MINIATI, *Nicholas Steno's Challenge for Truth*, p. 28.

¹¹³ MINIATI, *Nicholas Steno's Challenge for Truth*, p. 17.

¹¹⁴ Cfr. SOBIECH, *Puntero en la mano de Dios*, pp. 31-33.

¹¹⁵ Cfr. E II, p. 372.

¹¹⁶ SAN TOMMASO D'AQUINO, *S. Th.*, q. 83, a. 6, ad 3.

¹¹⁷ OT I, p. 394. Cfr. SOBIECH, *Puntero en la mano de Dios*, p. 31.

scientifico presuppone, infatti, da parte di chi la esercita, una grande fiducia, sia nella razionalità della Natura, sia nella capacità dell'uomo di conoscerla. Certamente, lo sviluppo della scienza offre, in quanto tale, una conferma dell'esistenza di quest'ordine. Ma prima che la scienza fosse una realtà, la convinzione della razionalità della Natura ha dovuto esercitare un influsso psicologico determinante sugli scienziati. Così lo sottolineano numerosi studi storici sulla nascita della scienza moderna, precisando che queste idee erano presenti da secoli nella matrice culturale dell'Europa occidentale grazie alla dottrina cristiana della creazione¹¹⁸. Per Steensen la convinzione di vivere in un mondo meravigliosamente ordinato e pieno di significato dev'essere stata decisiva per riuscire a riconoscere ordine in un livello della Natura ancora inesplorato, quello della corteccia terrestre, dove gli antichi vedevano piuttosto caos. Egli, basandosi sulle relazioni geometriche più accessibili (sopra / sotto; continuo / discontinuo, inclinato, orizzontale, inscritto / circoscritto), scoprì le regole della stratificazione di un paesaggio e dello strato roccioso sottostante, che rendevano comprensibili diversi fenomeni geologici¹¹⁹. La fiducia nell'esistenza di quest'ordine e nella capacità umana di conoscerlo ha dovuto, quindi, sostenerlo nel percorso che lo portò fino a questa scoperta.

Possiamo, da ultimo, indicare un'altra convinzione che ha giovato positivamente alle sue innovazioni. Si tratta della ragione ultima del suo agire, attività scientifica inclusa: scoprire la grandezza del Creatore, amarlo e farlo amare. Questa motivazione di sfondo religioso li diede la consapevolezza del valore intrinseco del lavoro che realizzava, e del servizio che con esso compieva. Una tale convinzione genera un atteggiamento affettivo molto positivo, con ricadute nella perfezione e nell'accuratezza con la quale si realizza il proprio lavoro¹²⁰. Nelle opere scientifiche di Steensen è possibile verificare in modo molto esplicito come un atteggiamento affettivo di questo genere lo abbia mosso a lavorare con entusiasmo, e a proseguire con tenacia quando sorgevano delle difficoltà, costituendo un vero e proprio motore della sua ricerca, quasi il cuore pulsante delle sue indagini¹²¹. In particolare questo sguardo teistico -speculativo e affettivo- ha, per così dire, potenziato e sostenuto la sua naturale capacità di osservazione e di riflessione, indirizzandolo verso lo studio di particolari che altrimenti avrebbe sicuramente trascurato. Egli riconosce come questa convinzione sia stata all'origine di alcune delle sue scoperte, concretamente sulle ghiandole, organi del corpo ai quali si dava allora scarsa attenzione¹²².

«Tutte le loro membra [del corpo] e le parti in esse contenute dicono quasi da sole di essere state fatte 'in maniera provvidenziale'. Non vi si vede nulla di tanto minuscolo che non sia destinato a una sua funzione, nulla di tanto basso che non insegni, non dimostri la sapienza del Creatore [...].

L'architetto considera un difetto lasciare nell'edificio da lui costruito appena un tantino di spazio inutile, non finalizzato. Chi mai potrà credere, al confronto, che di Colui che i più consumati artisti si propongono come modello da imitare, anche se con impari successo, sia stata costruita un'opera inutile in qualche sua parte e sia stato prodotto alcunché senza motivo?

¹¹⁸ Per l'incidenza nella nascita della scienza moderna dei concetti filosofici contenuti nella nozione cristiana di creazione, rinvio allo studio ormai classico di S.L. JAKI, *The Road of Science and the Ways to God*, The University of Chicago Press, Chicago 1978. Cfr. E. GRANT, *The Foundation of Modern Sciences in the Middle Ages: their Religious, Institutional and Intellectual Contexts*, Cambridge Univ. Press, Cambridge (UK) 1996.

¹¹⁹ Cfr. CUTLER, *La conchiglia*, pp. 108-109.

¹²⁰ Cfr. F. RODRÍGUEZ QUIROGA, *Trabajo y afectividad en las enseñanzas de San Josemaría*, in F. RODRÍGUEZ QUIROGA (ed), *Trabajo y educación*, Edusc, Roma 2000, pp. 390-392.

¹²¹ Cfr. O Sc I, 226, 265; O Sc II, 40, 151.

¹²² Cfr. O Sc I, pp. 133-134 (& 5).

Chi non penserà piuttosto che anche nelle cose più piccole si nasconde un artificio grandissimo, anzi meraviglioso»¹²³.

Per concludere questa succinta esposizione sul rapporto simbiotico tra scienza e saperi sapienziali in Steensen è importante sottolineare l'accuratezza con la quale distingue i due livelli epistemici, pur lavorando in un momento nel quale la scienza non aveva ancora raggiunto un'autonomia riflessa. Il mutuo potenziarsi di questi due percorsi si realizza in lui a livello d'intelligenza vitale, non sul piano metodologico. Per questa ragione non avrebbe mai respinto direttamente un'affermazione filosofico-religiosa impiegando una teoria scientifica. Quando confuta la dottrina cartesiana della ghiandola pineale come spazio d'unione dell'anima con il corpo, mostra empiricamente la falsità della base scientifica sulla quale Cartesio aveva costruito la riflessione filosofica.

Steensen non chiede alla fede di fornire una risposta ai problemi scientifici che la scienza non riusciva a risolvere. Nel *Prodromus* rimprovera coloro che si rifugiano nella religione, trascurando la ricerca empirica, diventando così, in qualche modo, responsabili del perpetuarsi di certi errori. Nel *Canis Carcharias* e nel *Prodromus* non si trovano riferimenti teologici all'interno delle argomentazioni. Sono ricerche prettamente empiriche. Nel primo, commenta soltanto che supporre che l'attuale terra ferma sia stata coperta dall'acqua non è contrario alle Sacre Scritture, nelle quali si afferma che le acque hanno coperto tutta la Terra in due momenti, all'inizio del mondo e durante il diluvio¹²⁴. Steensen insisté soltanto nel dire che le idee scientifiche sulla Natura contenute nel *De solido* concordavano con i dati relativi nelle Sacre Scritture¹²⁵. Circa un fatto scrisse: «le Scritture e la Natura concordano»; di un altro fatto, dice che: «la Natura non si pronuncia, ma le Scritture riferiscono»; di un altro ancora, che: «né le Scritture né la Natura, dichiarano»; e infine, di altro, che «la Natura lo dimostra, e le Scritture non lo negano».

La visione unitaria dei saperi, nel rispetto della legittima autonomia metodologica, ha così contribuito anche al successo della ricerca stenoniana.

¹²³ O Sc I, pp. 131-132 (&1).

¹²⁴ Cfr. O Sc II, p. 147.

¹²⁵ Cfr. O Sc II, pp. 224-225.