

Sostenibilità e design del gioiello

Dalla geometria dei cristalli al disegno delle gemme sfaccettate

testo di/text by Alessandra Avella, Nicola Pisacane

Sustainability and jewelry design. From crystals geometry to faceted gemstone drawing

1. Introduction

The present study is part of a broader research conducted by the authors on the topic of gemstone patterning (Argenziano et al., 2022; Pisacane et al., 2023a; Pisacane et al., 2023b) and is framed within the theme of mutation introduced by the call. In particular, both the action of cutting the rough of a precious mineral to obtain faceted gems, re-slicing existing gems to give rise to a new model and the action of reproducing the crystal structure of natural gems to obtain synthetic gems leads to the creation of a new form from another according to an evolutionary process aimed at creating a 'new diversity'. Specifically, the contribution also explores this topic by looking at the sustainability principles moving towards jewellery design and the market of re-sliced and artificial natural gems. The research aims to deepen the study of the geometric structure of crystals to consciously orientate the cutting of artificial stones and the re-faceting of natural ones, using the methods proper to the discipline of design. The process of 'copying' is understood as the activity of studying and analysing the intrinsic atomic structure of raw precious crystals, in fact, found in drawing for its role as a communicative medium, but first and foremost in geometry, the founding principles that will orient and control the stone cutting project. This assumption perfectly

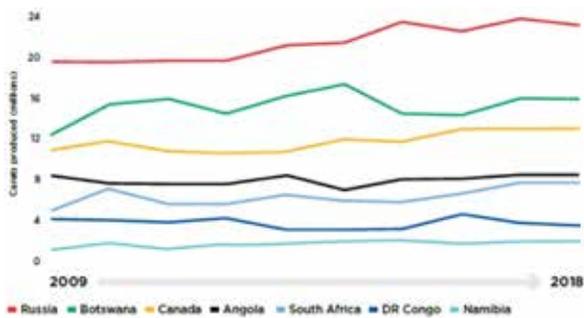
1. Introduzione

Il presente studio è parte di una più ampia ricerca condotta dagli autori sul tema del disegno delle pietre preziose (Argenziano, et al., 2022; Pisacane, et al., 2023a; Pisacane, et al., 2023b) e si inquadra nel tema della mutazione introdotto dalla call. In particolare, sia l'azione di tagliare il grezzo di un minerale prezioso per ottenere gemme sfaccettate, ri-sfaccettare le gemme esistenti per dare vita ad un nuovo modello, quanto quella di riprodurre la struttura cristallina delle gemme naturali per ottenere gemme sintetiche conduce alla creazione di una nuova forma partendo da un'altra secondo un processo evolutivo volto a creare una "nuova diversità". Nello specifico il contributo approfondisce il tema anche con uno sguardo ai principi della sostenibilità verso i quali il design del gioiello e il mercato delle gemme naturali ri-sfaccettate e artificiali si sta orientando. Obiettivo della ricerca è approfondire lo studio della struttura geometrica dei cristalli per orientare con consapevolezza il taglio delle pietre artificiali e la ri-sfaccettatura di quelle naturali, avvalendosi dei metodi propri della disciplina del disegno. Il processo del "copiare" inteso come attività di studio e di analisi dell'intrinseca struttura atomica dei cristalli preziosi grezzi trova infatti nel disegno, per il suo ruolo di medium comunicativo, ma prima ancora nella geometria, i principi fondanti che orienteranno e controlleranno il progetto di taglio della pietra. Tale assunto segue perfettamente la prima regola fondamentale della cristallografia enunciata da Niels Steensen (1669), da cui possiamo dedurre che l'uomo cerca di riprodurre in gemmologia ciò che si osserva in cristallografia, considerando invarianti le leggi geometriche che presiedono tanto la scala atomica dei cristalli, quanto quella della pietra sfaccettata. Tale enunciato conserva la sua validità e attualità anche rispetto all'innovazione tecnologica nella produzione di gemme *lab-grown*. L'interesse verso pietre prodotte in laboratorio è in crescente aumento nel settore dell'alta gioielleria che è sempre più sensibile ai temi della sostenibilità, soprattutto in relazione alla negativa ricaduta in termini ambientali e sociali connessi all'estrazione e alla lavorazione tanto di metalli preziosi che di pietre preziose. Recenti studi (Lord, 2019; Ali, 2017) hanno individuato e stimato le principali forme di impatto ambientale connesse prevalentemente all'estrazione dei diamanti. Unitamente agli aspetti a carattere ambientale vanno altresì tenuti in considerazione gli aspetti etici e sociali connessi alle condizioni dei lavoratori in miniera e nelle taglierie e alle dinamiche commerciali dei diamanti su mercati paralleli a quelli riconosciuti. Volendo in tale sede approfondire e discutere solo gli effetti ambientali connessi all'estrazione mineraria delle pietre preziose, tali effetti possono verificarsi dalla scala locale, a quella globale attraverso pratiche minerarie dirette e indirette. In particolare, gli impatti negativi delle attività estrattive di minerali preziosi hanno ricadute sulle risorse idriche, sull'inquinamento di suolo e sottosuolo, sulla qualità

a sinistra/on the left: Produzione dei diamanti nelle principali aree geografiche di estrazione dal 2009 al 2018 (in alto); Nazioni con estrazione di almeno 50000 carati di diamanti/anno (in basso). (Source: Oluleye, 2021) / Diamond production in the main mining regions from 2009 to 2018 (top);

Nations mining at least 50000 carats of diamonds/year (bottom). (Source: Oluleye, 2021)

a destra/on the right: René Just Haüy, planche III, Traité de Minéralogie, 1801



follows the first fundamental rule of crystallography enunciated by Niels Steensen (1669), from which we can deduce that man seeks to reproduce in gemmology what is observed in crystallography, considering the geometric laws that govern both the atomic scale of crystals and that of faceted stones to be invariant. This statement retains its validity and topicality even concerning technological innovation in producing lab-grown gemstones. Interest in lab-grown stones is growing in the high jewellery sector, which is increasingly sensitive to sustainability issues, especially concerning the negative environmental and social impacts associated with mining and processing precious metals and gemstones. Recent studies (Lord, 2019; Ali, 2017) have identified and estimated the primary forms of environmental impact mainly related to diamond mining. In addition to environmental aspects, ethical and social aspects related to the conditions of workers in mines and cutters and the dynamics of diamond trade on parallel markets to the recognised ones must also be taken into account. I want here to elaborate and discuss only the environmental effects related to gemstone mining; these effects can occur locally and globally through direct and indirect mining practices. In particular, the negative impacts of precious mineral mining have repercussions on water resources, soil and subsoil pollution, air quality, fauna, and climate change. Surface and groundwater are contaminated by the drainage of chemicals emitted during mining, polluting the surrounding soils and negatively affecting agricultural activities. Sources of air pol-

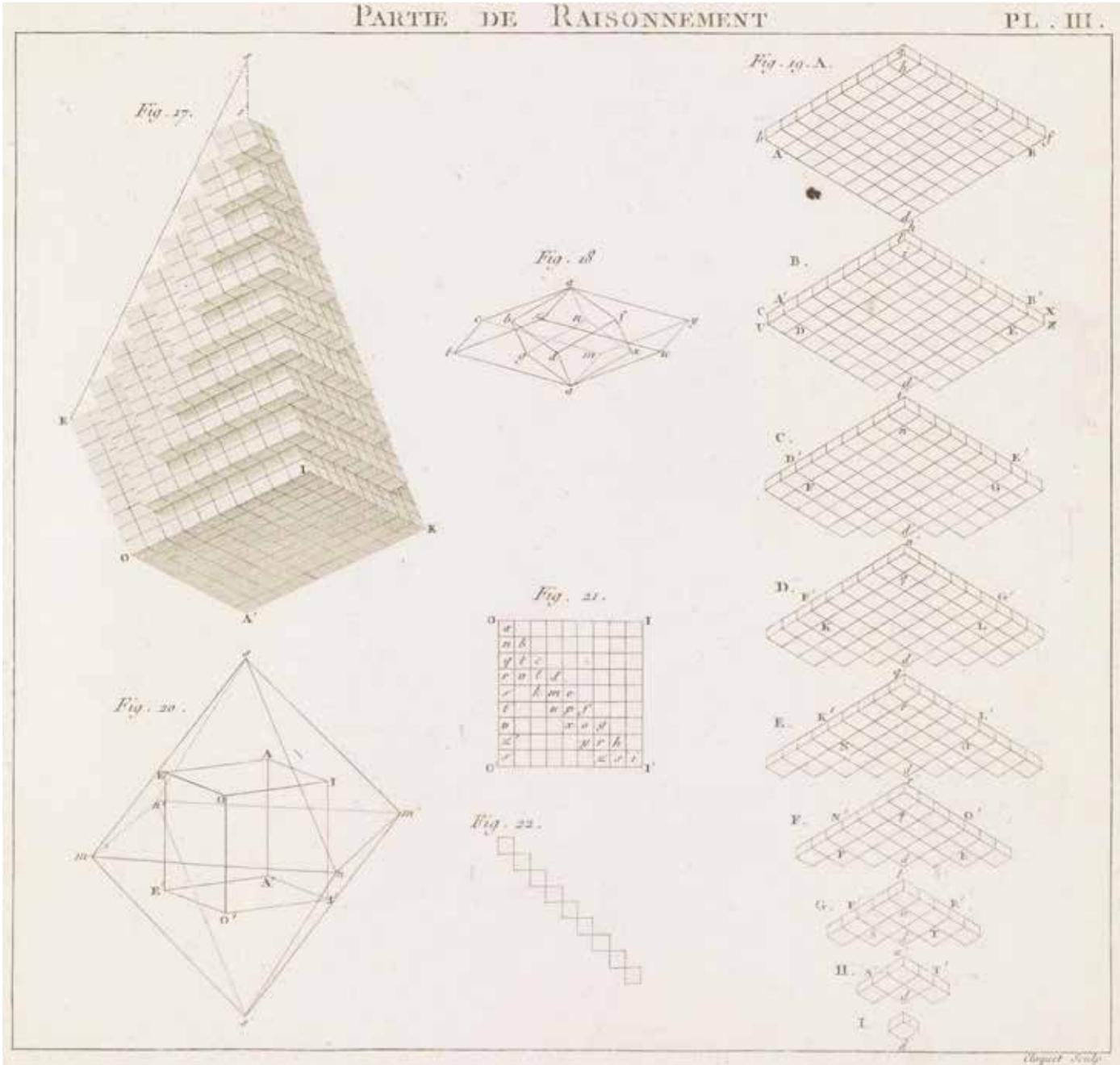
dell'aria, sulla fauna, e sul cambiamento climatico. Le acque superficiali e sotterranee sono contaminate dal drenaggio di sostanze chimiche emesse in fase estrattiva, inquinando anche i terreni circostanti e influenzando negativamente le attività agricole. Le fonti di inquinamento dell'aria sono caratterizzate dal particolato trasportato dal vento e dalle emissioni di gas da combustibili impiegato in fase di estrazione. L'abbattimento di alberi e vegetazione in generale volto ad impiantare attività minerarie causa, tra l'altro, l'emissione di sostanze inquinanti e la produzione di rumori provocando la migrazione della fauna verso altre aree. Infine, l'impiego di ingenti quantità di energia (elettrica e prodotta da idrocarburi) causa il rilascio di emissioni di CO2 nell'atmosfera con le conseguenti ricadute nel riscaldamento globale e quindi del cambiamento climatico.

2. Stato dell'Arte. Impatto ambientale e sociale in campo gemmologico

Lo studio "Environmental Impacts of Mined Diamond" del 2021 a cura dell'Imperial College di Londra (Oluleye, 2021) ha quantificato i valori di impatto ambientale dei diamanti estratti indicando per ciascun carato estratto i valori di inquinanti emessi nell'aria, nel suolo o nell'acqua. I valori dichiarati esprimono il dato medio calcolato sulla base di rilievi effettuati in aree geografiche di estrazione differenti e in miniere di quattro tipologie (*open pit*, *underground*, *river alluvial* and *marine*). Con specifico riferimento all'impronta ecologica, il rilascio di CO2 nell'atmosfera è stato di 108,5 kg per carato di diamante estratto. Tale dato unitario riferito ai 147 milioni di carati di diamanti estratti nel mondo nell'anno 2018 restituisce un dato globale di circa 16 milioni di tonnellate di CO2 per anno. È significativo confrontare tale valore con l'aumento esponenziale delle quotazioni dei diamanti che si sono avute a partire dalla fine del 2018 secondo un trend tuttora in crescita. Tale incremento non ha registrato momenti di crisi nemmeno nei recenti anni caratterizzati dall'emergenza sanitaria da coronavirus durante i quali i risparmiatori hanno concentrato i loro investimenti nel mercato dei metalli e delle pietre preziose. Si evidenzia che a tale valore vanno ad aggiungersi gli effetti provenienti da altre forme di inquinamento e contaminazione oltre l'ingente impatto anche in termini di emissione di CO2 connessi al taglio e alla lavorazione delle pietre preziose. A fronte di tali dati che mettono in luce il consistente impatto ambientale connesso al mercato dei diamanti naturali, il settore gemmologico sta offrendo alternative sostenibili ed etiche con un impatto negativo ridotto o nullo tanto per il ciclo di estrazione che di lavorazione. Ad attestare la sostenibilità dei processi nel corso degli anni i sistemi di certificazione prescrivono requisiti sempre più rigorosi per garantire una sempre maggiore tutela dei diritti umani dei lavoratori e la salvaguardia dei valori ambientali. Un'alternativa alle gemme naturali sono le pietre sintetiche (*lab-grown*) con proprietà analoghe alle omologhe pietre naturali ma a differenza di queste prodotte artificialmente in laboratorio attraverso tecniche e processi sempre più raffinati. Le sperimentazioni in tale ambito, legate anche ad applicazioni nel settore delle telecomunicazioni e dell'ottica laser, hanno condotto a pietre la cui natura può emergere solo da accurate prove di laboratorio. Indipendentemente dall'origine naturale o artificiale delle pietre preziose si riscontra un'analogia della configurazione spaziale della struttura atomica. Tale assunto era già noto all'inizio del XVIII secolo e pertanto lo studio approfondisce i caratteri invarianti delle strutture cristalline a partire da quelle naturali e pone le basi su studi di tipo statistico, matematico ed informatico sul tema rintracciando in questi il ricorrente fondamento geometrico.

3. Materiali e metodi. Invarianti geometriche nelle gemme naturali e lab-grown

I principi geometrici che regolano la configurazione delle strutture atomiche cristalline sia di composizione chimica organica che inorganica, sia di origine naturale che artificiale, rientrano in una specifica branca della più ampia disciplina della cristallografia nota come "cristallografia geometrica" che descrive la forma dei cristalli e ne studia i rapporti esistenti tra le diverse forme. La cristallografia geometrica si affianca alla "cristallografia fisica" e alla "cristallografia chimica" che studiano rispettivamente i caratteri fisici dei cristalli e la costituzione chimica degli stessi (Sansoni, 1892). Sebbene i principi geometrici delle forme cristalline fossero stati descritti e studiati già nella seconda metà del XVII secolo ad opera di Niels Steensen, gettando le basi per la disciplina della cristallografia geometrica, solo all'inizio del secolo successivo Domenico Guglielmini sancì le analogie configurative tra cristalli naturali e artificiali (Guglielmini, 1705). Tali studi saranno le premesse che a partire dalla fine del XVIII secolo caratterizzeranno l'opera di René Just Haüy (1784; 1801) che per primo affronterà con approccio scientifico la caratterizzazione geometrica dei cristalli che porterà ad una sistematizzazione e classificazione delle forme cristalline. La classificazione proposta da Haüy, fondata sulla configurazione geometrico-spaziale della struttura atomica, introduce le forme cristalline fondamentali dalle quali poter derivare tutte le altre, indicando per ciascuna di esse rapporti tra le



lution are characterised by windblown particulate matter and gas emissions from fuels used in extraction. The felling of trees and vegetation in general to plant mining activities causes, among other things, the emission of pollutants and the production of noise, causing fauna to migrate to other areas. Finally, the use of large amounts of energy (electrical and hydrocarbon) causes the release of CO₂ emissions into the atmosphere with the consequent effects on global warming and, thus, climate change.

2. State of the Art. Environmental and social impacts of gemmology

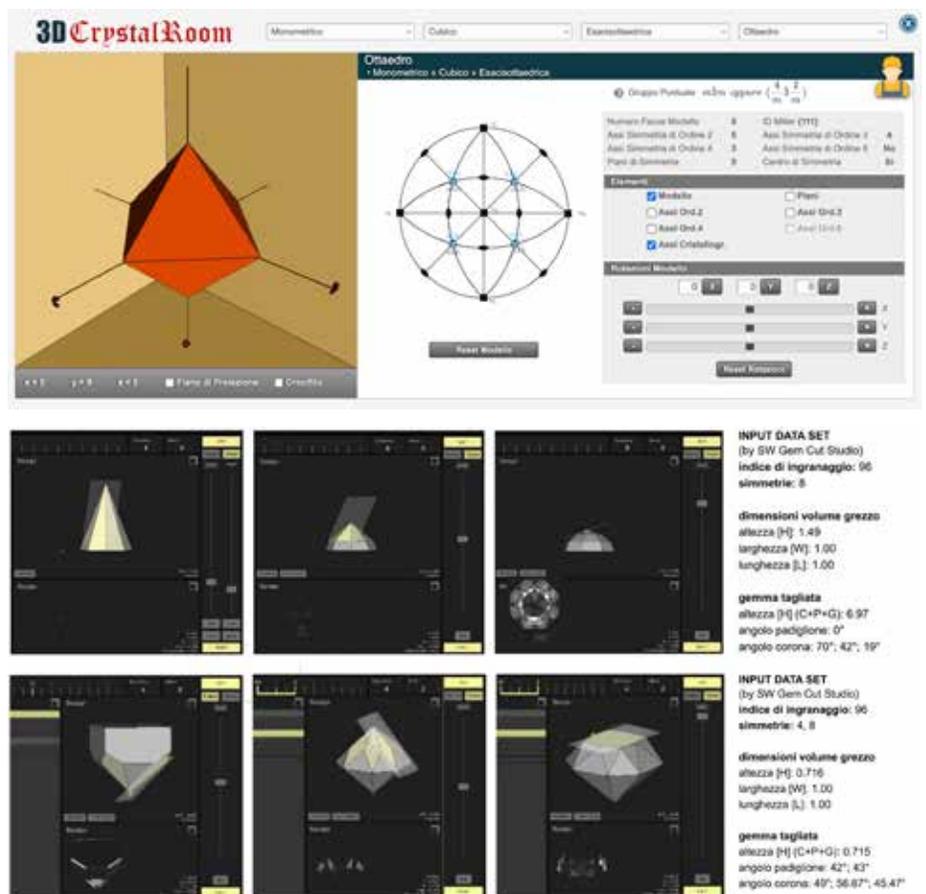
The 2021 study 'Environmental Impacts of Mined Diamond' by Imperial College London (Oluleye, 2021) quantified the environmental impact values of mined diamonds by indicating the values of pollutants emitted into the air, soil or water for each extracted carat. The declared values ex-

parti e simmetrie. La classificazione delle forme cristallografiche proposte da Haüy riconosce tre livelli diversi di approfondimento, individuati in gruppi, sistemi e classi, ciascuno di essi basato sulla forma poliedrica della cella primitiva unitaria rispetto alla quale sono aggregati gli atomi di ciascun cristallo e specifiche relazioni geometriche tra le parti della stessa forma. Il rigore scientifico di individuazione dei principi geometrici del lavoro di Haüy rende la classificazione da lui proposta tuttora attuale e ancora utilizzata in cristallografia, oltre a costituire il riferimento per i software di settore. Diversamente dalla cristallografia geometrica, quelle chimica e fisica hanno subito nel tempo degli avanzamenti in virtù dei progressi dell'innovazione tecnologica in tali settori. La determinazione delle proprietà geometriche della forma cristallina a scala atomica è di fondamentale importanza per la definizione delle possibili lavorazioni della pietra grezza finalizzate alla definizione della configurazione geometrica della gemma sfaccettata. I sistemi cristallini che caratterizzano ciascun minerale prezioso orientano i tagli che ne valorizzano le caratteristiche di brillantezza e di resistenza oltre a limitarne il più possibile la perdita di materiale prezioso. Anche per il taglio delle pietre preziose sarà la geometria a dettare le possibili forme. I modelli teorici, escludendo la presenza di impurità e di inclusioni nella gemma, sono più prossimi alla struttura costitutiva dei minerali sintetici che di quelli naturali. Per tale ragione i software di modellazione in ambito gemmologico simulano perfettamente le condizioni delle gemme *lab-grown* e sono pertanto un valido ausilio in fase progettuale, diversamente i vincoli di inclusione e impurità propri delle pietre naturali trovano nell'approccio empirico della lavorazione tradizionale una più ampia applicazione nel caso di ri-sfaccettature delle gemme volte a valorizzarne singole specificità aumentando così la preziosità anche attraverso l'unicità del

press the average figure calculated based on surveys carried out in different geographical areas of extraction and mines of four types (open pit, underground, river alluvial and marine). Concerning the ecological footprint, the CO₂ released into the atmosphere was 108.5 kg per carat of diamond mined. This unit figure for the 147 million carats of diamonds mined worldwide in 2018 gives a global figure of approximately 16 million tonnes of CO₂ per year. It is significant to compare this figure with the exponential increase in diamond prices since the end of 2018, a trend that is still growing. This increase has not seen any crisis moments even in the recent years characterised by the coronavirus health emergency during which savers have concentrated their investments in the precious metals and stones market. It should be noted that this value is compounded by the effects of other forms of pollution and contamination, as well as the significant impact of CO₂ emissions associated with the cutting and processing of precious stones. In the face of such data highlighting the significant environmental impact of the natural diamond market, the gemological sector offers sustainable and ethical alternatives with little or no negative impact on the extraction and processing cycles. As proof of the sustainability of processes over the years, certification systems are imposing increasingly stringent requirements to ensure that the human rights of workers are protected and environmental values are safeguarded. An alternative to natural gemstones is synthetic stones (lab-grown) with properties similar to their natural counterparts, but unlike them, artificially produced in laboratories through increasingly refined techniques and processes. Experiments in this field, also linked to telecommunications and laser optics applications, have led to stones whose nature can only emerge from accurate laboratory tests. Regardless of the natural or artificial origin of gemstones, there is an analogy in the spatial configuration of the atomic structure. This assumption was already known at the beginning of the 18th century. Therefore, the study delves into the invariant characteristics of crystal structures from natural ones and lays the foundations for statistical, mathematical and computer studies by tracing the recurring geometric basis in these.

3. Materials and methods. Geometric invariants in natural and lab-grown gemstones

The geometric principles governing the configuration of atomic crystalline structures of both organic and inorganic chemical composition, whether of natural or artificial origin, fall within a specific branch of the broader discipline of crystallography known as 'geometric crystallography', which



taglio ottenuto. Analogamente a quanto accaduto in altri ambiti, i software di modellazione specifici per il settore gemmologico hanno visto nell'ultimo ventennio uno sviluppo che ha interessato tra l'altro il passaggio dalla modellazione geometrica, che replica in digitale le configurazioni spaziali della gemma, all'*information modeling* basato su logiche parametriche. Gli attuali scenari in tale ambito, infatti, hanno condotto allo sviluppo di piattaforme in grado di replicare in digitale non solo la forma della gemma sfaccettata ma anche di simulare il processo di lavorazione seguendo protocolli operativi analoghi a quelli adottati nella pratica tradizionale, permettendo inoltre di simulare la brillantezza della gemma sfaccettata mediante render fotorealistico e diagrammi analitici (tilt performance), che è possibile estrarre grazie alle caratteristiche mineralogiche della pietra precedentemente imputate nel software, di visualizzare le traiettorie di luce all'interno della gemma e di stimare i residui di lavorazione (Sangveraphunsiri, 2008). Definire analiticamente la brillantezza e la dispersione di materiale di un determinato taglio significa misurare la qualità, ovvero l'efficienza, del taglio eseguito in termini di miglioramento delle intrinseche prestazioni ottiche e di mantenimento del peso, da cui deriva il grado di preziosità della gemma sfaccettata o ri-sfaccettata.

4. Conclusioni

Le riflessioni sinteticamente descritte sul disegno delle gemme aprono ad altri nuovi percorsi di approfondimento tematico, già individuati e programmati con specifico riferimento al taglio delle gemme sintetiche e alla ri-sfaccettatura di quelle naturali in un'ottica di un uso sostenibile delle gemme. Ponendo la geometria al centro delle sperimentazioni condotte ed in fieri la ricerca ha assunto un carattere interdisciplinare mettendo in relazione diversi ambiti di studio tra i quali vi sono le arti figurative e plastiche, la trattatistica empirica e scientifica, la tecnica e la tecnologia lapidaria, il rilevamento e la modellazione delle gemme grezze e tagliate, il design del gioiello, arricchendo gli approfondimenti tematici degli ambiti propri del settore gemmologico, quali mineralogia e cristallografia, con i quali la disciplina del disegno condivide fondamenti, metodi, tecniche e strumenti. A partire dai risultati raggiunti sulla caratterizzazione morfo-geometrica dei cristalli attraverso lo studio delle

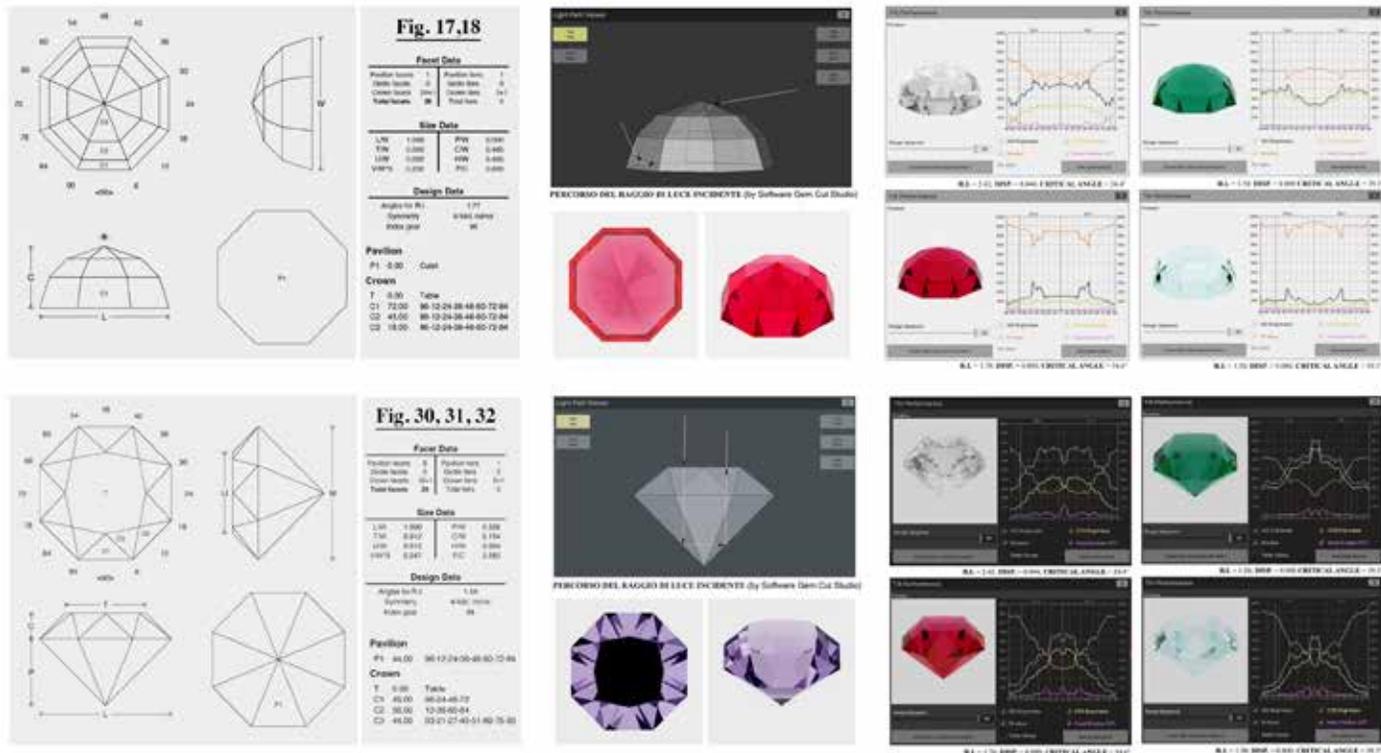
a sinistra/on the left: La forma cristallina dell'ottaedro: modello digitale e stereogramma elaborati nel software 3DCrystalRoom (Università degli Studi di Bari). Elaborazione degli Autori, 2024 (in alto); Modelli digitali di gemme sfaccettate elaborati nel software Gem Cut Studio. Elaborazione degli Autori, 2023 (in basso) / The crystal form of the octahedron: digital model

and stereogram processed in 3DCrystalRoom software (University of Bari). Authors' elaboration, 2024 (top): Digital models of faceted gems processed in Gem Cut Studio software. Authors' Processing, 2023 (down)

sotto/below: Scheda tecnica con la rappresentazione dei modelli in quadrupla proiezione ortogonale e la caratterizzazione

geometrica, morfologica e fisica dei tagli; render fotorealistico dei modelli; visualizzazione delle traiettorie di luce all'interno della gemma e diagrammi analitici (tilt performance) elaborati nel software Gem Cut Studio. Elaborazione degli Autori, 2023 / Data sheet with representation of the models in quadruple orthogonal projection and geometric, morphological and physical

characterisation of the cuts; photorealistic rendering of the models; visualisation of the light trajectories within the gem and analytical diagrams (tilt performance) processed in the Gem Cut Studio software. Authors' elaboration, 2023



describes the shape of crystals and studies the relationships between the different shapes. Geometric crystallography complements physical crystallography and chemical crystallography, which study the physical characteristics of crystals and their chemical constitution, respectively (Sansoni, 1892). Although the geometric principles of crystalline forms had already been described and studied in the second half of the 17th century by Niels Steensen, laying the foundations for the discipline of geometric crystallography, it was not until the beginning of the following century that Domenico Guglielmini sanctioned the configurational analogies between natural and artificial crystals (Guglielmini, 1705). These studies would be the premises that, from the end of the 18th century onwards, would characterise the work of René Just Haüy (1784; 1801), who was the first to tackle the geometric characterisation of crystals with a scientific approach that would lead to systematisation and classification of crystal forms. The classification proposed by Haüy, based on the geometric-spatial configuration of the atomic structure, introduces the fundamental crystalline forms from which all the others can be derived, indicating each relationship between the parts and symmetries. The classification of crystallographic forms proposed by Haüy recognises three different levels of detail, identified as groups, systems and classes, each of them based on the polyhedral form of the unitary primitive

cell to which the atoms of each crystal are aggregated and specific geometric relations between the parts of the same form. The scientific rigour in identifying the geometric principles of Haüy's work makes the proposed classification still relevant today and still used in crystallography, constituting the reference for software in the field. Unlike geometric crystallography, chemical and physical crystallography have undergone advances over time due to the progress of technological innovation in these fields. The determination of the geometric properties of the crystalline form at the atomic scale is of fundamental importance for the definition of the possible processing of the rough stone aimed at defining the geometric configuration of the faceted gemstone. The crystalline systems characterise each precious mineral guide cut, enhance its brilliance and strength characteristics, and limit the loss of precious material as much as possible. Geometry dictates the possible shapes for the cutting of precious stones, too. Theoretical models, excluding impurities and inclusions in the gemstone, are closer to the constitutive structure of synthetic minerals than natural ones. For this reason, modelling software in the gemological field perfectly simulates the conditions of lab-grown gems and is, therefore, a valid aid in the design phase. On the other hand, the constraints of inclusions and impurities typical of natural stones find a broader application in the empirical approach of traditional processing

in the case of re-slicing gems aimed at enhancing their specificity, thus increasing their preciousness through the uniqueness of the cut obtained. Similarly to what has happened in other fields, modelling software specific to the gemological sector has seen a development over the last twenty years that has involved, among other things, the transition from geometric modelling, which digitally replicates the spatial configurations of the gemstone, to information modelling based on parametric logics. The current scenarios in this field have led to the development of platforms capable of digitally replicating not only the shape of the faceted gemstone but also of simulating its working process by following operating protocols similar to those adopted in traditional practice, allowing the brilliance of the faceted gemstone to be simulated through photorealistic renderings and analytical diagrams (tilt performance), which can be extracted thanks to the mineralogical characteristics of the stone previously imputed in the software, to visualise the light trajectories within the gemstone and to estimate the processing residues (Sangveraphunsiri, 2008). Analytically defining the brilliance and material dispersion of a given cut means measuring the quality, i.e. the efficiency, of the cut performed to improve the intrinsic optical performance and weight retention, from which the degree of preciousness of the faceted or re-faceted gemstone is derived.

sotto/below: Esempio di zaffiro nella versione originaria (in alto a sinistra) di 3,41 carati e ritagliato (in basso a sinistra) di 1,73 carati (Credits: Justin K. Prim, 2024). Esempi di diamanti lab-grown (in alto a destra) e loro uso nella "Galaxy Collection" di Swarovski (in basso a destra) (Source:

www.swarovski.com) / Sapphire specimen in the original version (top left) of 3.41 carats and cut (bottom left) of 1.73 carats (Credits: Justin K. Prim, 2024). Specimens of lab-grown diamonds (top right) and their use in Swarovski's 'Galaxy Collection' (bottom right) (Source: www.swarovski.com)

4. Conclusions

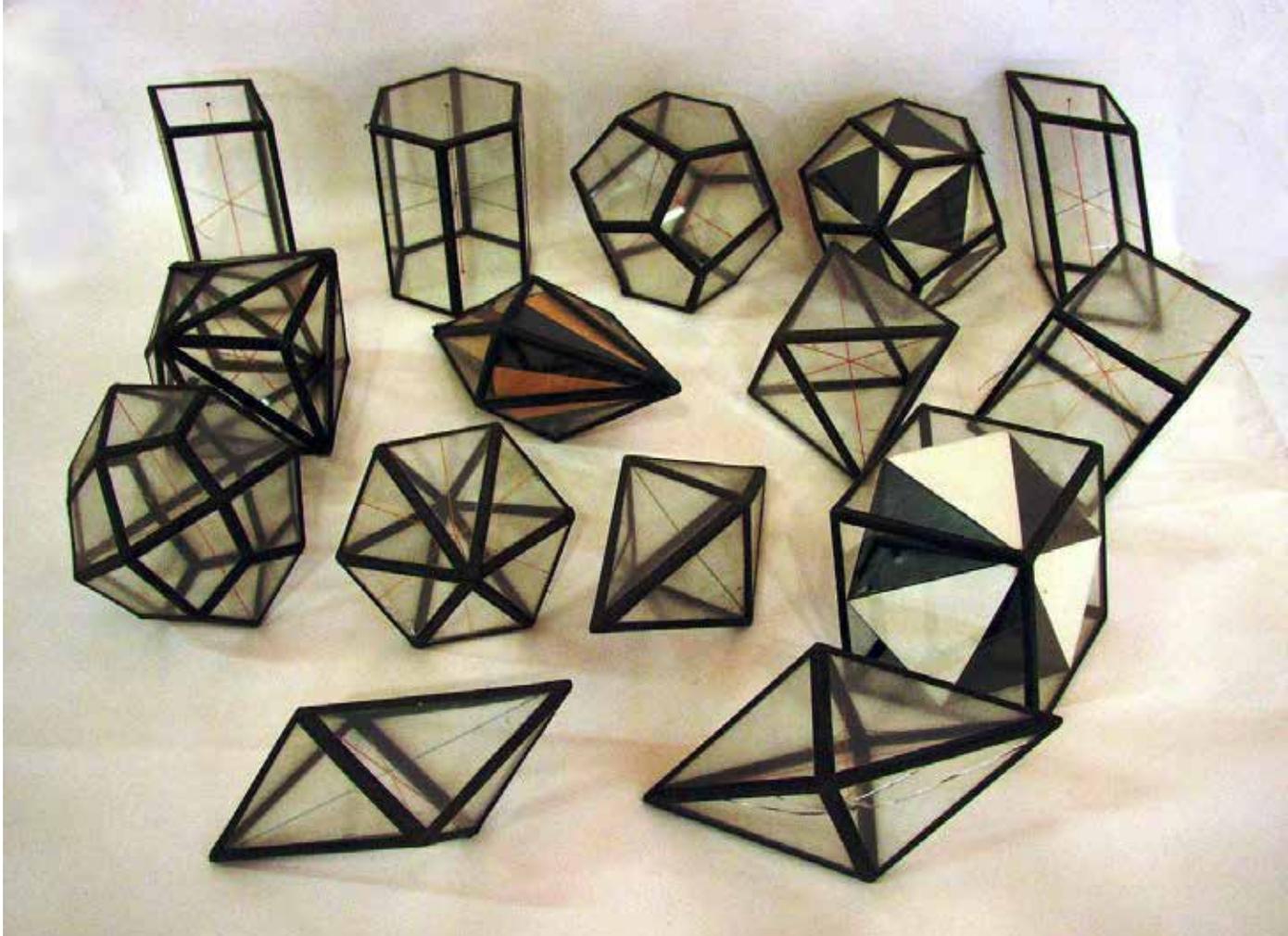
The briefly described reflections on gemstone design open new paths of thematic investigation, already identified and planned with specific reference to cutting synthetic gems and re-faceting natural ones with a view to the sustainable use of gems. By placing geometry at the centre of the experiments conducted and in progress, the research has taken on an interdisciplinary character, bringing together different fields of study, including figurative and plastic arts, empirical and scientific treatises, lapidary technique and technology, surveying and modelling of rough and cut gems, and jewellery design, enriching the thematic in-depth studies of the geological sector, such as mineralogy and crystallography, with which the discipline of design shares foundations, methods, techniques and tools. Starting from the results achieved on the morpho-geometric characterisation of crystals through the study of the sources and scientific literature on the subject, and premised on the geometric analogy of the extracted stones and those produced in the laboratory, the continuation of the research will make use of analogical and digital models that represent the underlying atomic structure in order to systematise the crystallographic forms and the underlying geometric relations. For the analysis of the analogue models, the research will use crystallographic forms produced up to and beyond the middle of the 20th century as plastic aids to support teaching in both schools and universities. These analogue models are part of museum collections held in European educational museums and constitute a significant heritage aimed at preserving the memory of teaching methods and materials of educational culture. In Europe, the first manufacturer can be traced back to the Krantz company, which was named after the mineralogist of the same name (Krantz, 1895). In Italy, on the other hand, the historical publishing house Paravia (Turin) produced a great variety of laboratory instruments and teaching aids during the 20th century, including some specimens of crystallographic glass and wood forms (Paravia, 1917). It is precisely from the analysis of the collection of these models conserved in the Michelangelo Museum in Caserta that the research will begin, also extending the analysis to the digital models available in the open-access databases of the most recent geometric crystallography software, which become, in a positive sense of 'copy', the digital twin of the analogue crystallographic models.



fonti e della letteratura scientifica sul tema e premessa l'analogia geometrica delle pietre estratte e di quelle prodotte in laboratorio, il prosieguo della ricerca si avvrà per la sistematizzazione delle forme cristallografiche e delle sottese relazioni geometriche anche dell'ausilio di modelli analogici e digitali che ne rappresentano la struttura atomica sottesa. Per l'analisi dei modelli analogici la ricerca si è avvrà delle forme cristallografiche realizzate fino ad oltre metà '900 quali sussidi plastici a supporto della didattica tanto nella Scuola quanto nell'Università. Tali modelli analogici sono parte di collezioni museali custodite nei Musei didattici europei e costituiscono un patrimonio significativo volto a conservare la memoria di metodi e materiali didattici della cultura dell'istruzione. In Europa il primo produttore è rintracciabile nella ditta Krantz che faceva riferimento all'omonimo mineralogista (Krantz, 1895). In Italia, invece, la storica casa editrice Paravia (Torino) nell'arco del Novecento ha prodotto una gran varietà di strumenti di laboratorio e di sussidi didattici, tra cui alcuni esemplari delle forme cristallografiche in vetro ed in legno (Paravia, 1917). Proprio a partire dall'analisi della collezione di questi modelli conservati nel Museo Michelangelo di Caserta prenderà avvio la ricerca anche estendendo l'analisi ai modelli digitali disponibili nei database open-access dei più recenti software di cristallografia geometrica che diventano, in una accezione positiva di "copia", il gemello digitale degli omologhi modelli cristallografici analogici.

Ringraziamenti/Acknowledgements

Questa ricerca sul disegno delle gemme preziose rientra in una più ampia attività di studio iniziata nell'ambito del Gruppo di Ricerca "Gemme e Gioielli: Storia e Design" [https://www.architettura.unicampania.it/images/ricerca/gruppi/Jacazzi_Gemme_e_Gioielli_HIDeG2_2021_ITA.pdf] attivo presso il Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale dell'Università della Campania al quale afferiscono gli autori, e proseguita sotto la collaborazione scientifica con il Museo Michelangelo di Caserta, membro dal 2009 del Sistema Museale di Terra di Lavoro. Tale collaborazione con il Museo è oggetto di un protocollo di intesa in corso di stipula, volto tra l'altro ad attività di ricerca relativamente alle collezioni materiali e immateriali conservate presso il Museo. / This research on the design of precious gems is part of a broader study activity that began within the Research Group 'Gems and Jewellery: History and Design' [https://www.architettura.unicampania.it/images/ricerca/gruppi/Jacazzi_Gemme_e_Gioielli_HIDeG2_2021_ITA.pdf] active at the Department of Architecture and Industrial Design of the University of Campania to which the authors belong, and continued as part of the scientific collaboration with the Michelangelo Museum in Caserta, a member since 2009 of the Sistema Museale di Terra di Lavoro. This collaboration with the Museum is the subject of a memorandum of understanding currently being finalised, aimed, among other things, at research activities related to the material and immaterial collections held at the Museum.



sopra/above: Modelli delle forme cristallografiche prodotte da Paravia. Museo Michelangelo Caserta, 2024 / *Models of the crystallographic forms produced by Paravia. Michelangelo Museum Caserta, 2024*

References

- Ali, S.H. (2017). The ecology of diamond sourcing: from mined to synthetic gems as a sustainable transition. *J Bioecon*, 19, 115-126. <https://doi.org/10.1007/s10818-016-9241-8>
- Argenziano, P., Avella, A. & Pisacane, N. (2022). Il disegno delle gemme sfaccettate. *Fonti iconografiche e trattatistica, analisi geometrica, rilevamento, modellazione parametrica/Faceted gemstones drawing. Iconographic and treatise sources, geometric analysis, survey, parametric modelling.* In C. Battini & E. Bistagnino (Eds). *Dialoghi. Visioni e visualità. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers* (pp. 2036-2057). FrancoAngeli.
- Guglielmini, D. (1705). *De salibus dissertatio epistolaris physico-medico-mechanica.* Venetiis: apud Aloysium Pavinum.
- Haüy, R. J. (1784). *Essai d'une théorie sur la structure des cristaux, appliquée à plusieurs genres de substances cristallisées.* Paris.
- Haüy, R. J. (1801). *Traité de Minéralogie.* Chez Louis Libraire. Paris.
- Krantz, F. (1895). *Rheinisches Mineralien-Contor.* Verlag Mineralogischer und Geologischer Lehrmittel in Bonn A.Rh
- Lord, R., Jackson, J., Tarin Robles, M., Gautham, P., March, R., McNeil, D., Tsang, B. & Nayak, C. (2019). *The Socioeconomic and Environmental Impact of Large-Scale Diamond Mining. A report by Trucost for the Diamond Producers Association.* Trucost. https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/documents/the-socioeconomic-and-environmental-impact-of-large-scale-diamond-mining_dpa_02-may-2019.pdf.
- Mottana, A., Crespi, R., Liborio, G. (1977). *Minerali e rocce.* Milano: Mondadori Editore.
- Oluleye, G. (2021). *Environmental Impacts of Mined Diamond.* Centre for Environmental Policy. Imperial College London. <https://www.imperial-consultants.co.uk/wp-content/uploads/2021/02/Final-report-Environmental-Impacts-of-Mined-Diamonds.pdf>.
- Paravia G. B. (1917). *Materiali e sussidi didattici per l'insegnamento della storia naturale e dell'agricoltura, pubblicazione trimestrale* n. 151.
- Pisacane, N., Argenziano, P. & Avella, A. (2023). *Gems Geometry: From Raw Structure to Precious Stone.* In L.-Y. Cheng (Ed). *ICGG 2022. Proceedings of the 20th International Conference on Geometry and Graphics* (pp. 497-508). Springer.
- Pisacane, N., Argenziano, P. & Avella, A. (2023). *Modellazione parametrica delle gemme dall'Encyclopedie. Analisi geometrica e criticità morfologiche./Parametric Modeling of Gemstone from the Encyclopedie. Geometric Analysis and Morphological Problems.* In M. Cannella, A. Garozzo & S. Morena (Eds). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers* (pp. 1874-1895). FrancoAngeli.
- Sangveraphunsiri V., Kankriangkrai S. & Prachya P. (2008). *Development of a 3-D Solid Modeling System Based on the Parasolid Kernel for Gem Stones Faceting.* In *The 22nd Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand.* Pathum Thani (Thailandia), 15-17 ottobre 2008.
- Sansoni, F. (1892). *Cristallografia geometrica, fisica e chimica applicata ai minerali.* Hoepli.
- Steensen, N. (1669). *Nicolai Stenonis de Solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus.* Florentiae: ex typographia sub signo Stellae.