

GENESI GEOMETRICA DELLA SCALA DI MOMO AI MUSEI VATICANI

Francesco Di Paola^{1,2}, Pietro Pedone³

¹ Euro Mediterranean Institute of Science and Technology (IEMEST), Palermo, Italy,

² Department of Architecture, (DARCH) - University of Palermo, 90128 Palermo, Italy,

³ Politecnico di Milano, Building-Architectural Engineering, EDA, Italy.

CORRESPONDENCE:

Francesco Di Paola

e-mail: francescodipaola@iemest.eu

RECEIVED: SEPTEMBER 30TH, 2016

REVISED: OCTOBER 24TH, 2016

ACCEPTED: OCTOBER 30TH, 2016

ABSTRACT

This study is part of a more extensive research that aims to examine in depth the geometrical-spatial origin of skew curves belonging to conical surfaces of revolution: conical spiral and conical helix. The study begins with an investigation concerning the geometrical tracing, and the spatial origin of both the skew curves and the ruled surfaces they generate, carrying out a comparison of the different formal characteristics through a number of algorithms that control the reference properties, written within the renown *Rhinoceros* plug-in, *Grasshopper*. Then follows an in-depth analysis of an admirable example of architecture dating back to the first thirty years of the past century and made by the Architect Engineer Giuseppe Momo: the double-ramp helicoidal stair, located at the entrance of the Vatican Museums in Rome (1929-1932). According to project designs found in literature, and through innovative graphical analyses, the geometrical-formal system of the work object of study is here illustrated. The study deepens the geometric-spatial genesis of a wonderful example of conical helical staircase at the entrance of the Vatican Museums. The Momo architect determines genial technical solutions, ensuring the security and comfort along the staircase and emphasizing at the same time the development of the spiral slab.

INTRODUZIONE

Lo studio è inserito in una ricerca più ampia che approfondisce la genesi geometrico-spaziale di particolari curve gobbe appartenenti a superfici coniche di rivoluzione: la spirale conica e l'elica conica.

Tra tutte le linee sgembe, la spirale conica e l'elica conica ricoprono un ruolo fondamentale fin dall'antichità per l'affascinante carica simbolico-espressiva, per le notevoli peculiarità geometrico-spaziali e per le numerose applicazioni teoriche e matematiche.

La generazione di superfici con direttrici elicoidali coniche richiama in natura le primordiali morfologie delle strutture dei vertebrati, delle configurazioni dei microrganismi o delle cellule. In architettura, dall'antichità fino all'epoca contemporanea, l'impiego di questi due luoghi geometrici è frequentemente applicato con diverse soluzioni tipologico-funzionali. Volendo tracciare un breve excursus storico-iconografico, si riportano alcuni esempi più significativi [1]. L'andamento elicoidale conico ci riconduce alla nota iconografia della "Torre di Babele", l'emblema della follia umana, o, in antitesi, della "Torre della Filosofia" rappresentata dalla montagna sacra circumnavigata da un percorso in salita che la involuppa.

Nella cultura islamica la forma della *Malawiyya* (spirale) è ben inserita nella tradizione locale babilonese della costruzione degli *ziqqurrat*, una torre spiraliforme su base quadrata. La particolare forma della struttura acquista un forte valore simbolico nella regolare ascesa verso l'infinito, partendo dalla finitezza della forma quadrata [2]. Un mirabile esempio è il minareto della Grande

Moschea di al-Mutawakkil (848-852) a Samarra, Iraq (fig. 1).

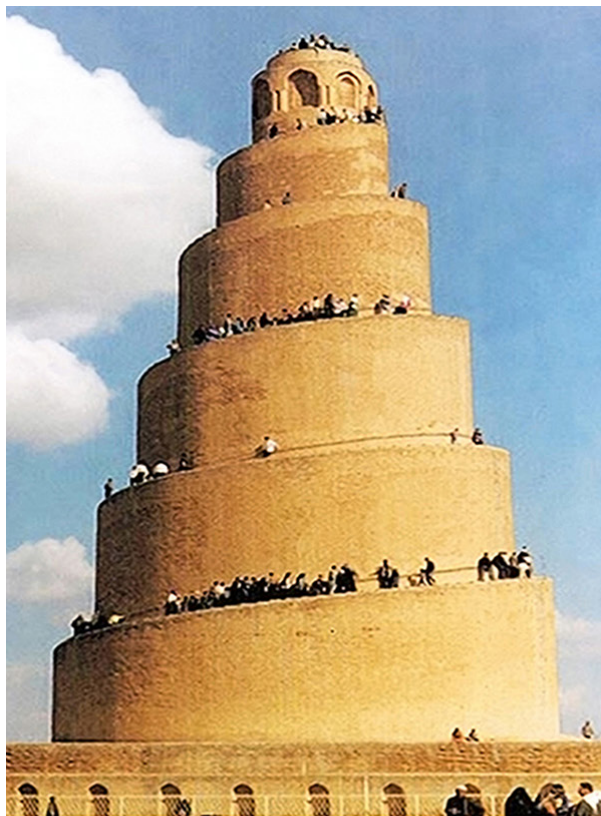


Fig. 1 (In alto) Grande Moschea di al-Mutawakkil, Samarra, Bagdad (Iraq). (In basso) Hendrick Van Cleve, *Torre di Babele*, trasposizione fantasiosa della ziqqurat di Babilonia.

Nel simbolismo massonico l'immagine della gradinata spiraliforme, descritta come la "scala del cielo", o le numerose illustrazioni storiche del Faro di Alessandria esprimono l'itinerario di conoscenza umana verso la Sapienza divina; in cui si conosce il punto di partenza ma resta ignoto il punto di arrivo [3].

Esempi particolari ed originali di impiego di direttrici sghembe coniche si ritrovano nella realizzazione di collinette artificiali percorse da rampe elicoidali, definite con il termine *limaçon* o *colimaçon*. Negli archivi della Biblioteca Nazionale di Parigi è conservato un mirabile disegno dell'architetto francese Léon Dufourny (1754-1818) che rappresenta una montagna artificiale spiraliforme, progettata ma mai realizzata per l'impianto dell'Orto Botanico di Palermo. Con la



Fig. 2 Charles Jencks, Andreas Kipar (Land srl), Nuovo parco urbano dell'area Nuovo Portello, Milano (Italia), 2011. Particolari della collina artificiale Helix con rampa spiraliforme.

stessa tipologia funzionale, è possibile ammirare le collinette nei parchi pubblici di Coutances, d'Alençon, nel parco ottocentesco dello "Chateau de Montreuil-sur-Lozon" (Manche, Basse-Normandie) o nelle più recenti opere realizzate dall'architetto statunitense di paesaggi Charles Jencks (figg. 2-3).¹



Fig. 3 Philip Johnson, Thanks-Giving Square Park, Chapel and Museum, Dallas, Texas (USA), 1976. In alto, una vista dell'esterno della struttura; superficie cilindrica a direttrice elicoidale conica. In basso, una vista dall'interno; lucernaio ad andamento elicoidale conico.

Architetture contemporanee ripropongono frequentemente singolari composizioni volumetriche che ricorrono all'uso di elicoidi conici; tra i tanti esempi significativi reperiti, si citano per originalità: la "Chapel of Thanks-Giving" nel centro di Dallas, Texas (USA) e la

guglia della grande chiesa barocca Vor Frelsers Kirke a Copenhagen in Danimarca. Lo studio prosegue con un approfondimento sulla scala dei Musei Vaticani. La particolare forma geometrica che caratterizza il collegamento verticale è stata concepita per gestire grandi flussi di pellegrini in uno spazio architettonico pubblico contenuto, garantendo una adeguata visibilità e luminosità all'ambiente. La scala, rispondendo ai requisiti degli standard di sicurezza del tempo, rappresenta un significativo ed efficace connubio tra tecnica costruttiva e forma geometrica.

METODOLOGIA

In una prima fase, il contributo indaga sul tracciamento geometrico e sulla genesi spaziale delle due curve gobbe, mettendone a confronto le differenti caratteristiche formali attraverso l'impiego di algoritmi che ne controllino le proprietà notevoli, scritti all'interno del noto plug-in del software *Rhinoceros*, *Grasshopper*. Si descrivono le notevoli proprietà spaziali delle due curve che contribuiscono a garantire indubbi vantaggi nella realizzazione di una struttura ingegneristica che presenta superfici con moto elicoidale conico (rampe, scale, passerelle, coperture di edifici, lucernari, profili di cornici, etc.).

Segue un approfondimento di un mirabile esempio di architettura del primo trentennio del secolo scorso ad opera dell'architetto ingegnere italiano Giuseppe Momo: la scala a doppia rampa elicoidale all'ingresso dei Musei Vaticani a Roma (1929-1932).

L'originale e sapiente realizzazione delle superfici elicoidali coniche, che concorrono ad una configurazione a forma di tronco di cono rovesciato, e le soluzioni tecnologiche impiegate, innovative per l'epoca di costruzione, rendono quest'opera unica nel suo genere.

Sulla base di disegni di progetto, reperiti in letteratura, e, attraverso inedite analisi grafiche, si descrive il sistema geometrico-formale dell'opera in esame, osservandone criticamente le soluzioni geometrico-costruttive adottate.

L'ELICA CONICA E LA SPIRALE CONICA

La costruzione geometrica delle due curve gobbe può essere realizzata proiettando sulla superficie di un cono rotondo di rivoluzione, secondo la direzione parallela all'asse di rivoluzione, le note curve piane della spirale logaritmica o della spirale di Archimede, ottenendo rispettivamente

l'elica conica o la spirale conica (figg. 4-5-6).

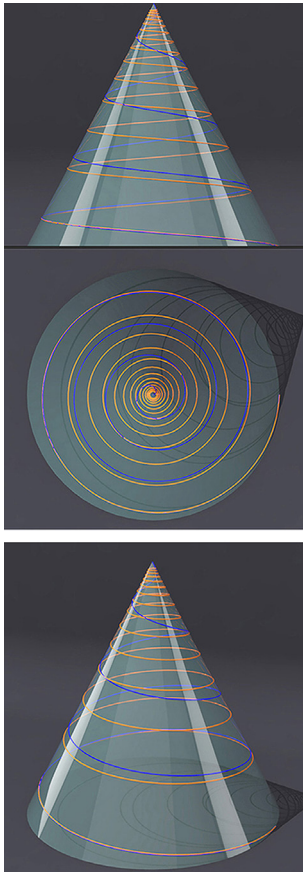


Fig. 4 Confronti geometrico-spaziali tra le due curve sghembe: l'elica conica e la spirale conica. Rappresentazioni in proiezioni ortogonali (in alto) e prospettiche (in basso).

L'elica conica, generata dalla proiezione di una spirale logaritmica sul cono, è detta anche *lossodromia*, poiché essa mantiene costante lungo tutto il suo sviluppo l'angolo della tangente con la generatrice del cono. La distanza tra le spire risulta essere variabile con continuità; la rototraslazione di un profilo lungo questa curva vedrebbe la necessità già dopo un passo di variarne le dimensioni. Ciò dal punto di vista della realizzazione di una scala o una rampa porterebbe ad una riduzione della larghezza e dell'altezza del passaggio, estremamente accentuata in prossimità del vertice del cono, che non viene mai raggiunto dalla curva. Questa risulta comunque essere la traiettoria preferita dai fenomeni naturali di accrescimento, come ad esempio la formazione di conchiglie.

L'andamento spaziale della spirale conica è differente: questa curva può anche essere descritta dalla traiettoria di un punto che si muove di moto uniforme lungo una retta generatrice che ruota intorno all'asse di un cono rotondo [4-5]. La curva, generata dalla proiezione di una spirale archimedeana sul cono, presenta sicuramente il vantaggio di una facile tracciabilità spaziale,

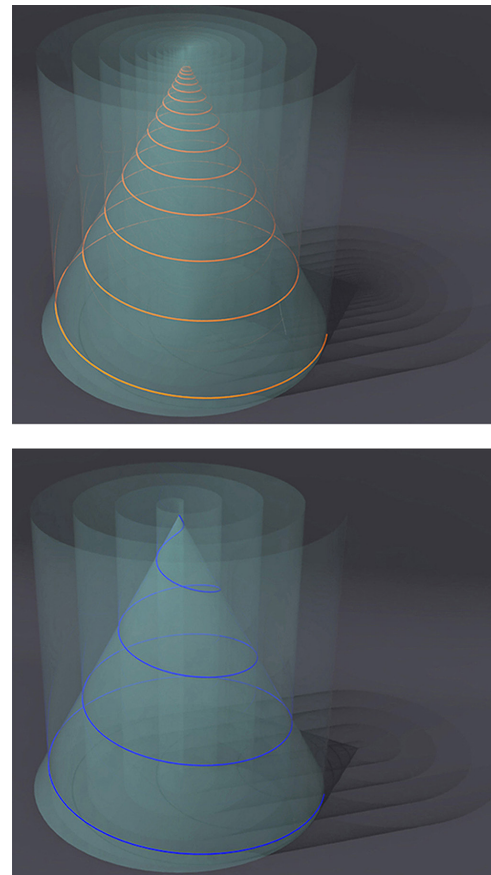


Fig. 5 Costruzione geometrica delle due curve gobbe: elica conica (arancione, in alto); spirale conica (blu, in basso).

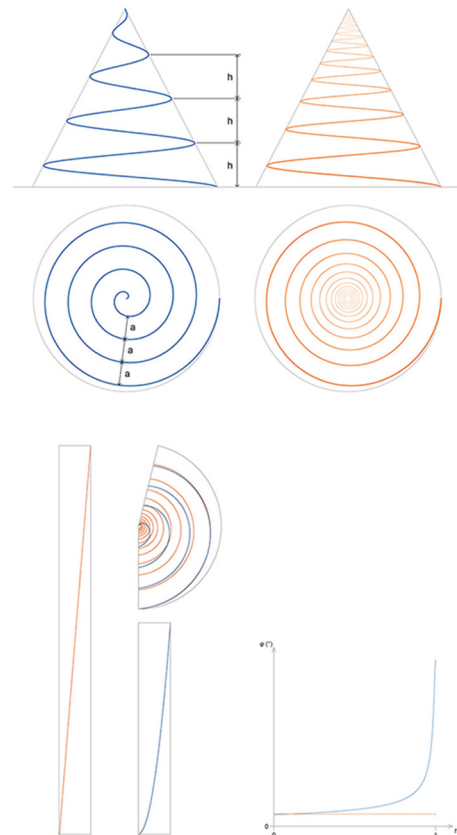


Fig. 6 Confronti geometrico-spaziali tra le due curve sghembe: l'elica conica e la spirale conica. In alto, distanza delle spire in proiezioni ortogonali. In basso a sinistra, sviluppo delle curve sul piano a partire dalla superficie cilindrica e dalla superficie conica. Notare come lo sviluppo dell'elica (arancione) sia una retta, mentre quello della spirale (blu) sia una curva. In basso a destra, grafico delle pendenze delle due curve.

nonché una distanza costante delle spire tra di loro sia in pianta che in alzato, tranne che in prossimità del vertice: queste caratteristiche permettono la rototraslazione di un profilo lungo di essa, con la possibilità di mantenerne le dimensioni inalterate, almeno fino a quando queste risultino essere confrontabili con la distanza della curva dall'asse del cono, ovvero avvicinandosi al vertice.

GENESI GEOMETRICA DELLA SCALA

Giuseppe Momo nacque a Vercelli il 7 dicembre 1875 e morì a Torino il 9 maggio 1940. In circa quaranta anni di attività professionale iniziata nei primi anni del Novecento, Giuseppe Momo progettò quasi duecento edifici di diversa tipologia soprattutto a Torino e a Roma.

L'architetto realizzò numerosi edifici per congregazioni religiose, conventi e seminari in tutta Italia. Contribuì attivamente alla costruzione a Roma della Città del Vaticano, durante il pontificato di Papa Pio XI, progettando opere che rispondessero alla volontà del Papa di conciliare tradizione, arte e architettura: fu nominato "Architetto della Reverenda Fabbrica di San Pietro" e negli anni Trenta realizzò il nuovo ingresso ai Musei Vaticani, costruendo la doppia rampa elicoidale, oggetto di studio (figg. 7-8-9).

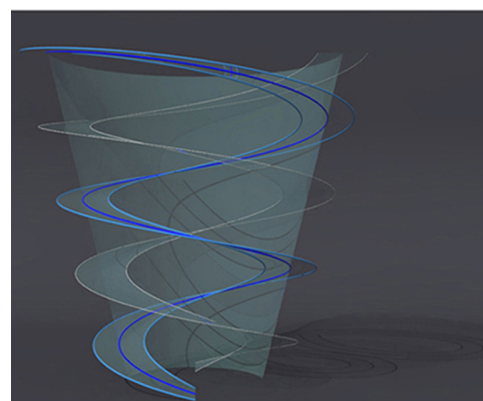
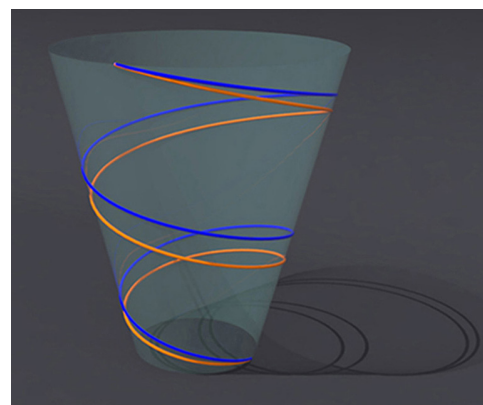


Fig. 9 (in alto) Confronto tra spirale conica ed elica conica come curve di mezzo nel caso della scala dei Musei Vaticani di Momo. (in basso) Rappresentazione delle superfici spiraliformi costituenti le rampe con evidenziata la posizione della spirale di mezzo.



Fig. 7 Ingresso ai Musei Vaticani, Città del Vaticano, 1929-1932. Vista dall'alto della doppia rampa a profilo spiraliforme conico.

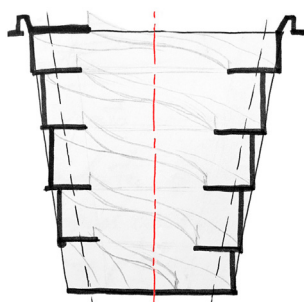


Fig. 8 Schema distributivo della sezione lungo l'asse della struttura troncoconica.

La soluzione di realizzare nel terrapieno del bastione delle mura cinquecentesche un pozzo a doppia rampa fu proprio di Papa Pio XI. Quest'ultimo suggerì all'architetto una serie di varianti in fase progettuale per garantire all'opera un carattere di monumentalità. L'impianto definitivo elaborato si rivelò moderno e funzionale per quell'epoca (fig. 10).

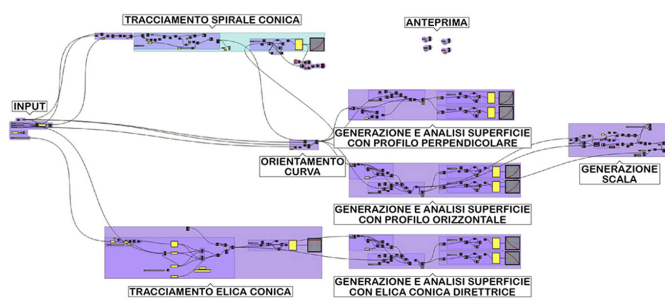


Fig. 10 Schema di funzionamento dell'algoritmo Grasshopper scritto per la generazione del modello della scala a doppia rampa spiraliforme.

Per la realizzazione in scala 1:1 dell'andamento spiraliforme della soletta della rampa (controllo del diametro e dell'andamento del profilo spiraliforme), l'architetto progetta e realizza appositamente una struttura cantieristica di grandi dimensioni composta da un braccio

rotante a lunghezza variabile, denominato "compasso tracciatore".

Autorevoli studiosi e storici dell'Arte (Vincent Scully, Manfredo Tafuri, Francesco Borsi) definiscono questa realizzazione come una importante anticipazione del museo "Guggenheim" a New York di Frank Lloyd Wright, realizzato vent'anni più tardi.

La scala è realizzata in calcestruzzo armato ed è contenuta in un vano ad andamento troncoconico il cui vertice si trova ad una quota inferiore a quella del gradino d'invito.

L'analisi delle proprietà geometriche delle due curve che si sviluppano lungo una superficie conica, precedentemente trattate, ha portato a diverse considerazioni riguardanti i pro e i contro del loro impiego nella realizzazione della scala.

Il confronto con i disegni di progetto ha visto la corrispondenza in pianta della curva di gola della rampa con una spirale archimedeica, confermando che la scelta operata da Momo è stata quella dell'impiego della spirale conica: effettivamente in questo modo è stato possibile realizzare la geometria della scala mediante un profilo le cui dimensioni sono rimaste costanti per tutto lo sviluppo [6].

L'intradosso continuo è costituito da una superficie rigata spiraliforme, non sviluppabile e trascendente², che ha come direttrici due spirali coniche e come generatrice un segmento complanare all'asse e ad esso perpendicolare: si tratta di una superficie distinta dall'elicoide conico, che invece ha come direttrici due eliche coniche (fig. 11).

Lo stato della letteratura in effetti registra per la superficie in oggetto una attenzione pressoché nulla, tanto che, in base alle ricerche condotte, essa non ha nemmeno una denominazione precisa e viene quindi qui indicata genericamente come "superficie spiraliforme".

La sua realizzazione della ha visto l'impiego di *Grasshopper*, plug-in di modellazione parametrica in ambiente *Rhinoceros*. Partendo dal cono di base, l'algoritmo richiede in input il raggio superiore ed inferiore del tronco di cono contenente la spirale di mezzo della rampa, nonché la differenza di quota tra il primo e l'ultimo gradino; successivamente vengono richiesti altri valori, tra i quali si ha in particolare il numero di spire, che modifica l'aspetto delle curve, e il numero di punti da utilizzare nella costruzione delle curve, in quanto queste

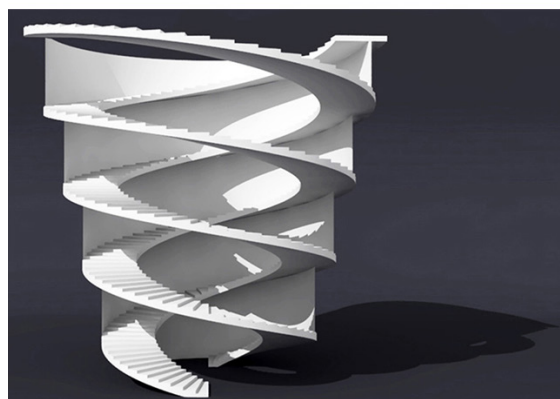
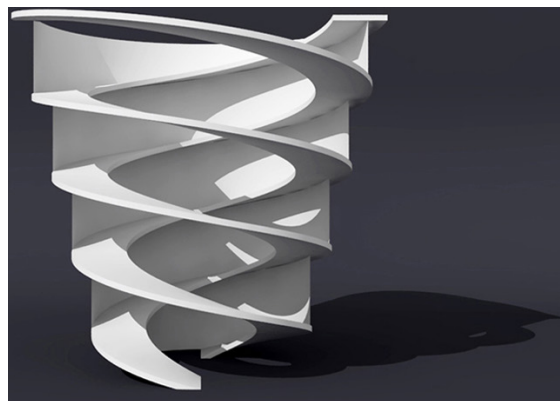


Fig. 11 Rappresentazione prospettica dei due modelli che ipotizzano due soluzioni alternative alla struttura realizzata dall'architetto Momo. In alto, la soluzione con rampa spiraliforme; in basso, la soluzione con gradini.

vengono tracciate in maniera discreta mediante interpolazione di punti.

Per il confronto si è proceduto al tracciamento sia della spirale che dell'elica conica sulla struttura troncoconica che schematizza il vano della scala, facendone coincidere punto di inizio e di fine: è stato così possibile apprezzare il differente andamento delle due curve sullo stesso tratto.

CONCLUSIONI

Una caratteristica sfavorevole nel caso dell'impiego della spirale conica e della superficie da essa generata nella realizzazione della scala in oggetto è costituita dall'inclinazione della curva, definita come l'angolo formato tra la tangente alla curva in un punto ed un piano orizzontale di riferimento, che non rimane costante lungo lo sviluppo della curva stessa.

Al fine di determinare come fosse possibile affrontare tale problematica, l'indagine ha visto la realizzazione di due modelli concettuali alternativi alla soluzione adottata nella scala dei Musei Vaticani: da una parte, l'impiego di una superficie estradosale continua, della stessa natura di quella intradosale, e, dall'altra parte, una divisione in gradini e cordone orizzontali aventi tutti la stessa alzata (fig. 13).

Entrambe le soluzioni, sebbene risultino essere corrette da un punto di vista geometrico-formale, in quanto rispettano le caratteristiche spaziali dell'architettura in oggetto, presentano problematiche legate soprattutto alla fruibilità e all'ergonomia, nonché altre che sorgerebbero da un eventuale confronto con la normativa vigente. La soluzione della rampa vede come problema principale l'inclinazione della stessa, che all'inizio risulta essere troppo elevata per renderla agilmente percorribile, sebbene si riduca successivamente, rendendola più agevole; l'impegno di gradini con alzata costante vede invece, prima di tutto, una variazione continua del rapporto alzata/pedata, essendo questa strettamente collegata all'inclinazione della rampa: questo porta ad avere, ad alzata costante, una pedata continuamente variabile, condizione non ideale dal punto di vista ergonomico, in quanto costringe ad assumere un ritmo irregolare di percorrenza delle rampe.

In entrambi i casi qui illustrati, sorge un problema relativo all'estrema difficoltà che caratterizzerebbe l'aggiunta, a intervalli regolari, di un pianerottolo di sosta: la sua presenza, prescritta dalla normativa italiana in materia, sia nel caso della rampa che dei gradini, costituirebbe l'introduzione di una discontinuità nell'andamento della superficie, che complicherebbe enormemente la realizzazione della scala o della rampa in oggetto.

La soluzione adottata da Momo rappresenta una delle possibili mediazioni tra i due casi descritti: tramite l'impiego successivo di gradini e cordone tutti diversi tra loro, permette di avere delle superfici sufficientemente ampie per permettere il riposo dei pellegrini, mantenendo comunque l'impostazione geometrica di base della scala nella sua globalità. La scala costituisce un esempio di sapiente progettazione di

spazi pubblici affollati, rispondente a requisiti ergonomici e antropometrici. L'architetto riesce a coniugare la forte connotazione geometrico-spaziale della spirale tronco conica con imprescindibili requisiti normativi e costruttivi (luminosità, accessibilità a ingenti flussi di pellegrini, usabilità, sicurezza e confort in salita e in discesa, inclinazione della rampa, rapporto costante tra pedata e alzato, etc.), determinando ardite, inedite e funzionali soluzioni tecniche.

REFERENZE

1. Corazzol S. (2008). *La spirale nel piano e nello spazio, viaggio tra architettura e matematica*.
2. Fagiolo M. (2006). *Architettura & Massoneria, l'esoterismo della costruzione*, Gangemi Editore, Roma.
3. Mozzatti L. (2002). *Islam*. Electa, Venezia, p. 59.
4. Migliari R. (2013). *Geometria descrittiva*. Vol. II - "Tecniche e applicazioni", CittàStudi Edizioni, Roma, pp. 129, 238-239.
5. Giordano A. (1999). *Cupole volte e altre superfici. La genesi e la forma*. UTET Torino.
6. Montanari G. (2000). *Giuseppe Momo ingegnere-architetto. La ricerca di una nuova tradizione tra Torino e Roma*, Celid, Torino.

NOTE

¹ Simili montagnole artificiali furono realizzate anche nei secoli precedenti soprattutto per la coltivazione di piante medicinali. Un esempio si trova nel testo di Olivier de Serres (1539 -1619), considerato il padre dell'agricoltura francese: *Théâtre d'agriculture et mesnage des champs*, edito nel 1600.

² La superficie si definisce trascendente poichè, se si considera indefinitamente estesa, è possibile determinare una retta che la incontri in infiniti punti.