

POLITECNICO DI TORINO

Corso di laurea Magistrale in Architettura per il
Restauro e la Valorizzazione del Patrimonio

Tesi di laurea Magistrale

Settembre 2018



**Studio di piattaforme GIS, attraverso un corpus
di documenti di rilievo della Parigi Ottocentesca.**

Relatori:

Fulvio Rinaudo

Rosa Tamborrino

Candidato:

Fabrizio Fina

INDICE

1 Introduzione allo studio

1.1 Obiettivo dello studio

1.2 Programmi GIS utilizzati

1.3 Limiti e difficoltà dell'approccio utilizzato

2 I dati inseriti per le indagini GIS

2.1 Ambito dell'indagine: Parigi a metà del XIX secolo nelle lavorazioni urbane

2.1.1 Isolati e edifici analizzati nel caso studio nei rilievi di Davioud

2.2 Cartografia della città di Parigi utilizzata per l'indagine GIS

2.3 L'architetto Gabriel Davioud: i suoi rilievi e il suo ruolo all'interno del piano Hausmann

2.3.1 I rilievi di Davioud utilizzati nell'indagine GIS

2.3.2 Attributi inseriti nelle analisi effettuate

3 Digital humanities tramite indagini GIS

3.1 L'informazione spaziale in una ricerca storica

3.2 Relazioni: un'analisi sull'impatto di tecnologie GIS nelle scienze umane

4 Tecniche GIS

4.1 Analisi dei programmi GIS: primi utilizzi nel campo della ricerca

4.2 Definizioni dei GIS

4.3 La struttura di un GIS

4.3.1 I dati geometrici all'interno di un GIS

4.3.2 I dati alfanumerici all'interno di un GIS

5 Basi di dati nell'indagine GIS

5.1 GIS definiti sul concetto di database

5.2 Generalità sui database

5.3 Tipologie di database: strutturare i dati in una indagine GIS

5.4 Impostare le informazioni di una ricerca nei linguaggi di un database

6 Programmi GIS

6.1 Programmi GIS open source e le piattaforme commerciali: panorama complessivo nel mercato attuale

6.1.1 GIS open source

6.1.2 GIS tramite licenza

6.2 Innovazione nella gestione di dati in un GIS: il programma Arches

7 L'indagine GIS sul caso studio, i disegni di Davioud

7.1 Criteri di restituzione spaziale delle carte di Parigi di base per le ricerche GIS

7.1.1 La georeferenziazione delle carte geografiche rappresentanti la Parigi ottocentesca

7.2 Le indagini GIS dei rilievi di Davioud: criteri di restituzione dei disegni tramite dati vettoriali

7.2.1 Dati vettoriali per l'indagine di un isolato tramite il programma CityEngine

8 Relazione GIS con programmi esterni

8.1 Il database su Microsoft Access

8.2 L'operazione di Join tra tabelle esterne di dati sulle vie parigine coinvolte nell'indagine GIS

8.3 Access – QGIS

8.4 Access – ArcGIS

8.5 Considerazioni conclusive

9 GIS e modelli tridimensionali

9.1 Edifici oggetto di rilievo di Davioud descritti tramite dato vettoriale

9.2 Volumetrie dei rilievi di Davioud tramite QGIS

9.3 Volumetrie dei rilievi di Davioud tramite ArcGIS

9.3.1 L'utilizzo di ArcScene

9.3.2 Le estrusioni dei rilievi su ArcScene

9.3.3 Importare modelli tridimensionali su ArcScene

9.4 I cambiamenti rispetto alla città attuale: l' indagine GIS nella Parigi di oggi.

9.5 Considerazioni conclusive

10 L'utilizzo di CityEngine applicato all' indagine GIS

10.1 Metodologie di elaborazione del programma

10.2 Il caso studio: realizzazione di un progetto Cityengine sui rilievi di Davioud di un isolato

10.3 Analisi dell'isolato tramite dati completi

10.4 Analisi dell'isolato tramite dati parziali

10.5 Analisi dell'isolato tramite informazioni minime

10.6 Confronto dei risultati in base ai dati inseriti

Conclusioni

Bibliografia

Sitografia

1 Introduzione allo studio

1.1 Obiettivo dello studio

Il presente elaborato ha l'intenzione di illustrare l'apporto che le piattaforme GIS (Geographic Information System) possono offrire in alcuni ambiti legati allo studio del patrimonio culturale. In particolar modo si analizzano alcune procedure di operabilità per un progetto finalizzato alla gestione dei dati inerenti alle trasformazioni di centri urbani.

Questi programmi mettono in relazione informazioni spaziali (localizzazioni), basandosi sulla cartografia e sulle mappe digitali contemporanee, a dati tematici di diversa natura.

Lo scopo dello studio è quello di confrontare le prestazioni oggi offerte dalle piattaforme commerciali e dalle piattaforme Open Source mettendo in evidenza analogie e differenze. Sono stati utilizzati due programmi, conosciuti durante il percorso di studi, che si sono affermati nel corso degli anni e che hanno un'ampia diffusione, in più nazioni.

Per l'esecuzione dei test comparativi volti a valutare le prestazioni delle piattaforme GIS considerate si sono utilizzati una serie di dati omogenei.

L'analisi nel dettaglio dei dati, che sono descritte nei capitoli della tesi seguenti, sono riferiti alla città di Parigi nel periodo storico della metà del Diciannovesimo secolo, in cui la capitale è stata interessata da sostanziali cambiamenti dal punto di vista della pianificazione urbana. In particolare i dati si riferiscono ad una serie di edifici, oggetto di rilievo dell'architetto Gabriel Davioud (1824 – 1881), precedenti alle demolizioni del piano Haussmann.

L'elaborazione può essere sinteticamente suddivisa in tre macro fasi:

- Studio storico della città di Parigi interessata dalle lavorazioni del Piano Haussmann, analisi cartografica della prima metà dell'Ottocento di Parigi e ricerca delle informazioni spaziali.

- Analisi delle informazioni tematiche e creazione di un database. Caricamento delle informazioni su programma GIS tramite attributi. Relazione tra tabelle esterne e tabelle direttamente generate dal programma.
- La gestione degli oggetti tridimensionali sui programmi GIS, operazioni possibili, meccanismi e procedure da effettuare, risultati e livello di dettaglio che è possibile ottenere sui programmi utilizzati.

La spiegazione del progetto verrà esposta nei successivi capitoli.

Come verrà dettagliatamente dimostrato in seguito, la serie di prove eseguite consente di affermare che oggi le piattaforme Open Source offrono le stesse potenzialità delle piattaforme commerciali dimostrando alcune differenze, favorevoli alle piattaforme commerciali, nella gestione di modelli 3D.

1.2 Programmi GIS utilizzati

Come anticipato, la tesi è basata principalmente sull'uso delle piattaforme GIS. Ad esse si affiancano programmi di basi di dati e di progettazione, in quanto parte del progetto è basato sulle possibili combinazioni e collegamenti di questi software.

Le piattaforme GIS utilizzate sono:

- **Quantum GIS**. Versione 2.18.13.



Figura 1 – logo QGIS

Programma open source, e quindi scaricabile direttamente da internet, senza necessità di licenza. Il programma è mantenuto da un gruppo di sviluppatori volontari, che pubblicano una nuova versione ogni quattro mesi circa.

È attivo sul mercato da luglio 2002.

Altre informazioni sono descritte nel capitolo 6, paragrafo 6.1.1.

- **ArcGIS**. Versione 10.5.1.



Figura 2 - logo ArcGIS

Programma della ESRI, società privata fondata nel 1969 a Redlands (USA), da Jack e Laura Dangermond. Necessita di licenza.

Altre informazioni sono descritte nel capitolo 6, paragrafo 6.1.2.

1.3 Limiti e difficoltà dell'approccio utilizzato

L'approccio di studio utilizzato presenta dei limiti, riscontrati sia in fase di elaborazione dei dati, sia in fase di operabilità dei programmi.

Le difficoltà individuate sono:

- Difficoltà nel trovare corrispondenza di tutti i disegni di Davioud con le carte utilizzate come supporto, in particolare con il '*Cadastre par îlots de Vasserot et Bellanger*', e l' '*Atlas général de la ville, des faubourgs et des monuments de Paris*', di T. Jacoubet.
- Riscontri negativi per quanto riguarda la georeferenziazione di volumetrie 3D di isolati con medio - alto livello di dettaglio correttamente importate su ArcScene, probabilmente dovuto a discordanze tra i diversi programmi nel leggere le coordinate tra oggetti in due dimensioni e oggetti tridimensionali.

2 I dati inseriti per le indagini GIS

Come anticipato, per l'esecuzione dei confronti delle prestazioni delle due piattaforme GIS si è utilizzata una serie di dati unica.

Il tema è stato scelto in relazione al programma di studio del corso di GIS e Modellazione e Digital History, svolto nell'anno accademico 2017/2018, durante il secondo anno di Laurea Magistrale di Architettura per il Restauro e Valorizzazione del patrimonio del Politecnico di Torino.

Tutto il materiale è stato cercato e successivamente fornito dai docenti del corso: la professoressa Tamborrino Rosa Rita Maria, insegnante di Storia della città e Digital urban history; (01QNCPV).

Il professore Rinaudo Fulvio, insegnante di GIS per i beni culturali; (01QNBPV).

I professori Piumatti Paolo e Lo Turco Massimiliano, insegnanti di modellazione per i beni culturali. (01QNBPV).

È stato proposto di affrontare la tematica della Parigi nel XIX secolo e delle trasformazioni urbane che si sono susseguite. In particolare, partendo dalle carte geografiche della città nel decennio 1830 – 1840, fino ad arrivare agli anni successivi al piano Haussmann.

Va subito specificato che i dati sono riferiti ad un utilizzo di GIS per un territorio fortemente urbanizzato, la città, e le informazioni spaziali e tematiche sono riferite ad un paesaggio che non è più possibile ricercare a livello attuale, in quanto è stato soggetto nel corso degli anni ad una serie notevole di trasformazioni e lavorazioni da parte dell'uomo.

Questa caratteristica è tipica di quando si lavora in contesti che fanno parte del passato, le informazioni spaziali si basano tutte sulla cartografia del tempo, e le informazioni tematiche sono ricercate in testi e indicazioni presenti in archivi, libri e documentazioni. Dal punto di vista storico, in questo progetto il GIS risulta di notevole importanza per avere una visione complessiva di alcuni processi strettamente collegati all'assetto urbano. Con la sovrapposizione di carte geografiche disegnate nel corso di pochi anni, si possono vedere le trasformazioni che hanno

portato Parigi a diventare una città contemporanea e all'avanguardia per tutto il corso del 1800.

2.1 Ambito dell'indagine: Parigi a metà del XIX secolo nelle lavorazioni urbane

La ricerca effettuata riguarda la città di Parigi durante il periodo prima e dopo le trasformazioni del Barone Haussmann¹ (1809 - 1891), in particolare lungo l'attuale rue de Rivoli.

Nello specifico, l'attenzione si è posta sul tema delle espropriazioni e successive demolizioni, avvenute per permettere la realizzazione della ristrutturazione urbana.²

Come si può leggere nelle descrizioni delle lavorazioni nel testo '*Baron Haussmann and the Planning of Paris*', di Brian Chapman, la progettazione del piano può suddividersi in tre fasi sia temporali che procedurali:

- Prima fase, 1855: demolizioni di una serie di isolati residenziali, reputati degradati, per la realizzazione di edifici pubblici. In questa fase i lavori si concentrano sull'Ile de la Cité, in cui è ridefinito il riassetto e avviene la liberazione della Cattedrale di Notre Dame.
- Seconda fase, 1858: fase in cui si prevede l'apertura di nuovi assi stradali di raccordo e si realizzano gli schemi dei Grands Boulevards.
- Terza fase, 1860: la città di Parigi si espande attraverso i propri sobborghi, fino alle fortificazioni di Thiers (realizzate nel 1844 e demolite poi nel 1919), definendo il nuovo confine della capitale.³

La tesi si concentra soprattutto sui quartieri interessati dalle grandi opere di riassetto stradale. Molti di essi, sono stati tagliati, per permettere la realizzazione delle nuove arterie, e gli edifici sono stati ricostruiti lungo i nuovi allineamenti.

¹ Georges Eugène Haussmann: politico, urbanista e funzionario francese. Dal 1853 al 1870 ebbe l'incarico di prefetto del dipartimento della Senna. La sua più importante opera è il Piano di ristrutturazione della città di Parigi.

² Pinon Pierre, *Les Plans de Paris. Histoire d'une capitale*, Le Passage Editeur, Parigi 2004.

³ Chapman Brian, *Baron Haussmann and the Planning of Paris*, pag. 182-186, Liverpool University Press 1953.

«L'amministrazione pubblica avrebbe dovuto acquisire un intero quartiere per volta, per poi ricostruirlo secondo le più attuali esigenze del gusto, dell'igiene e della facilità delle comunicazioni.»⁴

Hausmann, per compiere questi lavori, ha usufruito di un quadro normativo e regolamentare, con il duplice scopo di facilitare i lavori e assicurare l'omogeneità delle nuove arterie stradali.

Il principale strumento giuridico è definito con il decreto del 26 marzo del 1852, in cui sono definiti i seguenti punti:

- Espropriazione per pubblica utilità, per il quale il potere pubblico può impossessarsi di immobili situati lungo le vie da costruire.
- Obbligo per i proprietari di ripulire le facciate e di rinfrescarle ogni 10 anni.
- La regolamentazione del livellamento stradale, dell'allineamento degli immobili, dell'allacciamento delle fogne.
- Il potere pubblico può intervenire sull'aspetto degli immobili per via regolamentare e sull'estetica delle facciate.

Sono state politiche fondamentali per raggiungere un risultato finale a larga scala, ma analizzando ogni singolo quartiere, si può osservare come siano stati sacrificati edifici (per la maggior parte dei casi studiati si tratta di palazzi a tre, quattro piani in media, con tetto mansardato) interessati da unità abitative e attività commerciali.

Si può dedurre che sono stati interventi che hanno riguardato un elevato numero di persone, soprattutto appartenenti a ceti medio – bassi della popolazione. La difficoltà dell'operazione non si è limitata soltanto al rapporto con i cittadini, ma anche nel valutare attentamente gli edifici sacrificabili da quelli invece con caratteristiche tali da essere mantenuti e conservati.

« Gli spettatori della commissione di tutela delle operazioni urbanistiche Parigine degli anni cinquanta, testimoniano il fatto che per la maggior parte dei casi l'abbattimento è indirizzato a edifici insignificanti, privi di qualità architettoniche e urbane, dall' altro lato, fanno rilevare piuttosto che quando le demolizioni si

⁴ Tamborrino Rosa, *Parigi nell' Ottocento – Cultura architettonica e città*, capitolo 'conservazione e demolizione' pag. 69, Marsilio, Venezia 2005.

imbattono in un monumento, si arrestano rispettosamente, *gli girano attorno, lo circondano con una piazza.*».⁵

Esempio esplicito di questi procedimenti, è quello della torre medievale *Saint-Jacques-la-Boucherie*, situata nel quartiere dell'Hôtel de Ville. È parte di un' area in cui sono stati effettuati i primi interventi a livello temporale; la torre non solo non viene demolita, nonostante la sua locazione in una zona di esproprio e prossima a diventare un raccordo viario, ma « *ne è enfatizzata la presenza di frammento storico, col liberarla dalle costruzioni che le si addossavano malamente.*».⁶

Il monumento, dopo le trasformazioni, risulta visibile dai due punti opposti della strada e lungo tutto il suo percorso. La commissione di tutela ha lavorato affinché la torre fosse portata al nuovo livello di quota, dovuto agli spianamenti altimetrici per il tracciato di Rue de Rivoli.



Figura 3 – *Cadastré par îlots de Vasserot et Bellanger*, rappresentante l'isolato in cui è situata la Tour St.-Jacques-la-Boucherie. Disegno realizzato tra il 1810 e il 1836, presenta la situazione degli edifici prima delle trasformazioni del piano Haussmann.

⁵ Tamborrino Rosa, *Parigi nell' Ottocento – Cultura architettonica e città*, capitolo 'conservazione e demolizione' pag. 69, Marsilio, Venezia 2005.

⁶ L.M. O' Connell, *Afterlives of the Tour Saint-Jacques: plotting the perceptual History of an urban fragment*, in *Journal of the Society of the Architectural Historians* 2001.

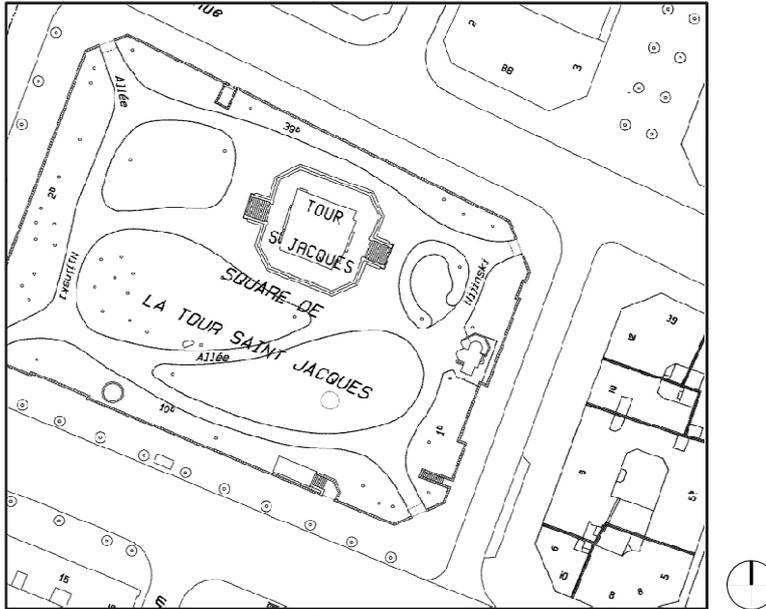


Figura 4 – Piano generale della città di Parigi del 2008, rappresentante l’isolato in cui è situata la Tour St.-Jacques-la-Boucherie nella situazione attuale, in particolare si evidenzia la liberazione e la valorizzazione del monumento.

Di contro, vi è da dire che non in tutti casi si è risparmiata l’architettura storica per creare i nuovi assi viari, questo soprattutto ne cuore della città vecchia. La vastità del piano e del numero di lavorazioni che devono essere eseguite in pochi anni, fa presupporre come le scelte siano avvenute non solo in modo generico a larga scala, ma puntuale, quasi “caso per caso”, analizzando gli edifici una volta che diventavano protagonisti degli interventi.

È stata una fase delicata, ma complessivamente fondamentale per rispondere alle esigenze di una società ottocentesca, che non si accontenta più di usi e consuetudini presenti fino al XVIII secolo.

2.1.1 Isolati e edifici analizzati nel caso studio nei rilievi di Davioud

L’elaborato è stato strutturato in modo da avere informazioni sia a livello planimetrico, sia a livello altimetrico degli edifici. Per avere entrambi i dati nel progetto ci si è basati sui rilievi dell’architetto Gabriel Davioud, grazie ai quali si è potuti risalire all’altezza e al numero di piani dei palazzi. Dai disegni si ricavano anche altre informazioni, come la presenza di attività commerciali o il livello di

dettaglio delle decorazioni sulle facciate. I rilievi sono privi di colorazioni e disegnati a matita, in alcuni di essi vi è la presenza di quote relative ad aperture delle facciate. Alcuni edifici, sono accompagnati da disegni che rappresentano particolari costruttivi più dettagliati, come le cancellate.

Rintracciata la posizione di questi rilievi sulle cartografie dell' epoca, si sono potute studiare le informazioni planimetriche, tramite la visione e la sovrapposizione delle mappe che rappresentano gli isolati interessati dallo sventramento delle nuove vie del Piano.

Nei capitoli successivi, sono elencati nel dettaglio i materiali utilizzati per reperire tali informazioni.

2.2 Cartografia della città di Parigi utilizzata per l'indagine GIS

L'informazione spaziale è alla base di ogni analisi GIS. Indispensabile è stata la ricerca per definire le carte geografiche più mirate per offrire supporto e informazioni al progetto. Sono elencate in seguito le basi cartografiche utilizzate, in ordine cronologico in base a quando sono state realizzate. Ognuna di esse è stata fondamentale per reperire dati e informazioni.

- *Cadastre par îlots de Vasserot et Bellanger*, (denominato in seguito 'Catasto Vasserot'), È stato redatto tra il 1810 e il 1836.

È una raccolta di 912 piani di isolati indipendenti, contenuti in atlanti. I disegni sono in scala variabile tra 1:200 e 1:500. Esso rappresenta le particelle e gli edifici all'interno degli isolati con grande precisione, sono facilmente riconoscibili grazie ai diversi cromatismi con il quale sono rappresentate le particelle. Grazie a questa suddivisioni di colori, i disegni offrono la possibilità di capire le diverse proprietà e la configurazione interna del piano terra degli edifici.

Sono segnalati i numeri civici in prossimità delle facciate, le vie su cui si affaccia l'isolato e i nomi degli edifici più significativi.

Oggi il catasto originale è conservato da ‘*Paris Archives*’. Ogni singolo foglio è stato digitalizzato, ed è possibile visualizzare l’intero catasto sul sito ufficiale degli archivi di Parigi (<http://archives.paris.fr/r/138/plans-parcellaires/>).

A proposito del catasto Vasserot, si sottolinea l’importanza del ‘Progetto *Alpage*’, realizzato nel 2010. *Alpage* è una piattaforma di informazione geostorica sulla città di Parigi. In particolar modo, la ricerca GIS, ha dedicato interesse allo spazio urbano pre-industriale. Grazie alla georeferenziazione dei fogli del catasto Vasserot, hanno fornito un’immagine precisa di Parigi prima delle trasformazioni dei piani.



Figura 5 – Esempio disegni del *Cadastré par îlots de Vasserot et Bellanger*, nella zona Louvre, rappresentante nello specifico l’isolato compreso a Nord da Rue du Chevalier du Guet e da Rue Perrin Gasselin, a Est da Rue St. Denis, a Sud da Rue St. Germain l’Auxerrois, a Ovest da Rue des Lavandières. Nome file: 14_Louvre_268.JPG.

- *Atlas général de la ville, des faubourgs et des monuments de Paris*, (in seguito denominato ‘Atlas Jacoubet’) disegnato e redatto tra il 1827 e il 1839 dall’architetto Théodore Jacoubet.

È un piano di Parigi raccolto in un atlante non assemblato, composto da 54 fogli, rappresentati in scala 1:2000. I fogli sono numerati in modo continuo, secondo una lettura della città partendo da nord – ovest, in direzione sud – est. I fogli di disegno hanno una dimensione di 50 x 66,50 cm.

È un piano che è stato commissionato dal prefetto della Senna, il Conte *de Chabrol de Volvic*, per descrivere accuratamente le evoluzioni urbane. Si basa sul precedente ‘*Atlas du plan général de la ville de Paris*’ di *Edme Verniquet*, ed essendo di scala minore, non ha i dettagli negli isolati come nel caso del catasto Vasserot. Per quanto riguarda gli edifici importanti, ad esempio il palazzo del Louvre la rappresentazione è avvenuta tramite sezione del piano terra. Sono presenti i nomi delle vie, delle piazze e degli edifici più significativi dell’ epoca (1836). Negli isolati sono segnalati i numeri civici e la suddivisione delle facciate, sono presenti poche informazioni per le suddivisioni interne ad ogni singolo agglomerato urbano.

Attualmente è situato nella *Bibliothèque historique de la Ville de Paris*. Sul portale ufficiale è disponibile la versione scansionata (<https://bibliotheques-specialisees.paris.fr/ark:/73873/pf0000858369>).

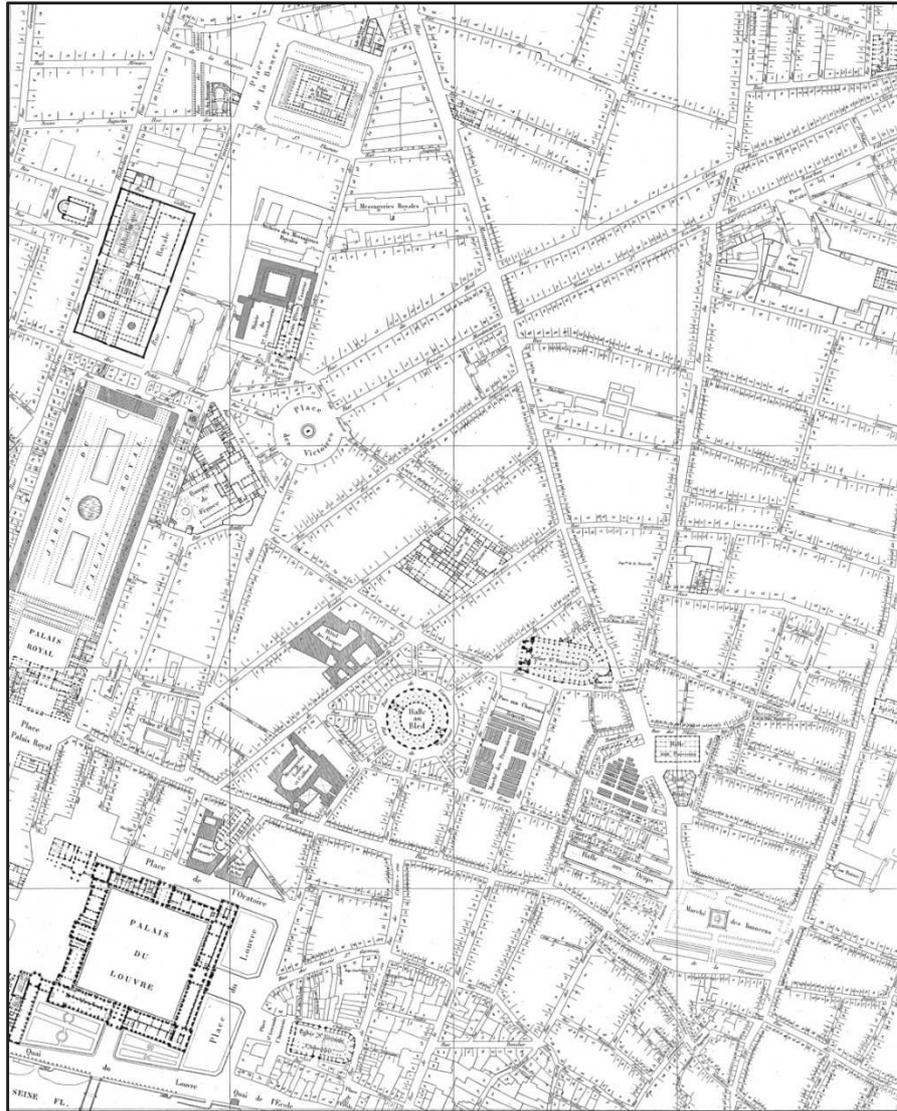


Figura 6 – Esempio disegni dell' *Atlas général de la ville, des faubourgs et des monuments de Paris* di Jacobet. Tra gli edifici più importanti rappresentati in questo foglio di esempio il Palazzo del Louvre, la chiesa St. Germain L'Auxerrois, la chiesa St. Eustache, il palazzo Reale. Luoghi significativi come l' Halle Au Bled, Halle aux Draps, Marché des Innocens. Nome file: Feuille23.tif

- *Plan général de la ville de Paris*, del 2008.

È il piano generale attuale della città. Nel progetto è stato utilizzato il formato raster ed è utilizzata come base sulla quale inserire le carte precedenti. Gli isolati sono rappresentati mediante la suddivisione delle proprietà, gli edifici più significativi non presentano informazioni relative alle suddivisioni interne, è rappresentato solo il perimetro. Sono presenti i nomi delle vie, delle piazze, dei monumenti e edifici principali della città.



**Figura 7 – Esempio disegni del *Plan général de la ville de Paris* del 2008. Foglio rappresentante parte dell’Ile de la Cité.
Nome file: j91A.tif**

Le cartografie descritte, sono state le tre principali su cui si è basato il progetto, oltre ad esse altre cartografie sono state consultate e studiate, ma non inserite nel sistema GIS finale, in particolare:

- *‘Atlas du plan général de la ville de Paris’*, Edme Verniquet, 1796:
Atlante composto da 72 fogli, di dimensioni 45 x 66,50 cm. I disegni sono stati completati in acquerello, tramite colorazioni differenti per evidenziare le diverse espansioni di Parigi nel tempo. Gli isolati sono disegnati tramite il

proprio perimetro e sono privi di informazioni relative alla suddivisione degli edifici che lo compongono, sono presenti le piante degli edifici più significativi dell'epoca. Sono segnalate inoltre le denominazioni delle vie, delle piazze e degli edifici importanti.

Attualmente è conservato nella Biblioteca nazionale di Francia, dipartimento di Philosophie, histoire, sciences de l'homme. È stato di supporto alle redazioni dei piani della città successivi per circa un secolo. È stato visualizzato come carta raster.

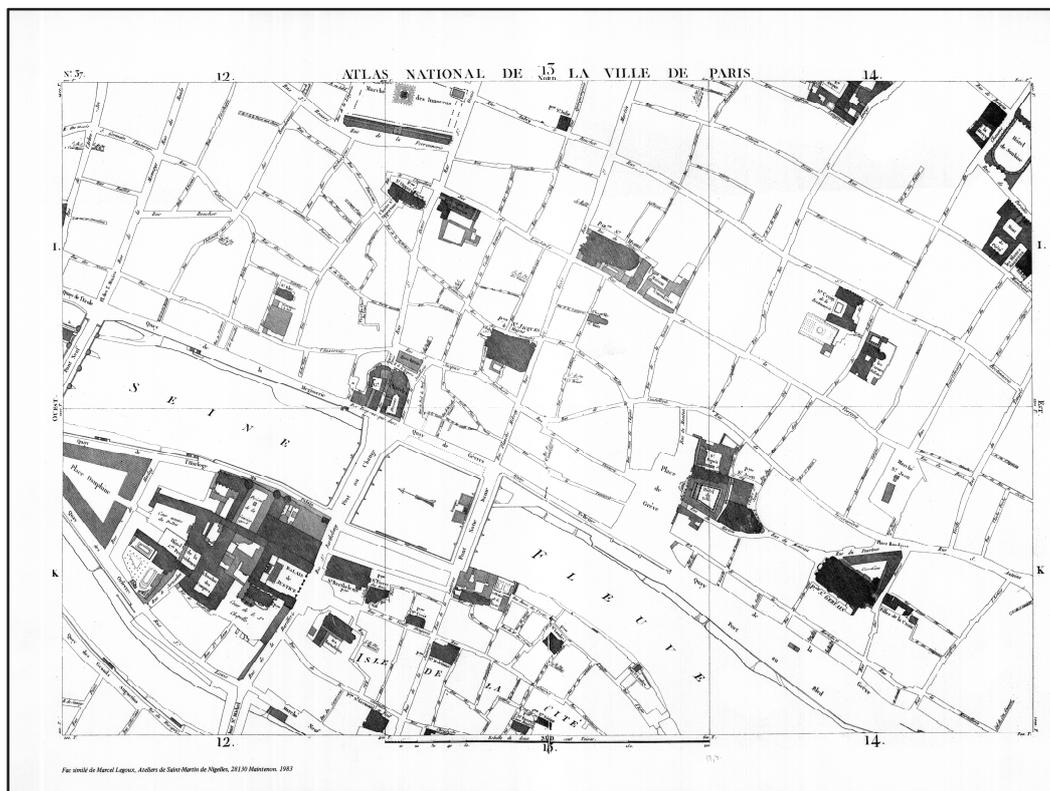


Figura 8 – Esempio disegni dell' *Atlas du plan général de la ville de Paris, 1796* di Edme Verniquet. Foglio rappresentante parte dell'Ile de la Cité.

Nome file: Verniquet_planche_37.jpg

- Expropriation Haussman, del 1852, 1854, 1856.

Gli isolati sono rappresentati nella suddivisione delle proprietà, sono presenti i nomi delle vie e delle piazze. Gli edifici significativi sono invece evidenziati e denominati. Su queste carte è possibile leggere le modifiche avvenute tramite le lavorazioni del piano Haussmann.



Figura 9 – Esempio disegni rappresentanti l'espropriazione di Haussmann. Foglio rappresentante gli isolati in prossimità della chiesa Saint Germain l'Auxerrois prima degli espropri e delle successive lavorazioni. Nome file: 0010.tif

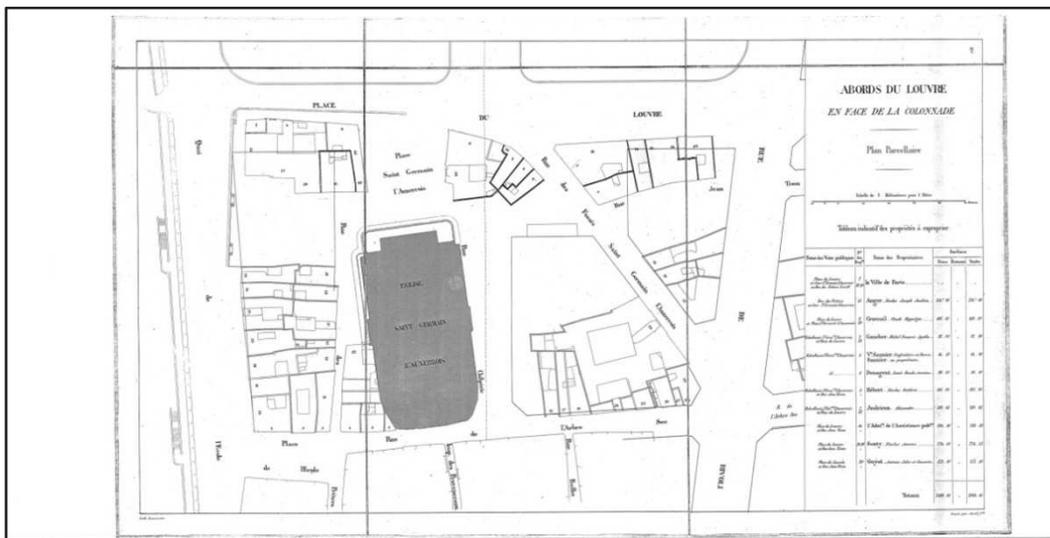


Figura 10 – Esempio disegni rappresentanti l'espropriazione di Haussmann. Foglio rappresentante il risultato delle lavorazioni sugli isolati in prossimità della chiesa Saint Germain l'Auxerrois. Nome file: 0008.tif

2.3 L' architetto Gabriel Davioud: i suoi rilievi e il suo ruolo all' interno del Piano Haussmann

I disegni dell'architetto Gabriel Davioud sono centrali nello svolgimento di questa ricerca. Sulla base di essi si è deciso quali edifici rilevare nelle planimetrie e grazie ad essi si hanno avuto informazioni relative all'altimetria e al disegno delle facciate.

Gabriel Davioud è nato a Parigi il 30 ottobre del 1824.

Il suo percorso formativo è iniziato all'età di 15 anni, quando entra nella Scuola Nazionale di Disegno; dopo la laurea, l'architetto inizia la sua carriera lavorativa come addetto presso l'ufficio del Piano di Parigi. Nel 1844 riesce a superare l'esame di ammissione presso l' Ecole des Beaux-Arts.

Momento cruciale della sua carriera avviene tra gli anni quaranta e cinquanta dell'800, quando l'amministrazione Parigina gli chiede di indagare e svolgere ispezioni sugli edifici minacciati dalle demolizioni a seguito della trasformazione urbana.

Il suo nome è legato soprattutto ai parchi, alle passeggiate e all'arredo urbano di Parigi, di cui nel 1855 gli è affidato il ruolo principale di queste mansioni. Oltre a ciò, Davioud, si è impegnato anche nella restaurazione o nella realizzazione di diverse fontane; in particolare la fontana "du Palmier" nel 1858, fontana di piazza Saint Michel, fontana di piazza du Château d'Eau, fontana di piazza du Théâtre Français, fontana du Carrefour de l'Observatoire, fontana des Innocents.

Oltre alle lavorazioni più puntuali, Davioud partecipa alla realizzazione di importanti progetti, in particolare:

- Théâtre du Cirque (attuale théâtre du Châtelet), inaugurato nell'aprile 1862. Progettato per una capienza di 2500 spettatori.
- Théâtre Lyrique (attuale théâtre de la Ville), realizzato di fronte al Théâtre du Cirque negli stessi anni (1860-1862). Progettato per una capienza di 1000 spettatori.
- Piazza Des Batignolles, in collaborazione con Adolphe Alphand e Pierre Barillet Deschamps. Si tratta di una piazza-giardino, realizzata a partire dal

1860, sotto indicazioni del Barone Haussmann. Si estende per una superficie di 16.615 m².

2.3.1 I rilievi di Davioud utilizzati nell' indagine GIS

Nell' indagine GIS sono stati studiati i rilievi di edifici dell' architetto Gabriel Davioud intorno alla zona di Les Halles e dell'attuale Rue de Rivoli, interessati dalle espropriazioni e successive demolizioni per le lavorazioni del Piano Haussmann.

La via è interessata da un prolungamento e un allargamento, in direzione est-ovest, in particolare tra il museo del Louvre e Saint-Antonie. L'avvio dei primi cantieri avviene tra il 1848 e il 1853.

Nel 1851, Davioud, è stato incaricato di disegnare 250 edifici, destinati alla demolizione per la realizzazione dell'asse viario. Di queste fonti, tuttavia non ne rimane traccia; insieme a molti documenti dell'amministrazione Haussmann e altre fonti urbane come le stampe originali delle fotografie di Charles Marville (rappresentanti gli edifici stessi), sono state coinvolte nell'incendio avvenuto nel maggio 1871 presso l'hotel de Ville.

Se da un lato l'incendio ha provocato una perdita enorme di documenti, dall'altra ha scaturito un procedimento di recupero e rintracciamento di nuove fonti. Tra esse, sono compresi i lavori di Davioud, che nel 1877, si occupa di consegnare direttamente alla Bibliotheque Historique i suoi preziosi disegni.

Si tratta di 596 schizzi, preliminari ma allo stesso tempo dettagliati, di fronti edilizi, ormai da tempo demoliti, su strade anch'esse modificate nei vari quartieri in prossimità di Rue de Rivoli.

I disegni sono eseguiti a matita, con una dimensione media delle tavole di 35 x 23 cm, rappresentanti le facciate nelle suddivisioni dei piani, con dettagli per quanto riguarda serramenti, ringhiere e finiture, tutti i segni dei negozi e dei locali commerciali presenti al piano terra e le insegne. Sono descritti inoltre, tramite note, i colori che dovevano essere eseguiti nelle tavole finali per le pareti e riferimenti altimetrici.

*«Eseguiti all'avvio dei grands travaux, costituivano le copie preparatorie di disegni acquerellati che riproducevano la situazione in essere, strada per strada, in una parte di città oggetto di imponenti cambiamenti.»*⁷

Insieme alla raccolta dei disegni, Davioud consegna alla biblioteca municipale due lettere in cui accompagna le descrizioni dei suoi rilievi e sulle motivazioni che hanno spinto la realizzazione di essi.

Una di queste due lettere è la copia dell'originale del 1851, in cui Davioud riceve l'incarico, direttamente dall'ufficio di *Conservation du Plan*, diretto in quegli anni dall'ingegnere Eugene Deschamps, di «rilevare e disegnare tutte le proprietà interessate»⁸ da questi interventi.

Tra le righe della lettera, si intuisce come la città si preoccupa di lasciare traccia dell'assetto storico degli isolati, e di fornire una testimonianza a disposizione di un possibile archivio storico della città. Recita infatti che «l'amministrazione desidera la conservazione del ricordo dei vecchi quartieri che dovranno scomparire – un souvenir.»⁹

È un procedimento importante e allo stesso tempo innovativo, i rilievi di Davioud rappresentano edifici normali, senza specifico interesse storico, ma nonostante questo, Deschamps ha voluto la realizzazione del disegno architettonico, affiancato anche dal supporto fotografico. Probabilmente, la rapida trasformazione e la moltitudine di operazioni per il complessivo piano urbano, ha sensibilizzato l'amministrazione verso l'importanza della documentazione.

Attualmente, i rilievi sono contenuti in due volumi dal titolo “*Expropriations 1852-1854 pour le prolongement de la rue de Rivoli*”, conservati nella *Bibliothèque Historique de la Ville de Paris*, biblioteca pubblica specializzata nella storia di Parigi.

⁷Tamborrino Rosa, *Parigi nell'Ottocento – Cultura architettonica e città*, capitolo ‘conservazione e demolizione’ pag. 109, Marsilio, Venezia 2005.

⁸G. Davioud, lettera a Jules Cousin, conservateur du Musée Carnavalet et de la Bibliothèque de la Ville, 25 febbraio 1877, «Expropriations 1852 – 1854 pour le prolongement de la rue de Rivoli», I vol., Bibliothèque historique de la Ville de Paris.

⁹G. Davioud, lettera a Jules Cousin, conservateur du Musée Carnavalet et de la Bibliothèque de la Ville 25 febbraio 1877. «Expropriations 1852 – 1854 pour le prolongement de la rue de Rivoli», I vol., Bibliothèque historique de la Ville de Paris.

All'inizio del primo volume sono conservate le due lettere. Nei volumi, l'ordine in cui sono disposti i disegni non è specificato, non è presente la data su ogni foglio e non seguono delle vie stradali limitrofe. Prima di ogni rappresentazione, generalmente è presente un foglio in cui è descritto il nome della via e i numeri civici rappresentati nelle pagine seguenti. Un singolo foglio, spesso contiene più palazzi, in quanto i rilievi sono concentrati su isolati con edifici addossati. Per quanto riguarda le informazioni altimetriche non in tutti vi è una scala metrica di supporto. Come scritto in precedenza, non vi sono rappresentazioni di edifici di particolare pregio o di importanza storica, eccetto il disegno (denominato nella cartella utilizzata per la tesi "426.jpg") in cui è presente una porzione della torre di *Saint-Jacques-la-Boucherie*, e il disegni (denominati nella cartella utilizzata per la tesi "551.jpg", "552.jpg", "553.jpg") in cui è presente parte del complesso dell'*Église de l'Oratoire*¹⁰. Altra eccezione rispetto ai fronti edilizi, si trova nei disegni, denominati nella cartella di lavoro "36.jpg", "150.jpg", "257.jpg", in cui sono riportate le planimetrie rispettivamente dell' hôtel d'Angevilliers, del palazzo in rue de la Cossonerie numero 21, gli isolati compresi fra Rues des Prouvaires e Rue du Four.

Al fine dell' indagine GIS, le copie preparatorie dei rilievi di Davioud, sono state fondamentali per la lettura di molte informazioni. Hanno consentito la possibilità di avere dati relativi alle misurazioni delle altezze, informazioni che spesso nelle copie acquerellate finali sono in secondo piano e non vengono segnalate.

Il GIS diventa così uno strumento di studio e comprensione di sistemi misurati, con il fine di realizzare shapefile basati su misure reali.

Sono riportati in seguito esempi dei rilievi di Gabriel Davioud.

¹⁰ Denominata così nel Catasto di Vasserot. Nel piano generale attuale è denominata Temple de l'Oratoire.

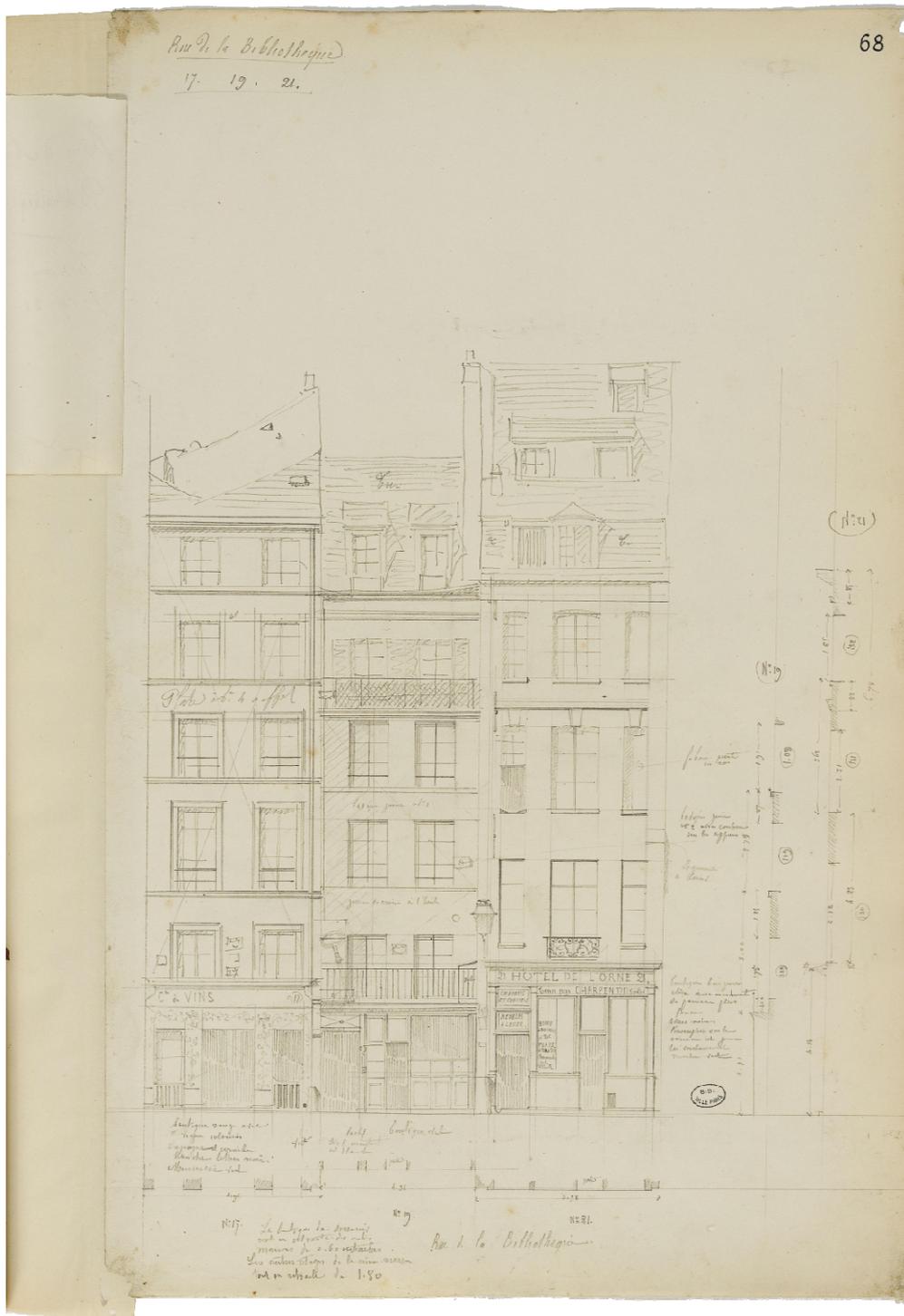


Figura 11 – Esempio disegni di Davioud. Il foglio contiene gli schizzi relativi agli edifici di numero civico 17, 19, 21 di Rue de la Bibliothèque. In questo caso sono presenti indicazioni di quote di fronti edilizi.
Nome file: 75.jpg

2.3.2 Attributi inseriti nelle analisi effettuate

Oltre all'informazione spaziale data dalle carte geografiche e alla descrizione della via e del numero civico dei rilievi di Davioud che permettono di risalire alla posizione, nella stesura della tesi i dati raccolti sono stati utilizzati per individuare una serie di temi, adatti a sviluppare il progetto GIS.

I dati tematici riguardano aspetti come le altezze degli edifici, la presenza di commercio, il numero dei piani, se sul disegno sono presenti misure, il nome delle vie, il numero delle aperture.

Sono stati eseguiti tre progetti di shapefile sulla totalità dei rilievi inseriti. Ognuno di essi è stato utilizzato per sviluppare i procedimenti che possono essere realizzati su programmi GIS, in particolare, i tre macro argomenti riguardano:

- L'inserimento di dati spaziali e dati tematici sui programmi GIS.
- La relazione tra tabelle di dati esterne e programmi GIS.
- Aspetti legati alle volumetrie e alle gestione di informazioni rappresentate tridimensionalmente su programmi GIS.

Il primo progetto è basato prettamente sul prospetto dell'edificio; sulla carta infatti è raffigurato tramite modello linea, e vi sono dati inerenti al disegno stesso, come il numero dei piani, se il prospetto si sviluppa in altezza o ha una linea prevalentemente orizzontale, se vi sono misure e quote all'interno del foglio, il numero civico, il nome della via-piazza in cui è situato, il percorso del file immagine dei rilievi individuato e inserito nel GIS.

Il secondo progetto invece riguarda le vie in cui sono stati eseguite i rilievi, anche esso è rappresentato da linee ed è stato utilizzato per studiare le relazioni fra tabelle. Sono descritte informazioni riguardanti al numero di palazzi rilevati nella via e alla completezza, le conseguenze che le vie hanno avuto per il piano Haussmann, se sono ancora presenti, se sono state eliminate o se sono state solamente ridenominate.

Il terzo progetto invece è stato effettuato per affrontare e sostenere l'argomento della volumetria e delle estrusioni. La rappresentazione è garantita tramite poligoni e le informazioni si limitano semplicemente a dire il nome della via, il numero dei piani e

l'altezza degli edifici, fondamentale per le successive estrusioni e sulla rappresentazione degli oggetti.

successivamente per sviluppare le procedure su CityEngine, sono stati strutturati altri 3 studi, riguardanti però un singolo isolato. L'isolato è stato scelto per il numero dei rilievi di Davioud consistente, completi in tre vie perimetrali su quattro. È situato a nord della Place de L'Hôtel de Ville.

L'indagine su CityEngine si basa su ogni singolo edificio, e vuole fare risultare come il programma elabori la modellazione in base al numero delle informazioni che riceve. Sono stati strutturati tre livelli di dati sullo stesso isolato, con variazioni delle informazioni inserite negli attributi, secondo la suddivisione:

informazioni complete, informazioni parziali, informazioni minime. In seguito si analizzano le differenze.

Le analisi e i dati, saranno sviluppati e descritti nei capitoli successivi dell'elaborato, in cui sono presenti le fasi di lavorazione.

Una premessa da fare prima della lettura dei successivi capitoli, è che la tesi non è nata con la finalità di una ricerca storica vera e propria, ma con l'obiettivo di valutare le procedure di lavoro dei programmi GIS. Tuttavia, alcuni risultati sono stati portati a termine, fornendo così informazioni di base per un possibile approfondimento successivo.

3 Digital Humanities tramite indagini GIS

La ricerca bibliografica ha l'obiettivo di dimostrare che le piattaforme utilizzate per il caso studio presentato in questo elaborato, siano applicabili a diversi contesti e a differenti obiettivi.

Le potenzialità digitali, negli ultimi decenni, hanno assunto un ruolo sempre più centrale come strumenti di ricerca di informazioni.

Esse hanno generato un bisogno di incrementare il servizio offerto in molteplici campi, in particolare, ha fatto sì che ogni argomentazione possa usufruire di un supporto tecnologico adeguato.

«*Digital humanities nasce infatti dall' incontro e dall'unione di discipline umanistiche ed informatiche.*».¹¹ L'importanza della Digital Humanities viene evidenziata oggi in diversi contesti, anche nella tutela e conservazione dei beni culturali.

Molti enti e istituzioni hanno attuato progetti di automazione, digitalizzazione e informatizzazione dei dati, generando un nuovo patrimonio che affianca quello fisico e autentico: il patrimonio virtuale. Esso è a tutti gli effetti un bene, portatore di informazioni. Peculiarità del patrimonio virtuale è la sua accessibilità facilitata ad ogni singolo utente, ma come bene in sé, deve essere garantita una sua catalogazione, un'appropriata gestione e la conservazione nel tempo. Un passaggio in avanti si compie quando questo patrimonio è reso non solo accessibile ma anche interoperabile; il loro contenuto può essere studiato, analizzato, messo in relazione in una rete di sapere sempre più ampia e articolata.

Come si legge nel testo *Toward Spatial Humanities*, è necessario che il ricercatore si eserciti a diventare un selezionatore di informazioni, capire quali sono i dati utili al fine del proprio progetto e accertarsi delle fonti dei documenti che si utilizzano. Risalire alla sorgente è un passaggio fondamentale se si vuole dare affidabilità e credibilità al contenuto del proprio elaborato. Questa è una problematica che nei documenti virtuali è cresciuta in modo esponenziale.

¹¹ Iann G., Alistair G., *Toward Spatial Humanities: Historical GIS and Spatial History*, pag xiv, Indiana University Press 2014.

3.1 L'informazione spaziale in una ricerca storica

Il concetto di spazio è ben chiaro nella società, è al suo interno che l'uomo compie le sue azioni. In molti studi, l'interazione spazio – uomo è stata determinante in fattori e comportamenti sociali, oltre che di studio di relazioni. Lo spazio, oltre ad essere studiato come materia a se stante, non deve essere messo in secondo piano in molteplici campi, ma deve interagire e fornire un supporto.

*«nelle scienze umane e sociali, una recente linea di indagine si è concentrata sul tema di spazio, spingendo gli studiosi della società e della cultura a parlare di una svolta spaziale all'interno delle loro discipline.»*¹²

Se si definisce uno spazio, l'argomento risulta più ordinato e di più facile lettura, alcuni concetti risultano più facilmente capibili basandosi solamente su una conoscenza geografica.

Lo spazio deve essere strettamente collegato anche ad una fattore temporale; *«per capire la società umana e la cultura, dobbiamo capire come si è sviluppata in determinate circostanze, in certi momenti e in determinati luoghi. Da questo possiamo apprezzare che il mondo non è piatto ma incredibilmente complicato e diversificato.»*¹³

Soprattutto per lo studio di discipline letterali e storiche occorre distinguere quando lo spazio è presente solo a livello metaforico, da quando realmente è descritto a livello geografico. Questo perché la completezza delle informazioni è fondamentale e lo spazio è un elemento fisico che non può essere diversificato da come si presenta realmente.

Ecco che le piattaforme studiate in questa tesi, possono risolvere il compito di inserire nella propria ricerca la corretta informazione spaziale.

¹² Von Lünen A., Travis C., Bodenhamer David J., *History and GIS*, capitolo I, paragrafo 1.1 “the spatial turn” pag. 3, Springer 2013.

¹³ Von Lünen A., Travis C., Bodenhamer David J., *History and GIS*, capitolo I, paragrafo 1.2 “gis and history” pag. 4, Springer 2013.

3.2 Relazioni: un' analisi sull'impatto di tecnologie GIS nelle scienze umane

Nella bibliografia letta e studiata per la stesura della tesi risulta evidente quanto il GIS sia l'elemento di spicco nelle nuove tecnologie spaziali, e di quanto possa essere interoperabile tra diversi argomenti e diversi programmi. « *Al suo interno il GIS è un potente software che utilizza la posizione per integrare e visualizzare le informazioni, e rendere un mondo apparentemente complesso direttamente più comprensibile, rilevando visivamente modelli spaziali che in altri modi rimarrebbero nascosti.* ».¹⁴

Per un lungo periodo l'informazione geografica è stata data dalle mappe, ma il GIS permette di andare oltre la semplice visualizzazione; da un'informazione geografica di partenza in comune, integra dati di diversi formati. questa capacità ha suscitato un notevole interesse di ricercatori e altri interessati al luogo, al manufatto e all'esperienza che esiste in uno spazio particolare, nonché alla coincidenza e ai movimenti di persone, beni e idee che si sono verificati nel tempo e negli spazi.

Se si pensa al mondo del patrimonio culturale, sempre di più si riconosce l'importanza di leggere il significato del bene all'interno del proprio contesto territoriale. Esso è visto non più come un elemento singolo e distaccato dal resto, ma elemento attivo di un paesaggio per il quale si sono creati sistemi di relazioni complesse e cariche di significati, che hanno caratterizzato in modo imprescindibile la vivibilità di quel determinato luogo.

È in questa ottica che le politiche culturali e ambientali stanno cercando di muoversi per il governo, la gestione e la tutela del territorio, e le tecnologie spaziali, come i sistemi informativi territoriali, sono elementi ottimali per la riorganizzazione dei dati inerenti a queste tematiche.

Difficoltà maggiore invece si ha nell'integrare queste tecniche ad una ricerca più di corrente umanistica, e quindi non riferita ad un singolo bene culturale o non finalizzata ad una politica territoriale e di sviluppo. Come approfondito nei testi, « *le*

¹⁴ Knowles A. K., Hillier A., *Placing History: How Maps, Spatial Data, and GIS are Changing Historical Scholarship*, pag. 8, ESRI 2008.

motivazioni probabilmente vanno ricercate in quella che è la naturale essenza di una formazione professionale legata all'umanesimo, che per tradizione, sfida la tecnologia in vari modi; dall'imprecisione all'incertezza dei dati, concetti di spazio relativo, all'importanza data ad un sistema di informazione complesso.»¹⁵

Complesso inteso come una metodologia basata sulla narrativa, che molti storici utilizzano per raggiungere le costruzioni dei mondi del passato, che spesso incoraggia l'intreccio dei fili probatori e permette allo studioso di evidenziare e creare ipotesi.

Questi elementi di elaborazione, secondo *Bodenhamer David J.*, hanno fino a qualche anno fa spinto la maggior parte degli studiosi di questi rami a guardare con sospetto verso qualsiasi metodo o strumento che sembrasse ridurre eventi complessi a schemi semplici. Alcune correnti affermano che è importante resistere al concetto di riduzionismo, perché è la complessità nelle loro ricerche a produrre continue serie di domande e riflessioni. L'obiettivo in se non è quello di eliminare le spiegazioni o smentire le ipotesi, ma di aprire le indagini verso nuovi percorsi, attraverso qualsiasi mezzo o prova che possa essere utilizzata. L'approccio è ricorsivo e non lineare, lo storico stesso non può seguire un unico metodo per tutti i campi, in quanto ogni situazione produce intuizioni diverse.

È qui che deve essere fatto uno sforzo di avvicinamento fra supporti tecnologici e ricerca storica. Il primo non deve essere una riduzione dell'altro, ma deve fornire strumenti di indagine e di analisi che possano garantire allo storico un continuo mettere alla prova l'elaborato.

«La sfida, quindi, è usare le tecnologie geospaziali per sondare, esplorare, sfidare e complicare, insomma, per permetterci di vedere, sperimentare e comprendere il comportamento umano in tutta la sua complessità e per vedere la sua profonda contingenza. Come nella tradizionale borsa di studi umanistici, l'obiettivo è meno di produrre una risposta autorevole o definitiva, ma piuttosto di sollecitare nuove

¹⁵ Von Lünen A., Travis C., Bodenhamer David J., *History and GIS*, capitolo I, paragrafo 1.2 “gis and history” pag. 6, Springer 2013.

domande, sviluppare nuove prospettive e avanzare nuovi argomenti o interpretazioni.»¹⁶

Gli utilizzatori dei sistemi di informazioni spaziali digitali in generale devono compiere un ulteriore sforzo, più mentale che procedurale, nell'avvicinarsi alle correnti umanistiche e fare congiungere i meccanismi, più finalizzati alla ricerca del risultato, ad una procedura più ampia e metodologica. Con i GIS orientati alle discipline umanistiche si possono organizzare i dati provenienti dalle ricerche archivistiche, gestire la loro integrazione e manipolazione, sviluppare analisi e visualizzare esiti.

Se a questo orientamento si aggiunge il continuo incremento della Digital History e dei sistemi di digitalizzazione dei dati, ecco che si può parlare di uno sviluppo e di un passaggio fondamentale verso l'unione di queste materie, come da parametri della *digital humanities*. La procedura non è quella di utilizzare un metodo per sostituirne in parte un altro, ma quella di cercare la collaborazione e sfruttare al massimo le potenzialità derivanti dai diversi approcci. Il fine quindi, non è quanto peso apporta un metodo piuttosto che un altro, ma l'incremento che la materia oggetto di studio riceve dalla ricerca.

¹⁶ Von Lünen A., Travis C., Bodenhamer David J., *History and GIS*, capitolo I, paragrafo 1.2 "Gis and history" pag. 7, Springer 2013.

4 Tecniche GIS

Vediamo in seguito più nel dettaglio la natura di un geographic information system, le motivazioni che hanno guidato gli investimenti per questi software e le componenti che caratterizzano le funzionalità di base.

4.1 Analisi dei programmi GIS: primi utilizzi nel campo della ricerca

I Geographic Information System sono stati ideati inizialmente negli Stati Uniti. A partire dagli anni Sessanta, gli studiosi delle correnti delle scienze di pianificazione del territorio, e dell'informatica cominciarono ad analizzare la possibilità di utilizzare gli elaboratori elettronici per le analisi geografiche, valutandone costi e benefici.

Le due principali iniziative, alle quali si attribuisce la nascita della scienza dei GIS, partirono parallele: la prima indirizzata allo sviluppo di software commerciali (Harvard Laboratory), la seconda per soddisfare un'esigenza pratica di un ente governativo (CGIS).

Da subito i ricercatori adottano un meccanismo che diventerà poi quello fondante di questi programmi, la relazione fra dati spaziali e tematici.

A livello pratico, il primo software può essere identificato da “*Odyssey*”, prodotto all'inizio degli anni Settanta. È il primo vero software GIS commerciale, che introduceva il concetto di struttura topologia di dati con il concetto di overlay mapping (sovrapposizione automatica di strati informativi).

Il laboratorio non ebbe lunga durata, ma va specificato che le cause non riguardavano il programma in se, ma motivi esterni di mal gestione e investimenti fallimentari. Nonostante ciò, si può affermare con certezza che le conoscenze accumulate non andarono perse. Infatti, ad alcuni fra i nomi più prestigiosi fuoriusciti dal laboratorio si devono i software commerciali che ancora oggi conosciamo e utilizziamo per le nostre lavorazioni; in particolare J. Dangermond, fondatore della ESRI e S. Morehouse svilupparono e commercializzarono ARC/INFO.

Parallelamente, anche la didattica e le università americane contribuirono notevolmente allo sviluppo di sistemi GIS; tra le più note elaborazioni si ricordano l'Università di Washington a Seattle, che sviluppò il software TEAK e altri tipi di formati di trasferimento, e l'Università dell'Oregon, che progettò un sistema di intersezione di poligoni vettoriali, utilizzato in seguito nel software ARC/INFO.

Queste nuove piattaforme, non si limitarono solo agli Stati Uniti, negli stessi anni infatti, anche il Canada ebbe un ruolo chiave. Il merito va riconosciuto a Roger F. Tomlinson¹⁷, che persuase il Governo Canadese a realizzare il primo vero e proprio sistema informativo territoriale, denominato in seguito C.G.I.S. (Canada Geographic Information System, Tomlinson 1967). Il progetto, che coinvolse un gran numero di persone, società ed enti governativi, era basato su un modello topologico che permetteva la codifica di elementi poligonali. La sua grande potenzialità era dovuta al fatto che forniva funzionalità per la sovrapposizione, la misurazione e la digitalizzazione - scansione di dati spaziali.

Un esempio a livello pratico del suo utilizzo, deriva dall'ambito dell'agricoltura, dove venne utilizzato per la realizzazione di una cartografia di capacità d'uso dei terreni (informazioni su suolo, agricoltura, attività ricreative, fauna selvatica, uccelli acquatici e silvicoltura). Nel 1971 il sistema era definitivamente operativo, e conteneva una banca dati di circa 10.000 carte digitali in scala 1:50.000 in diverse tipologie.

Negli anni successivi, un ruolo importante nello sviluppo dei sistemi informativi territoriali è occupato dal telerilevamento da satellite. Questa nuova possibilità, ha permesso di generare cartografie tecniche e tematiche digitali a scala medio - piccola, a costi contenuti e soprattutto di mantenerle costantemente aggiornate.

Al telerilevamento si deve anche lo sviluppo di sistemi software per l'elaborazione di dati raster, oggi sempre più integrati con i software GIS vettoriali.

Sulla scia di queste ulteriori esperienze molti altri enti governativi, sia centrali che locali, iniziarono ad interessarsi ai GIS; non solo più a livello Nord Americano, ma anche nel continente Europeo.

¹⁷ Geografo di nazionalità inglese, Cambridge 1933 – Messico 2014 .

La sua attività lavorativa avviene principalmente in Canada, ed è stato uno dei principali artefici dei moderni Geographic Information System. È stato soprannominato "father of GIS".

Per arrivare alle piattaforme open source bisogna aspettare ancora qualche decennio. All'inizio del ventunesimo secolo, alcuni gruppi di sviluppatori volontari iniziano a muoversi in questa direzione, spinti dalla forte diffusione dei sistemi informativi che avviene in modo capillare, non soltanto per gli enti territoriali, ma anche da parte di università e soggetti privati.

4.2 Definizioni dei GIS

Sono riportate in seguito alcune delle principali definizioni delle piattaforme GIS. Per continuità con la scrittura della tesi, sono riportate tradotte nella lingua italiana dall'inglese.

*«Un GIS è un potente insieme di strumenti per acquisire, memorizzare, estrarre a volontà, trasformare e visualizzare dati spaziali dal mondo reale.»*¹⁸

*«Un GIS è un sistema che può mantenere ed usare dati che descrivono posti sulla superficie terrestre.»*¹⁹

Un GIS è *«una raccolta organizzata di hardware, software, dati geografici e persone, progettato per catturare, archiviare, aggiornare, manipolare, analizzare e visualizzare in modo efficiente tutte le forme di informazioni geografiche di riferimento.»*²⁰

*«Un sistema di informazione geografica è una struttura per preparare, presentare e interpretare fatti che riguardano la superficie della terra. Questa è una definizione ampia; una definizione considerevolmente più ristretta, tuttavia è più spesso impiegata. Nel linguaggio comune, un sistema di informazioni geografiche o GIS è una configurazione di hardware e software per computer, specificamente progettato per l'acquisizione, la manutenzione e l'uso di dati cartografici.»*²¹

«Un sistema di informazione geografica (GIS) è un sistema informativo progettato per funzionare con dati referenziati da coordinate spaziali o geografiche. In altre

¹⁸ Burrough, 1986.

¹⁹ Rhind, 1989.

²⁰ Understanding GIS: The ARC/INFO Method, 1990.

²¹ C. Dana Tomlin, 1990.

parole, un GIS è sia un sistema di database con capacità specifiche per i dati di riferimento spaziale, sia un insieme di operazioni per lavorare con i dati ... In un certo senso, un GIS può essere pensato come una mappa di ordine superiore.»²²

«Un sistema informativo geografico è un gruppo di procedure che consentono input, memorizzazione, accesso, mapping e analisi spaziali sia per i dati spaziali, sia per gli attributi, per supportare le attività decisionali dell'organizzazione.»²³

Alla luce delle definizioni elencate, un utente che si presta ad utilizzare un programma GIS, deve riconoscere il fatto che queste tecnologie possono essere di grande supporto per le proprie ricerche in questo ambito.

Un GIS è un metodo di lavoro di organizzazione spaziale. Tramite componenti hardware e software, l'uomo può gestire le informazioni che vuole applicare ad un determinato contesto, che sia esso storico, di organizzazione urbana, paesaggistico. Ma soprattutto si ha la possibilità di mettere in ordine in modo pratico e offrire ad una vasta utenza le informazioni reperite che si vogliono evidenziare, di una posizione definita.

4.3 La struttura di un GIS

«GIS è un sistema ibrido che combina dati qualitativi e quantitativi.

Per gli studiosi è come assemblare un puzzle, come capire una lingua nativa.»²⁴

Un progetto GIS è caratterizzato da:

- La parte cartografica vettoriale - raster, come supporto di base;
- Un database che raccoglie i dati;
- Un software per la gestione dei dati.

I dati, all'interno di un GIS sono georeferenziati; con georeferenziazione si specifica ogni documento o evento che si riferisce ad una determinata porzione

²² Jeffrey Star e John Estes, 1990.

²³ Grimshaw, 1994.

²⁴ Von Lünen A., Travis C., Bodenhamer David J., *History and GIS*, capitolo I, paragrafo 1.3 "The spatial humanities: Spatial Narratives and Deep Maps" pag. 11, Springer 2013.

della superficie terrestre. Essi rappresentano fenomeni del mondo reale e vengono definiti attraverso:

- Informazioni di posizione rispetto ad uno specifico sistema di riferimento e di coordinate noto;
- Attributi che descrivono le caratteristiche dei dati;
- Reciproche relazioni spaziali (topologiche, direzionali, di distanza).

I dati di un GIS possono essere di tipo geometrico o alfanumerico.

4.3.1 I dati geometrici all'interno di un GIS

I dati geometrici permettono di descrivere il territorio, le infrastrutture, le opere dell'uomo e tutti gli oggetti che interessano il progetto in questione. Tutte le posizioni che concorrono alla descrizione della componente geometrica devono essere riferite allo stesso sistema geodetico di riferimento e alla stessa scala di rappresentazione. Questo tipo di dato può essere rappresentato in formato raster o in formato vettoriale.

- I dati raster sono dati strutturati costituiti da matrici bidimensionali, in cui le singole celle sono denominate pixel. La dimensione del pixel, generalmente espressa nell'unità di misura della carta (metri, chilometri ecc), è strettamente relazionata alla precisione del dato. È possibile rappresentare, grazie a questi dati, un gran numero di oggetti. Un esempio di dato raster è rappresentato da una comune immagine digitale. È un dato di importanza notevole per quanto riguarda il supporto e la base del progetto in relazione al contesto reale, tuttavia da solo non è in grado di sfruttare al massimo la potenzialità geometrica che un programma GIS può offrire. Le relazioni spaziali e topologiche degli oggetti non sono rappresentate in modo esplicito e vi è una impossibilità ad avere informazioni logiche. Per questa principale serie di motivi ad un raster deve essere affiancato un dato vettoriale. I principali formati di tipo raster attualmente sono: TIFF, JPG, BMP, GIF, PNG, WMF, EMF, ICO, GRID, GEOTIFF.

- I dati vettoriali sono dati geometrici riferibili alle primitive geometriche punti, linee e poligoni, caratterizzati da coordinate spaziali. Generalmente i punti di coordinate note coincidono con i vertici principali dell'elemento stesso, rispetto ad un sistema di coordinate di riferimento specifico. Si ha così il risultato di avere informazioni spaziali su oggetti, rappresentati da semplici punti che hanno definite coordinate numeriche; inoltre contengono esplicitamente la definizione degli oggetti e le correlazioni spaziali di vicinanza e adiacenza.

A ciascun elemento vettoriale è associato un record del database informativo, che contiene tutti gli attributi dell'oggetto rappresentato. I principali formati di tipo vettoriale attualmente sono: SHP, DXF, DWG, DGN, DWF, IGES, NTF, VPF, E00.

L'esempio più comune della relazione dato spaziale – dato tematico all'interno di un programma GIS è costituito da un formato shapefile. Il formato è stato sviluppato da ESRI all'inizio degli anni novanta. Gli shapefile registrano i dati geometrici primitivi, e a ogni elemento sono associati proprietà e attributi che ne descrivono le voci.

La sua struttura tecnica è così suddivisa:

- File principale .shp: descrive la forma (punto, linea o poligono) con l'elenco dei suoi vertici;
- File indice .shx: contiene l'ordine di digitalizzazione a partire dal primo record del file principale;
- File database .dbf: è costituito da vari campi che contengono gli attributi da collegare ad ogni record con una relazione 1 a 1 tra la geometria e gli attributi basata sul numero del record.
- File opzionale prj: conserva l'informazione sul sistema di coordinate.

 vie rilevate.dbf	26/01/2018 09:44	File DBF	1 KB
 vie rilevate.prj	24/01/2018 16:05	File PRJ	1 KB
 vie rilevate.qpj	24/01/2018 16:05	File QPJ	1 KB
 vie rilevate.shp	25/01/2018 10:19	Sorgente delle for...	13 KB
 vie rilevate.shx	25/01/2018 10:19	Forma compilata ...	1 KB

Figura 12 – formati di salvataggio dati di uno shapefile creato tramite QGIS

4.3.2 I dati alfanumerici all'interno di un GIS

I dati alfanumerici vengono denominati attributi, e rappresentano le informazioni descrittive degli oggetti a cui si riferiscono.

Sono informazioni disomogenee che da sole singolarmente possono apparire poco significative. La loro importanza risulta evidente quando vengono successivamente collegate tra di loro e quando gli viene associato un riferimento spaziale, ovvero si georeferenzia il dato.

Proprio la funzionalità di poter associare dati alfanumerici ad un riferimento territoriale è il punto fondamentale di un sistema GIS, nonché il meccanismo che permette di semplificare e schematizzare informazioni relative ad uno specifico contesto. Per contenere queste avanzate potenzialità, un programma GIS deve dotarsi di modalità di gestione dei dati precise e funzionali, atte a garantire memorie enormi di informazioni. Inoltre, esse devono essere organizzate e gestite da specifici schemi, in modo da risultare facilmente collegabili alle informazioni spaziali rappresentate tramite i dati geometrici. Un software GIS per essere tale, deve fondarsi su un Database.

5 Basi di dati nell'indagine GIS

In questo capitolo si riportano alcuni cenni teorici sui database e sulla loro struttura e sul modo di operare i dati all'interno di un programma GIS.

5.1 GIS definiti sul concetto di database

*«Il GIS è un database in cui la maggior parte dei dati sono spazialmente indicizzati e sui quali un insieme di procedure opera per rispondere a query legate ai loro attributi spaziali.»*²⁵

*«Sono tecniche GIS ogni insieme di procedure manuali o informatiche usate per memorizzare e manipolare dati georeferenziati.»*²⁶

I dati tematici all'interno di un GIS devono essere strutturati in modo tale da avere una corretta predisposizione ad adattarsi all'informazione spaziale precedentemente inserita, la maggior parte dei GIS associa database a primitive vettoriali. Questa connessione si basa sulle categorie, cioè identificativi che sono unici per gli elementi che si vogliono mettere in relazione.

I software GIS studiati per la stesura della tesi forniscono un servizio di gestione di database interno al programma, ma sono anche in grado di collegarsi a database esterni.

5.2 Generalità sui database

I database sono sistemi di gestione di grandi quantità di dati. Da molto prima dell'invenzione e dalla diffusione dei calcolatori informativi si ha avuto l'esigenza di ordinare i dati in modo da renderli organizzati e di più semplice utilizzo. Esempio sono gli archivi delle banche o dei servizi anagrafici. Con l'avvento dell'informatica le attività di raccolta si sono andate sistematizzando, sono state individuate

²⁵ Smith T.R., S. Menon, J.L. Starr and Estes J.E., *Requirements and principles for the implementation and construction of large-scale geographic information systems*, articolo di giornale, California Univ. Santa Barbara 1987.

²⁶ Aronoff S., *Geographic information systems: A Management Perspective*, WDL Publications, Ottawa 1989.

opportune forme di organizzazione e codifica delle informazioni. Questa diffusione ha fatto sì che la quasi totalità dei sistemi informativi siano anche dei sistemi informatici.

Una base di dati si può quindi definire come «una collezione di dati utilizzati per rappresentare le informazioni di interesse per un sistema informativo.»²⁷

I sistemi software specificamente dedicati alla gestione dei dati sono stati realizzati a partire dalla fine degli anni Sessanta. L'approccio convenzionale sfrutta la presenza di archivi o file per memorizzare i dati in modo persistente sulla memoria di massa.

Un sistema di gestione di base di dati è in grado di gestire collezioni di dati che siano:

- Grandi: dimensioni che possono andare oltre le capacità della memoria centrale di un elaboratore.
- Condivise: applicazioni e utenti diversi devono poter accedere a dati comuni. In questo modo si riduce la ridondanza dei dati.
- Persistenti: i dati devono essere mantenuti, la loro esistenza non è limitata al periodo delle singole esecuzioni dei programmi che le utilizzano.
- Affidabili: capacità del sistema di conservare intatto il contenuto delle basi di dati.
- Private: definizioni di meccanismi per le limitazioni dell'accesso, come le autorizzazioni.

Inoltre, in quanto prodotto informatico, deve essere efficiente ed efficace per le attività dell'utente.

5.3 Tipologie di database: strutturare i dati in una indagine GIS

Tradizionalmente le tipologie di database individuate nel panorama attuale sono tre, negli ultimi anni si è potuto aggiungere una quarta.

²⁷ Atzeni P., Ceri S., Paraboschi S., Torlone R., *Basi di dati. Modelli e linguaggi di interrogazione*, McGraw-Hill Companies, Milano 2002.

- Database a struttura gerarchica: basato su principi gerarchici. Il modello è rappresentato tramite diagrammi ad albero; i dati contenuti in ciascuna ramificazione hanno un proprio identificatore preciso e saranno collegati alle ramificazioni associate, precedenti e successive. Questa struttura permette di accedere ai dati in modo estremamente veloce.
- Database a struttura reticolare: la struttura deriva da quella gerarchica, ma viene arricchita da legami tra dati di tipo non gerarchico. Questi legami vengono realizzati con i puntatori, ovvero indirizzi di memoria relativi alla posizione dei dati che si vogliono richiamare.
- Database a struttura relazionale: permette di rappresentare le relazioni che legano oggetti diversi fra loro. La relazione spesso è rappresentata tramite tabella dimensionale, in cui le colonne contengono i valori degli attributi di un oggetto; mentre le righe contengono le occorrenze della relazione stessa. In ogni relazione si definisce un nome, una lista di attributi, un identificatore e una descrizione testuale.
- Database a struttura orientata ad oggetti: questa struttura è di nuova concezione e permette di strutturare oggetti nelle tre dimensioni.

Nei programmi GIS utilizzati, il database ha una struttura di tipo relazionale, in cui le informazioni sono memorizzate in tabelle, organizzate per righe e per colonne. Le righe (dette *record*) corrispondono alle primitive geometriche. Fanno riferimento a informazioni puntuali dell'oggetto identificato nella formazione dei vettori (punto, linea, poligono). Un record è formato da un insieme di campi. Le colonne sono denominate *campi*, i dati che le compongono devono essere dello stesso tipo (stringa, numero, numero decimale ecc); rappresentano gli attributi dell'elemento vettoriale precedentemente inserito.

	via-piazza	n. civico	file	
1	rue d'angevilliers	2	C:\TESI\Esercitazione PARIGI\GIS&MOD_2018\DAVILOUD_dessins\11.jpg	
2	rue d'angevilliers	4	C:\TESI\Esercitazione PARIGI\GIS&MOD_2018\DAVILOUD_dessins\12.jpg	RECORD
3	rue d'angevilliers	6	C:\TESI\Esercitazione PARIGI\GIS&MOD_2018\DAVILOUD_dessins\12.jpg	
4	rue d'angevilliers	8	C:\TESI\Esercitazione PARIGI\GIS&MOD_2018\DAVILOUD_dessins\13.jpg	
5	rue d'angevilliers	10	C:\TESI\Esercitazione PARIGI\GIS&MOD_2018\DAVILOUD_dessins\14.jpg	

Figura 13 – Stralcio della tabella realizzata su QGIS (stessa rappresentazione su ARCMAP), in evidenza, i campi e i record che strutturano la tabella.

Sia su QGIS, sia su ARCMAP è consentito sviluppare una serie infinita di campi; per crearli è necessario oltre al nome che lo identifica stabilire il tipo, la lunghezza e la precisione. Su entrambi i programmi sono disponibili i seguenti tipi di formato:

- Testo;
- Numero intero;
- Numero decimale;
- Data.

5.4 Impostare le informazioni di una ricerca nei linguaggi di un database

Per la realizzazione di un progetto che comprende dati tematici, è necessario tradurre le informazioni in un linguaggio accessibile al programma. In un GIS i dati devono essere sintetici, schematizzati, comuni a tutti gli attributi.

Per un ricercatore che intende organizzare le sue informazioni in un database, è bene organizzare l'elaborazione in passaggi progressivi, che offrono la possibilità di arrivare ad una serie di dati omogenei. Innanzitutto, occorre definire un iniziale modello esterno, che deve rappresentare una prima semplificazione della realtà. È una fase fondamentale per una base di dati, ma difficilmente standardizzabile.

Si vuole intendere cioè la fase in cui avviene l'analisi dei requisiti, l'individuazione dei problemi che l'applicazione da realizzare deve risolvere e le caratteristiche che tale applicazione dovrà avere.

La specifica dei requisiti raccolti spesso avviene facendo uso di descrizioni in linguaggio naturale. La fase successiva richiede di correggere le ambiguità, le ripetizioni e le imprecisioni tramite alcuni passaggi come costruire un glossario dei termini, evitare termini troppo generici ecc; in modo da realizzare uno schema chiaro e definito. Si cerca di impostare una descrizione informale dei requisiti.

Per l'indagine su Parigi, nella pre - fase si è deciso di concentrare l'attenzione su i rilievi di Davioud e sulla descrizione delle facciate; sono stati consultati i disegni in modo da stabilire un percorso di informazioni utili per le procedure delle piattaforme. La fase successiva viene definita fase di "*progettazione concettuale*", e ha come scopo quello di rappresentare una formalizzazione del modello esterno, attraverso una descrizione con regole semplici e ben definite.

Lo schema concettuale non è statico, ma viene progressivamente raffinato e arricchito attraverso una serie di trasformazioni ed eventuali correzioni. Per la sua costruzione si può optare per diverse strategie, ma devono essere garantite proprietà generali come:

- Correttezza: si devono utilizzare propriamente i costrutti messi a disposizione dal modello concettuale di riferimento.
- Completezza: è completo quando rappresenta tutti i dati di interesse e quando tutte le operazioni possono essere eseguite a partire dai concetti descritti nello schema.
- Leggibilità: deve rappresentare i requisiti in maniera naturale e facilmente comprensibile.
- Minimalità: uno schema è minimale quando tutte le specifiche sui dati sono rappresentate una sola volta.

Segue la "*progettazione logica*", che consiste in una schematizzazione del modello concettuale. In questa fase, i dati del passaggio precedente vengono tradotti in un linguaggio comprensibile ai calcolatori. Il prodotto di questa fase viene definito schema logico.

La fase finale del processo di formazione di una base di dati è denominata "*progettazione fisica*". Si traduce il modello logico in un linguaggio comprensibile

Studio di piattaforme GIS, attraverso un corpus di documenti di rilievo della Parigi Ottocentesca.

da un computer. I dati vengono tradotti in file, numeri, stringhe, bytes e bit, ovvero con una struttura tipica dei processi di memorizzazione digitali.

6 Programmi GIS

Esposte le principali definizioni, caratteristiche e funzionalità delle piattaforme, vediamo in seguito cosa offre in concreto il panorama attuale in merito a diffusione e progetti futuri di questi temi.

6.1 Programmi GIS open source e le piattaforme commerciali: panorama complessivo nel mercato attuale

Attualmente, sono disponibili molti sistemi che implementano funzionalità GIS. Una prima differenziazione può essere effettuata sull'approccio di questo programma e sulle sue potenzialità di utilizzo. Sono presenti GIS più generici, che svolgono la maggior parte delle funzioni, mentre quelle più specialistiche sono affidate a moduli aggiuntivi; e programmi GIS specializzati, che sono sviluppati per uso in ambiti specifici.

Un'altra categoria è raggruppata con il termine di GIS visualizzatori; in cui il punto di forza è la loro facilità e intuitività d'uso, sono utilizzati soprattutto da utenti occasionali.

Prima di dover operare su un programma GIS, un utente ha due possibilità di scelta: affidarsi ad un programma open source o acquisire una licenza per usufruire un determinato software.

6.1.1 GIS open source

I programmi open source, negli ultimi anni, hanno avuto una diffusione sempre maggiore da parte di privati, enti e università. Essi, consentono a utilizzatori e sviluppatori di accedervi liberamente, garantendo notevoli vantaggi, come la riduzione dei costi, non solo per quanto riguarda la spesa di acquisizione pari a zero, ma anche sulle spese dei servizi di supporto, della formazione e di gestione. Altri vantaggi sono la totale indipendenza dai fornitori del programma e una maggiore possibilità di personalizzazione e espansibilità; ogni utilizzatore può essere partecipe al fine di miglioramenti del programma. Sono presenti forum e dibattiti online per

cercare di incrementare le potenzialità e apporre modifiche a ciò che non è ottimale; l'obiettivo dell'open source è anche quello di sviluppare una collaborazione continua di più utenti, al fine di raggiungere una complessità maggiore del prodotto finale.

Tra i vari programmi, sono elencati in seguito quelli più diffusi:

- **Quantum GIS:** è il programma utilizzato in questa tesi.

Ha un interfaccia grafica intuitiva multipiattaforma (Windows, Linux, Mac).

L'installazione può essere eseguita su un qualsiasi computer e avviene tramite un singolo file di installazione. Al momento, il programma è tradotto in 14 lingue e diffuso in molti paesi. Paragonato ad altri software, QGIS ha minore dimensione e in genere, a parità di operazioni, non necessita della stessa quantità di RAM.

È un' applicazione desktop GIS molto simile nell'impostazione utente e nelle funzioni alle *release* di pacchetti GIS commerciali equivalenti.

L'interfaccia di QGIS può essere suddivisa in tre aree: quella della barra degli strumenti, posizionata in alto, l'area per la visualizzazione dei dati caricati che occupa la parte centrale e principale della schermata, la barra di stato che è posizionata in fondo alla schermata e contiene informazioni sull'area di lavoro come l'estensione geografica. Una quarta area facoltativa, ma molto utile è la visualizzazione dell'elenco dei layer, posta generalmente a sinistra dello schermo, in cui consente una gestione facilitata dei file inseriti sul programma.

Un punto di forza del programma è la possibilità di aumentare la funzionalità e la compatibilità tramite l'uso di Plug-In.

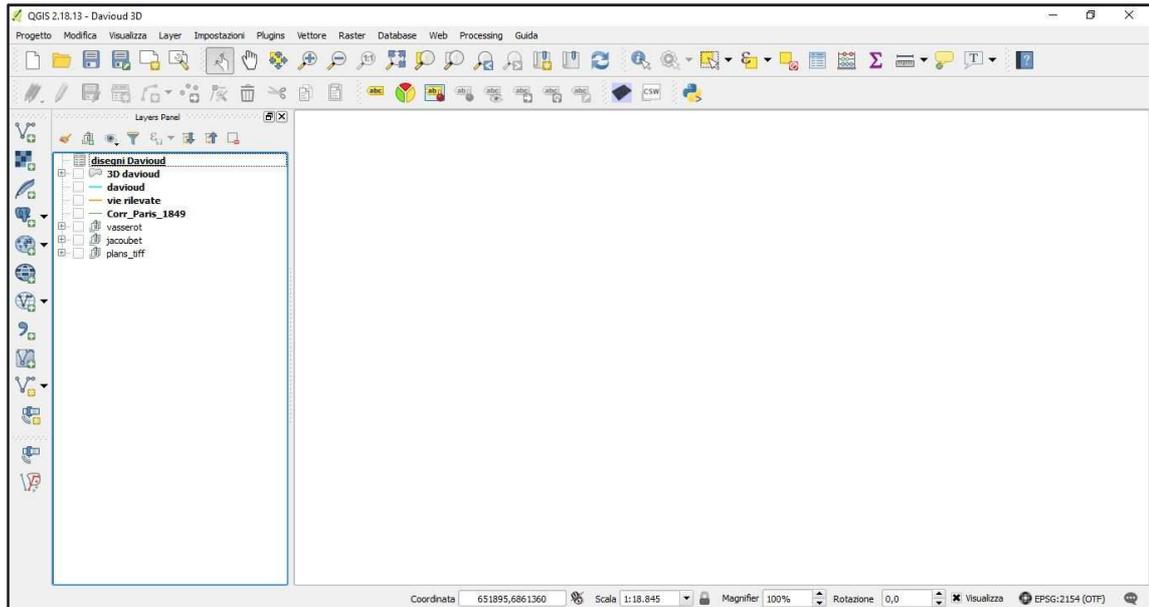


Figura 14 – Interfaccia QGIS

- Grass GIS: (geographic resources analysis support system), il programma è distribuito sotto General Public License, e viene utilizzato soprattutto per modellistica ed analisi. GRASS ha subito un continuo sviluppo dal 1982 ed ha coinvolto un gran numero di utenti soprattutto negli Stati Uniti.
- GvSIG: programma distribuito sotto GNU (general public license) ed è sviluppato in java. Supporta operazioni su raster e vettori. È stato progettato in Spagna a partire dal 2003.
- SAGA GIS: (systems for automated geo scientific analyses). È disponibile per Windows e per Linux.
- Map Windows GIS: sviluppato dalla United States Environmental Protection Agency.

6.1.2 GIS tramite licenza

Rientrano i primi programmi GIS idealizzati dalla fine del Novecento. Sono meno economici in quanto vi è un costo iniziale di acquisizione, inoltre, lo svantaggio è che anche gli aggiornamenti sono in conseguenza ad un pagamento. La

programmazione è sviluppata da un team esperto, che garantisce l'utilizzo delle funzionalità all'utente.

- **ArcGIS:** è il programma utilizzato in questa tesi.

Fa parte della ESRI, uno dei maggiori produttori di GIS. ArcGIS è una sorta di macro struttura in cui rientrano una serie di programmi, con denominazioni differenti e con ognuno le proprie funzionalità. La sua architettura modulare, permette di acquisire il sistema nel tempo; partendo da una funzione per poi completarla un po' alla volta. ArcGIS ha tracciato per molti aspetti le linee guida che hanno caratterizzato i software anche open source, in particolare ha meriti come le proiezioni immediate di dati vettoriali e raster, funzionalità di report e grafici di alta qualità, produzione di mappe di buona visione grazie a funzioni come regolare la trasparenza, e la ricezione di dati esistenti e geodatabase.

ArcGIS desktop si basa su tre applicazioni integrate chiave:

ArcMap: l'ambiente di editing, di interrogazione e di analisi e restituzione cartografica.

ArcCatalog: applicazione che ha la funzione di gestire i dati e di essere lo schema editor, permettendo la creazione di linee, poligoni e punti.

ArcToolbox: consente l'esecuzione di operazioni di *geoprocessing*, di esportazione e importazione di dati, di modifica di sistemi di riferimento e di molte altre funzioni anche complesse. In questa applicazioni sono presenti le modalità di importazione di oggetti 3D.

Al fine di questa tesi, è stato importante il modulo denominato ArcScene. È l'applicazione che permette di visualizzare l'informazione geografica in tre dimensioni.

Al lancio del programma, l'interfaccia risulta simile a quella di QGIS, i comandi principali sono nella barra degli strumenti posizionata in alto, la parte centrale è occupata dall'area di lavoro in cui vengono caricati e si visualizzano i file, un navigatore posto generalmente a sinistra in cui si visualizzano i layer presenti nel progetto.

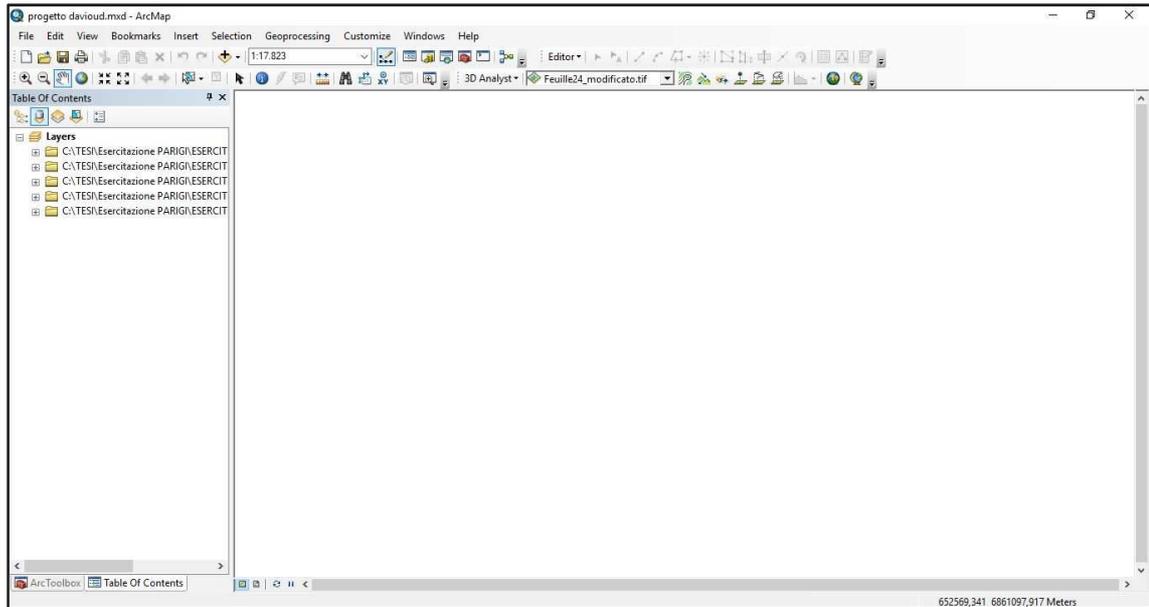


Figura 15 – Interfaccia ArcMAP

- GeoMedia: software GIS prodotto da Intergraph Corporation, società americana fondata a Huntsville in Alabama, nel 1969. GeoMedia è un GIS completo, realizzato per l'analisi spaziale e la gestione di siti ed informazioni territoriali.
- AutoCAD Map 3D: pacchetto software per l'elaborazione delle cartografia. Fa parte del programma AutoCAD, prodotto da Autodesk; necessita di licenza EULA. Ad ogni versione di autoCAD, corrisponde una versione di questo sistema GIS. Esso è in grado di integrare mappe e disegni vettoriali in vari formati, compreso lo Shapefile. Un vantaggio di questo programma è quello di gestire cad e gis con un' unica interfaccia in un unico ambiente.
- MapInfo: Software GIS prodotto da PitneyBowes Software, società americana del Connecticut, a partire dal 1986. MapInfo consente agli utenti di esplorare i dati spaziali all'interno di un set di dati, simbolizzare le caratteristiche e creare mappe.

6.2 Innovazione nella gestione di dati in un GIS: il programma Arches



Figura 16 - Logo Arches

Arches è un piattaforma open source di nuova interpretazione e liberamente disponibile per le organizzazioni del patrimonio culturale. L'obiettivo principale per cui è stato ideato è quello di consentire l'inventario e la gestione, permettere la ricerca e le analisi, sensibilizzare il pubblico e le autorità, aiutare la conservazione e la tutela di tutto ciò che fa parte del patrimonio culturale.

È stata fondata dalla collaborazione del *Getty Conservation Institute*²⁸ (GCI) e dal *World Monuments Fund*²⁹ (WMF); la prima versione di Arches 1.0 è stata lanciata nel 2013, a cui sono seguite la versione 2, 3 fino ad arrivare alla 4.1.

Il sistema può essere utilizzato per qualsiasi area geografica, ed è funzionale per tutte le utenze, in quanto si basa su piattaforma web. Arches è in grado di importare qualsiasi forma di mappa o di dato spaziale; è stato strutturato in modo da essere compatibile con diversi formati tipici dei programmi GIS (ArcGIS, QGIS ecc).

Il programma, basa le relazioni tra i dati nel sistema sul modello concettuale di riferimento CRM (*conceptual reference model*)³⁰. Questo uso, permette di mantenere i dati indipendenti dalla struttura di Arches e di renderli durevoli nel tempo; il fine è quello di rendere il più possibile condivisibili le informazioni e allo stesso tempo controllare lo scambio di esse tra un utente ed un altro.

La relazione tra Arches e questo modello deve essere messa in evidenza, in quanto, negli anni successivi, da questa collaborazione potrebbe nascere una relazione diretta fra supporto digitale e un linguaggio comune nel settore della gestione informativa

²⁸ Istituto di ricerca privato ed internazionale. Anno di fondazione: 1985. La sede si trova a Los Angeles, in California. Si occupa sistemi per la preservazione della cultura e dell'arte.

²⁹ Organizzazione no profit privata. Anno di fondazione: 1965. La sede si trova a New York, sono presenti sedi in tutto il mondo. Il suo fine è la preservazione di manufatti architettonici storici.

³⁰ Standard internazionale (ISO 21127: 2014) per lo scambio controllato di informazioni relative al patrimonio culturale. Il processo di standardizzazione è stato completato nel 2006.

Studio di piattaforme GIS, attraverso un corpus di documenti di rilievo della Parigi Ottocentesca.

dei beni culturali in relazione a musei, archivi, biblioteche e qualsiasi altro documento di valenza storica dei dati.

Per visualizzare una esercitazione pratica di questo programma si può visitare “*HistoricalPlaces Los Angeles*”, progetto consultabile online, in cui la città gestisce e pubblica i dati delle sue diverse risorse storiche.

7 L'indagine GIS sul caso studio, i disegni di Davioud

Delineate le principali caratteristiche GIS, descritte le motivazioni che hanno avvicinato questi modelli di ricerca, stabilito l'argomento da affrontare e raccolti i dati principali, si è iniziato a comporre una linea guida per completare il progetto.

In ordine cronologico, il primo programma utilizzato è stato Quantum GIS, programma open source, in cui si è partiti con l'inserimento dei dati spaziali.

In tutte le procedure principali, si è sempre cercato di utilizzare entrambi i programmi, ma alcune operazioni comuni sono state eseguite su QGIS e importate solo successivamente su ArcGIS. Altre operazioni invece sono state eseguite allo stesso modo sui due programmi, questo proprio per cercare di rispondere alla domanda principale della tesi che cerca di dare una risposta alla differenza di lavorabilità tra software open source e software di licenza, per capire se un utente che lavora sui primi, può raggiungere i risultati che offrono i secondi e con che differenza di "sforzo" si arriva circa all'obiettivo stabilito utilizzando l'uno rispetto all'altro.

I macro passaggi in cui è stato strutturato l'elaborato possono essere esemplificati con una scaletta procedurale:

- Inserimento dei dati spaziali attraverso la cartografia. Stabilire il sistema di riferimento con il quale effettuare la georeferenziazione delle carte geografiche.
- Stabilire quanti dati vettoriali inserire per la ricerca sui dati.
- Decidere la forma del dato vettoriale da utilizzare.
- Deciso di utilizzare un formato .shp di tipo linea, stabilire i dati da inserire come attributi per fornire informazioni precise. Questa fase è stata eseguita su QGIS e poi successivamente importata su ARCGIS.
- Ricerca puntuale delle informazioni per completare gli attributi di ogni elemento vettoriale ed inserirle direttamente sulla tabella di QGIS. Le informazioni ricercate riguardano i disegni di Davioud.

- Tramite access, creare una tabella con informazioni relative alle vie e strade su cui Davioud ha effettuato i suoi rilievi. Una volta composta la tabella cercare di affrontare il tema del rapporto GIS con programmi esterni.
- Creare un nuovo shapefile con il quale effettuare un Join in modo da collegare il dato vettoriale alla tabella esterna eseguita in Access. Procedura affrontata sia su QGIS che su ARCMAP.
- Creazione di un terzo shapefile per affrontare il tema della volumetria. Il formato scelto è di tipo poligono, tramite cui si riportano le planimetrie degli edifici rilevati da Davioud.
- Tema dell'altimetria e del 3D. su QGIS tramite plug-in, si affronta il tema procedendo per estrusione. Su ArcGIS, tramite ArcScene le volumetrie, inoltre, si lavora cercando di realizzare relazioni esterne con altri programmi di modellazione 3D.
- Il nuovo potenziale della Esri, CityEngine è il suo supporto all'indagine storica.

7.1 Criteri di restituzione spaziale delle carte di Parigi di base per le ricerche GIS

Prima operazione progettuale è stato definire le basi su cui sviluppare le analisi. La collocazione delle informazioni è alla base della natura di un GIS, per questo motivo è importante soffermarsi sulla strategia più adatta per inserire le carte geografiche in modo da ottenere sovrapposizioni utili al fine degli attributi di carattere tematico.

Essendo il progetto situato in un'area fortemente urbanizzata, la scelta più ovvia è stata quella di partire da una base cartografica della città attuale, in modo tale da ottenere il giusto riferimento geografico e facilitare l'operazione di georeferenziazione delle successive carte geografiche rappresentanti la stessa area ma in periodi passati della storia.

Lavorare su dati di differenti epoche temporali, comporta alcune osservazioni da fare. Le cartografie, hanno informazioni fornite da enti diversi e con linguaggi che si modificano negli anni, e sono registrate in sistemi di riferimento diversi. È di

fondamentale importanza quindi conoscere il sistema di riferimento di una mappa che si vuole utilizzare.

Le piattaforme GIS permettono di attivare attraverso certe opzioni (nel caso di QGIS Enable “on the fly” CRS transformation OTF) la modalità di inserimento delle cartografie con un altro sistema di riferimento, diverso da quello di progetto. le trasforma “virtualmente”, perché, nelle proprietà il loro sistema rimane quello originale.

Il *Plan général de la ville de Paris* del 2008, è stata la base cartografica di partenza. Come sistema di riferimento per l’inserimento di questi primi fogli in un nuovo file QGIS, è utilizzato il: **NTF (Paris) / Lambert zone I EPSG: 27571**.

Le caratteristiche del sistema di riferimento individuato sono le seguenti:

Unità: metro

GeodeticCRS: NTF (Paris)

Ellissoide: Clarke 1880 (IGN)

Primo meridiano: Parigi (['Paris', '2.5969213'] grado da Greenwich)

Note: introdotto nel 1972. Sostituisce NTF (Parigi) / Lambert Nord Francia (codice 27561).

Area di utilizzo: Francia continentale terraferma a nord di 53,5 gradi Nord (48° 09'N).

Sistema di coordinate: cartesiano 2D CS. Assi: est, nord (X, Y).

Orientamenti: est, nord. UM: m.

Coordinate del centro: 552587.60 1215784.19³¹.

Il “plans_tiff” (così denominato nella cartella dei file), è composto da 231 fogli, nella quale è suddivisa la città di Parigi. Nel file di progetto sono stati inseriti solo i disegni riferiti al centro della capitale, in cui sono presenti le aree dei rilievi di Davioud. In particolare, i raster denominati:

³¹<https://epsg.io/27571>

j69A - j69B - j69C - j69D. j70A - j70B - j70C - j70D. j71A - j71B - j71C - j71D.
j72A - j72B - j72C - j72D. j89A - j89B - j89C - j89D. j90A - j90B - j90C - j90D.
j91A - j91B - j91C - j91D. j92A - j92B - j92C - j92D.

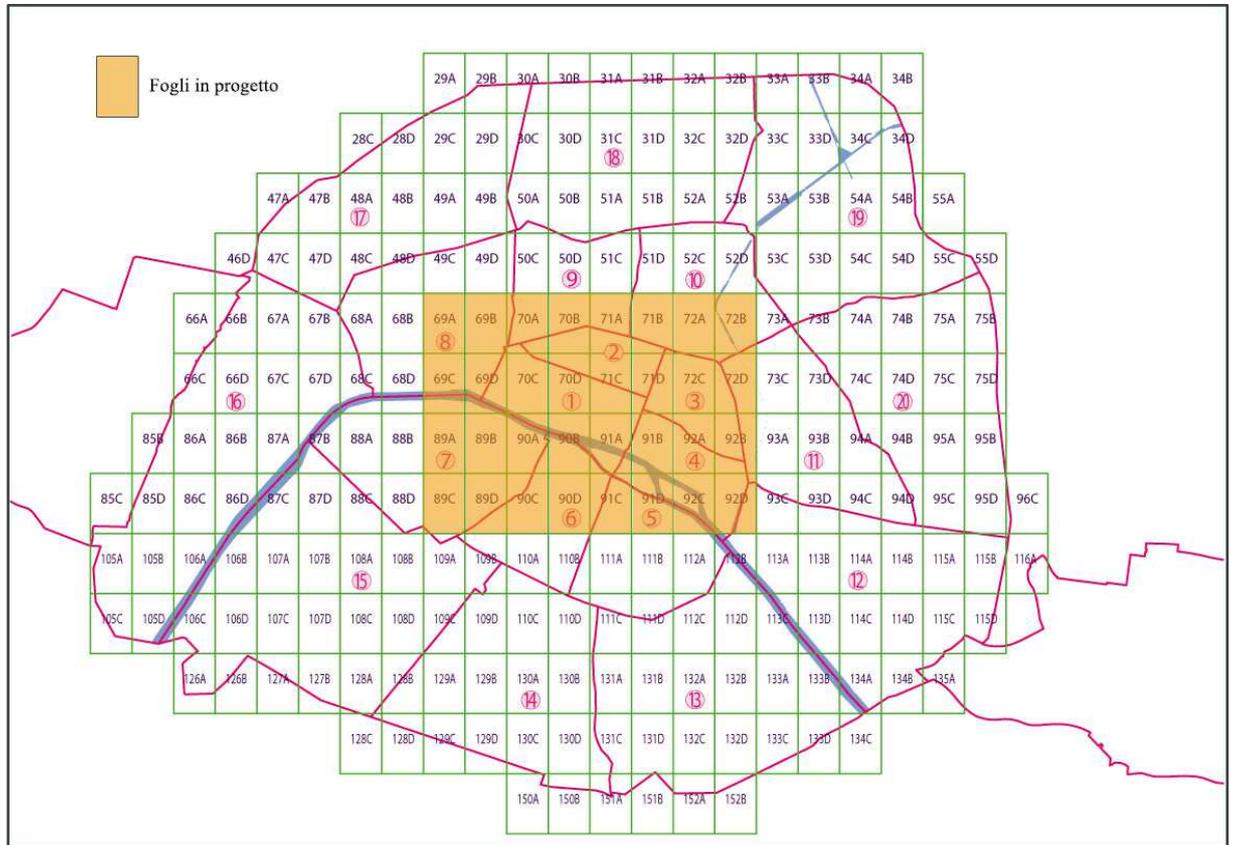


Figura 17 – Suddivisione della città di Parigi nel Piano Generale del 2008. In Arancione sono evidenziate le parti caricate sui programmi GIS.

L’inserimento su QGIS, ma anche su ArcGIS è immediato; su QGIS tramite il tasto “aggiungi raster”, o selezionare nella barra degli strumenti la voce layer, in seguito “aggiungi layer” – “aggiungi raster”.

In modo analogo su Arcmap tramite il tasto “AddData”.

7.1.1 La georeferenziazione delle carte geografiche rappresentanti la Parigi ottocentesca

Inserita la base attuale dell’area di Parigi interessata dal progetto composta da 32 fogli, il passaggio successivo è stato determinare le carte geografiche utili per l’inserimento di dati tematici a disposizione che si vuole successivamente sviluppare.

Dopo un attenta analisi sulle mappe a disposizione e sulle potenzialità di ognuna, si è decisi di partire non in ordine temporale di quando sono state disegnate, ma dall' *Atlas Jacoubet*.

La scelta è dovuta ad un fattore di rappresentazione, il Jacoubet è la carta geografica precedente al piano Haussmann con una migliore precisione per quanto riguarda la posizione degli isolati e i loro confini. Sono disegnati con le giuste proporzioni gli assi viari e le distanze stradali tra un isolato ed un altro. L'atlas è carente nelle informazioni più dettagliate di ogni singolo isolato come i perimetri degli edifici, per questo deve essere supportato da altre fonti. Vi è la presenza dei numeri civici, ma non in tutte le vie della città.

Il sistema di riferimento utilizzato in questo caso e poi per tutte le successive lavorazioni del progetto è il **RGF93 / Lambert-93 EPSG: 2154**.

È il sistema di riferimento geodetico ufficiale della Francia metropolitana RGF93 (DATUM "Réseau Geodesique Français 1993"), identificato con il codice 2154 dal comitato European Petroleum Survey Group (EPSG 2154).

Ha come proiezione Lambert93, la proiezione ufficiale per le mappe della Francia continentale a partire dal decreto 2000-1276 del 26 dicembre 2000. Quest'ultima è una proiezione conica conforme, che utilizza il Meridiano di Greenwich come meridiano d'origine.

Principali caratteristiche di sistema:

Unità: metro

GeodeticCRS: RGF93

Ellissoide: GRS 1980

Primo meridiano: Greenwich

Area di utilizzo: Francia – onshore e offshore, terraferma e Corsica.

Sistema di coordinate: cartesiano 2DCS. Assi: est, nord (X, Y).

Orientamenti: est, nord. UM: m.

Coordinate del centro: 489353.59 6587552.20³².

³² Fonte: <https://epsg.io/2154>

Anche per l'Atlas Jacoubet sono stati selezionati i disegni in cui sono rappresentate le vie Parigine dove sono presenti gli edifici rilevati dall'architetto Davioud. Delle 54 mappe presenti, in scala 1:2000, ne sono state inserite sei nel file GIS. In particolare, i disegni denominati nella cartella del materiale:

Feuille22.tif - Feuille23.tif - Feuille24.tif. Feuille31.tif - Feuille32.tif – Feuille33.tif. Comprendono un'estensione di area sia alla sinistra, sia alla destra della Senna e l'Ile de la cité.

L'inserimento del Jacoubet all'interno del progetto, avviene tramite un processo denominato di georeferenziazione. È funzionale nei casi in cui occorre stabilire il posizionamento di una mappa rispetto ad un'altra dello stesso luogo. L'operazione avviene manualmente, si individuano punti in comune presenti su entrambi i disegni e si procede a creare un punto di coordinate note, che determineranno il posizionamento. È importante trovare più punti in comune, in modo da avere un'informazione più completa, e allo stesso modo è importante trovare punti distribuiti sull'intera area per evitare deformazioni.

In una zona fortemente urbanizzata e interessata da cambiamenti e modifiche continue e rapide, come il nostro caso studio, i punti in comune su rappresentazioni della stessa porzione di territorio, sono ricercati nei luoghi simbolo, in monumenti, edifici storici, ma anche piazze, lati e perimetri di isolati rilevanti. Più si è sicuri sull'esatta posizione del punto disegnato e più si avrà un preciso posizionamento.

QGIS permette di indicare direttamente dalla mappa i punti comuni e aggiungerli o modificarli, nel caso in cui la georeferenziazione non sia soddisfacente, cioè nel caso in cui l'errore sia troppo grande. Per errore si intende la distanza tra i punti, ma nel caso della georeferenziazione del Jacoubet sul piano generale attuale, il discostamento di un punto di 2m è accettabile.

La procedura per completare queste operazioni è stata eseguita su QGIS, su Arcmap invece sono state importate direttamente le mappe già georeferenziate.

Tramite il comando "georeferenziatore", situato nella barra degli strumenti alla voce Raster, si apre una cartella in cui possono essere eseguite le procedure sopra elencate. Nelle impostazioni di trasformazione sono stati inseriti i seguenti parametri:

- Transformation Type: Thin plate spline (TPS)

- Metodo di ricampionamento: cubico
- SR di destinazione: RGF93/ lambert – 93 EPSG:2154

Successivamente occorre salvare un raster in uscita, in cui è rappresentato il raster nella forma in cui è stato inserito nel GIS, con le possibili deformazioni.

È possibile generare una mappa ed un rapporto della georeferenziazione, nella quale sono rappresentati i punti scelti e le distanze dalle precedenti. Il pdf può essere generato in automatico.

Nello specifico, per ogni singolo raster del Jacoubet, sono stati individuati i seguenti punti, che hanno permesso la georeferenziazione:

- Feuille22: 23 punti sulla carta, in particolare punti presi su Palazzo del Louvre.
- Feuille23: 9 punti sulla carta, in particolare punti presi su Palazzo del Louvre, chiesa St. Germain l’Auxerrois, chiesa St. Eustache, chiesa Notre-Dame de Bonne Nouvelle.
- Feuille24: 17 punti sulla carta, in particolare punti presi su chiesa Saint Nicolas des Champs, chiesa St. Merry, chiesa St. François, Porte St. Denis, Porte St. Martin.
- Feuille31: 10 punti sulla carta, in particolare punti presi su chiesa St. Joseph des Carmes, chiesa Saint Sulpice, chiesa St. Thomas D’Aquin.
- Feuille32: 23 punti sulla carta, in particolare punti presi su Palais de l’Institut, Hôtel des Monnaies, cattedrale di Notre Dame, chiesa St. Julien le Pauvre.
- Feuille33: 6 punti sulla carta, in particolare punti presi su chiesa St. Louis en L’Ile, chiesa st. Nicolas du Chardonnet, chiesa St. Gervais.

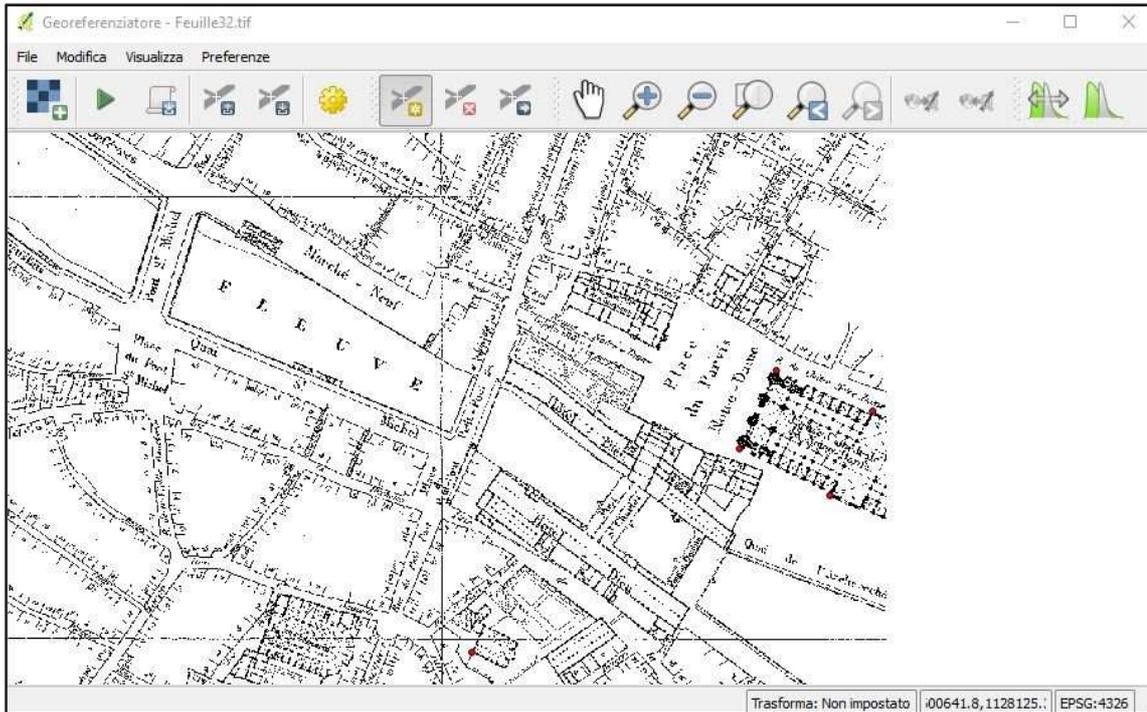


Figura 18 – Procedimento di georeferenziazione su QGIS. Nel caso specifico, procedura di georeferenziazione della mappa “Feuille32.tif” dell’ Atlas Jacoubet. Si evidenziano i punti definiti sul perimetro della cattedrale di Notre Dame de Paris.

In pdf, sono presenti tutti i report e i file utili a comprendere il risultato della georeferenziazione tramite programma GIS.

Il Jacoubet offre al progetto una visione chiara della Parigi della prima metà dell’800.

Per maggiori informazioni sugli isolati della città, sono stati selezionati i disegni del *Cadastre par îlots de Vasserot et Bellanger*, in completamento delle informazioni.

I fogli di Vasserot sono rappresentazioni di scala maggiore, per la maggior parte comprendono singoli isolati in cui è chiara la disposizione interna. Si tratta di rilievi molto accurati che tengono conto delle aperture in facciata, dei corpi scala, della divisione delle proprietà, e anche degli spazi all’aperto contenuti negli isolati.

Sono disegnati gli edifici nei rispettivi piano terra, grazie ad essi, è possibile avviare al limite presente nell’ atlas Jacoubet, in cui non vi è un grado di dettaglio accettabile. In ogni foglio, sono anche accennati i profili degli isolati confinanti e le strade su cui si affacciano, ma presentano un minore grado di dettaglio; se si

confronta con altre carte geografiche del tempo, fa presupporre che queste informazioni non siano state rilevate correttamente.

Nel progetto GIS, i raster del Vasserot sono quelli presenti con il maggior numero, sono stati individuate isolato per isolato, le vie contenenti gli edifici di Davioud. Con l'informazione sui fronti edilizi dei rilievi, e con le indicazioni planimetriche offerte dal catasto, si riescono a sommare informazioni sulla conformità dei palazzi, protagonisti delle lavorazioni del piano Haussmann.

Sono caricati su QGIS 82 fogli del catasto Vasserot. La denominazione di ognuno, è in base al quartiere in cui è situato. I disegni presenti nel progetto interessano 11 di queste suddivisioni, ognuno del quale contiene più di un raster. In particolare sono denominati:

4_Tuileries_n.JPG

6_Palais_Royal_n.JPG

11_Saint_Eustache_n.JPG

13_Saint_Honoré_n.JPG

14_Louvre_n.JPG

15_Marches_n.JPG

23_Lombards_n.JPG

25_Sainte Avoye_n.JPG

28_Arcis_n.JPG

34_Hotel de Ville_n.JPG

35_Cité_n.JPG.

L'inserimento, avviene anche per queste mappe tramite georeferenziazione, utilizzando lo stesso procedimento del Jacoubet. Il sistema di riferimento continua ad essere il RGF93 / Lambert-93 EPSG: 2154, e i punti sono sempre valutati caso per caso, in base agli edifici simbolo e ai perimetri dei quartieri. Come base, non si utilizza più il Piano Attuale della città di Parigi, ma il Jacoubet. Una volta caricato, si raggiunge un discreto apparato di informazioni sulla zona parigina interessata.

Per i fogli di Vasserot, la deformazione è più rilevante. Essa è dovuta al fatto che sono presenti alcune discordanze tra il catasto e l'atlante, dovuti a diversi motivi come il fattore temporaneo, la diversa scala e lo scopo principale su cui è focalizzato il grado di dettaglio. Inoltre, non tutti i numeri civici corrispondono, nel decennio che

c'è fra le due rappresentazioni, alcune opere di demolizione sono già iniziate, modificando così l'assetto delle vie. È stata necessaria una attenta valutazione e consultazione di entrambi per andare ad inserire i rilievi di Davioud nei passaggi successivi.

Anche in questo caso, le operazioni sono state svolte su QGIS, mentre su ArcMap sono importate già georeferenziate.

Il piano Attuale di Parigi, l'Atlas Jacoubet e il Cadastre par îlots de Vasserot et Bellanger, rappresentano l'informazione raster presente nel progetto GIS. Su di essi si costruiscono i dati vettoriali e gli attributi. L'operazione di georeferenziazione e dell'individuazione dei sistemi di riferimento è stata fondamentale per collocare geograficamente i dati, in modo da avere un riscontro tra fattore spaziale ed evento storico.

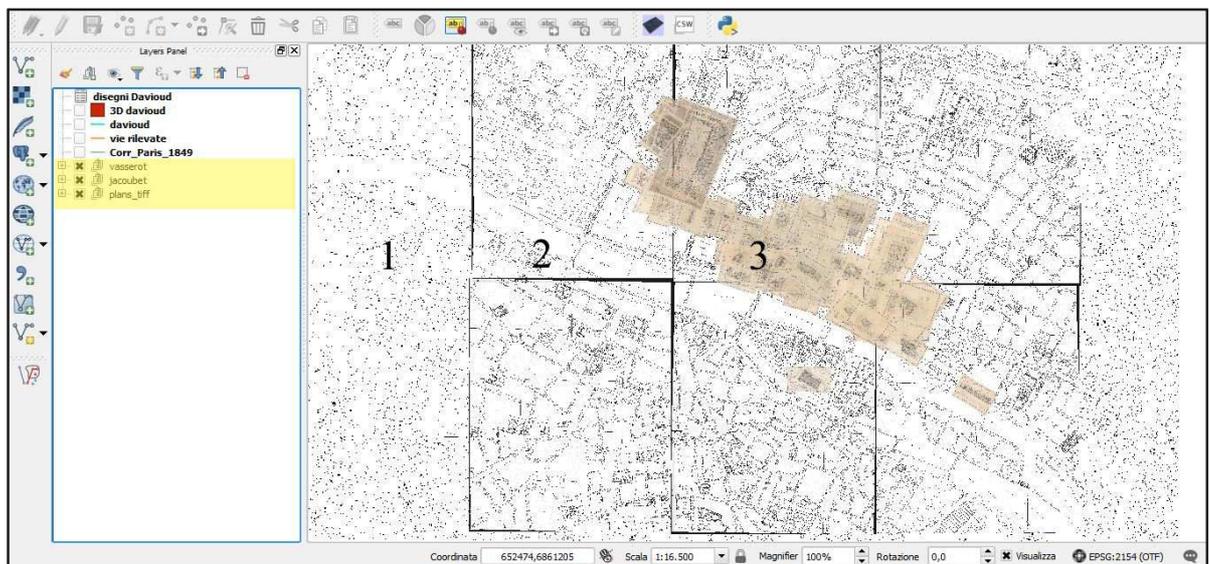


Figura 19 – Dati raster nel progetto GIS. In giallo sono evidenziati i layer delle cartografie inserite. 1. Il piano attuale della città di Parigi. 2. L'atlas Jacoubet. 3. Catasto Vasserot.

7.2 Le indagini GIS dei rilievi di Davioud: criteri di restituzione dei disegni tramite dati vettoriali

Impostata la base, si è iniziato a ragionare sull' inserimento dei dati vettoriali.

Punto focale delle informazioni, sono i rilievi di Davioud, che non sono direttamente caricati sui programmi GIS, ma svolgono la duplice funzione di supporto per gli attributi, e di linee guida per la creazione di dati vettoriali.

Nel caso studio i dati vettoriali sono realizzati tramite Shapefile, si distinguono per il tipo: linea, punto, poligono. È un' operazione di base per ogni programma GIS, le modalità sono analoghe su QGIS e su ArcMap.

Il procedimento su QGIS si ottiene tramite la barra degli strumenti, su Layer – crea vettore – nuovo shapefile, o direttamente dall'icona rapida. Su Arcmap invece tramite Catalog, si cerca la cartella del progetto in questione e tramite tasto destro si può creare un nuovo Shapefile. L'operazione successiva avviene all' interno della tabella che si sussegue, in cui sono definiti i riferimenti geografici, il tipo di vettore e gli attributi.

La creazione degli shapefile è avvenuta su programma QGIS.

1) DAVIOUD

Il primo shapefile che si vuole creare, denominato “davioud”, ha lo scopo di identificare i fronti edilizi oggetto di rilievo da parte di Davioud sulle mappe precedentemente inserite. L'obiettivo del primo vettore oggetto di studio è principalmente storico. La procedura di creazione avviene in modo classico, gli attributi sono direttamente caricati su GIS e i dati sono inseriti ogni volta che si aggiunge un elemento.

Deciso di utilizzare il tipo linea, si procede con il definire gli attributi che costituiscono l'informazione tematica dell'oggetto inserito.

Le linee costituiscono elementi puntuali per ogni singolo rilievo di Davioud, pertanto, gli attributi sono riferiti ad esso.

Caratteristiche Shapefile:

Nome: davioud

Tipo: linea

Codifica file: system

SR selezionato: EPSG2154, RGF93 / Lambert-93

I campi che determinano gli attributi sono i seguenti:

	Nome	Tipo	Nome tipo	Lunghezza	precisione
0	via-piazza	Testo	String	80	0
1	n. civico	Numeri interi	Integer	3	0
2	File	Testo	String	80	0
3	Prospetto	Testo	String	15	0
4	Misure	Testo	String	2	0
5	n. piani	Numeri interi	Integer	2	0

Si tratta di sei attributi per ogni rilievo, che permettono di avere una prima valutazione dell'edificio. La definizione dei nomi è la seguente:

- Via - piazza: si intende la classificazione della rue, place, quai, halle in cui è situato il rilievo. Ognuna di queste classificazioni contiene più di un disegno.
- Il numero civico è determinato in base al confronto nei disegni di Davioud e nell' atlas Jacoubet, con il supporto del Vasserot.
- File: attributo che determina il percorso del file del rilievo di Davioud. Rimanda alla cartella nella quale sono contenuti i file analizzati per l'elaborato. Funzionalità importante si riscontra non tanto nel programma QGIS, ma in ArcMap. Grazie al comando "lampo", è possibile aprire direttamente il file una volta selezionato l'elemento dello shapefile. Procedura che permette di avere una rapidità maggiore nelle analisi e un collegamento diretto con file esterni al documento ArcMap.

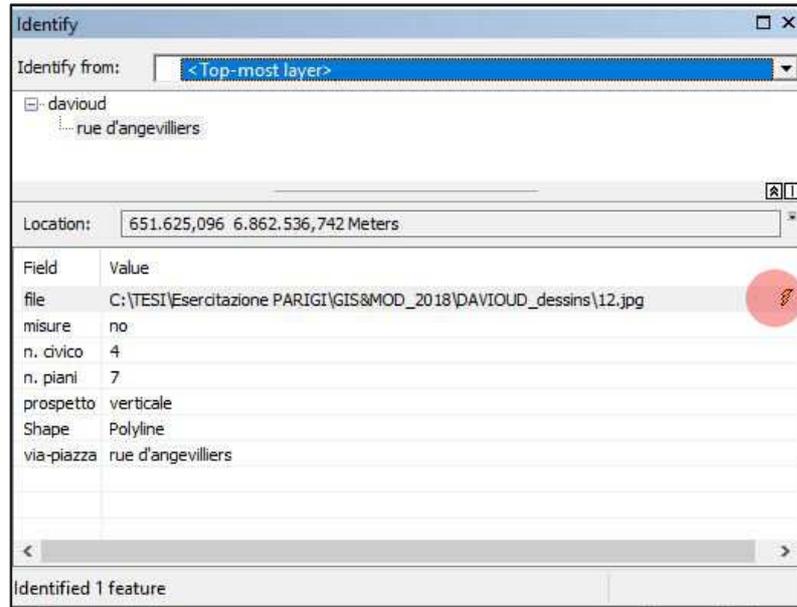


Figura 20 – Comando Hyperlink, funzionalità di ArcMap. Per accedere al link è sufficiente cliccare sul simbolo evidenziato.

- Prospetto: si vuole indicare se i fili dei palazzi rilevati si estendono orizzontalmente o verticalmente. La maggior parte degli edifici hanno un'estensione verticale maggiore, in media quattro piani.
- Misure: si intende la presenza di informazioni di quote nei disegni di Davioud. In alcuni di essi, si trovano dei riferimenti di misura di altezza dei piani, di distanze tra finestre ecc.
- N. piani: indicano il numero di piani di ogni edificio rilevato. Sono escluse le mansarde e gli abbaini.

È possibile che non si riesca a definire ogni singolo attributo per ciascun elemento. In questo caso occorre stabilire un linguaggio comune di inserimento nei dati mancanti. Sono stati indicati i seguenti parametri:

n.d.: nel caso di dati non definiti di tipo testo.

00: nel caso di dati non definiti di tipo numeri interi.

Complessivamente, lo shapefile è composto da 880 elementi, distribuiti nei 722 file a disposizione di Davioud. Un foglio, infatti può contenere più numeri civici.

È da evidenziare che, al fine del completamento delle informazioni, 111 disegni del materiale fornito, non sono stati trovati e quindi non sono stati inseriti nel progetto.

I motivi sono soprattutto di assenza di indicazioni. La ricerca del posizionamento si è basata sul Jacoubet supportato dal Vasserot. Caso particolare è la via denominata nelle basi cartografiche “rue de Marvaux”, mentre negli scritti di Davioud rue Nicolas Flamel. La sua individuazione è avvenuta grazie al supporto di google maps, attualmente infatti, è ancora così denominata.

L’ordine di creazione degli elementi è avvenuta in base ai rilievi, si riporta in seguito la tabella con alcuni degli attributi inseriti per la realizzazione del primo dato vettoriale.

via-piazza	n. civico	File	prospetto	misure	n. piani
rue d'angevilliers	2	C:\TESI\Esercitazione PARIGI\GIS&MOD_2018\DAVIOUD_dessins\11.jpg	verticale	no	7
rue d'angevilliers	4	C:\TESI\Esercitazione PARIGI\GIS&MOD_2018\DAVIOUD_dessins\12.jpg	verticale	no	7
rue d'angevilliers	6	C:\TESI\Esercitazione PARIGI\GIS&MOD_2018\DAVIOUD_dessins\12.jpg	verticale	no	7
rue d'angevilliers	8	C:\TESI\Esercitazione PARIGI\GIS&MOD_2018\DAVIOUD_dessins\13.jpg	verticale	no	7
rue d'angevilliers	10	C:\TESI\Esercitazione PARIGI\GIS&MOD_2018\DAVIOUD_dessins\14.jpg	verticale	no	7
rue d'angevilliers	12	C:\TESI\Esercitazione PARIGI\GIS&MOD_2018\DAVIOUD_dessins\15.jpg	verticale	no	7
rue d'angevilliers	14	C:\TESI\Esercitazione PARIGI\GIS&MOD_2018\DAVIOUD_dessins\15.jpg	verticale	no	7
rue d'angevilliers	16	C:\TESI\Esercitazione PARIGI\GIS&MOD_2018\DAVIOUD_dessins\16.jpg	verticale	no	7
rue d'angevilliers	18	C:\TESI\Esercitazione PARIGI\GIS&MOD_2018\DAVIOUD_dessins\17.jpg	verticale	no	7
rue despoulies	1	C:\TESI\Esercitazione PARIGI\GIS&MOD_2018\DAVIOUD_dessins\18.jpg	verticale	no	6
rue despoulies	3	C:\TESI\Esercitazione PARIGI\GIS&MOD_2018\DAVIOUD_dessins\19.jpg	verticale	no	7
rue despoulies	5	C:\TESI\Esercitazione PARIGI\GIS&MOD_2018\DAVIOUD_dessins\20.jpg	verticale	no	7
rue despoulies	7	C:\TESI\Esercitazione PARIGI\GIS&MOD_2018\DAVIOUD_dessins\21.jpg	verticale	no	7
rue despoulies	9	C:\TESI\Esercitazione PARIGI\GIS&MOD_2018\DAVIOUD_dessins\21.jpg	verticale	no	6

Sono riportate le prime 2 vie analizzate, nei file contenuti nella cartella di tesi si trova la tabella attributi completa.

La tabella attributi, può essere esportata da programmi GIS in altri formati. In questo caso i dati sono stati esportati per essere visualizzati su Microsoft Excel. Su QGIS, per avviare questa operazione è necessario installare un Plugins, denominato 'Xy Tools'.

Per accedere alla sua funzionalità bisogna aprire la finestra 'vettore' e successivamente 'Save attribute table as Excel file', e in seguito selezionare il vettore da cui si vuole esportare gli attributi.

La stessa operazione eseguita su ArcMap è invece più immediata; è sufficiente aprire la tabella attributi direttamente dal layer vettoriale. È possibile esportare i dati in un file di testo, che potrà essere aperto in Excel o in altri programmi.

Il risultato di questa prima analisi permette una immediata visualizzazione dei rilievi estesi nella città Parigina. Interessa gran parte dell' attuale rue de Rivoli.

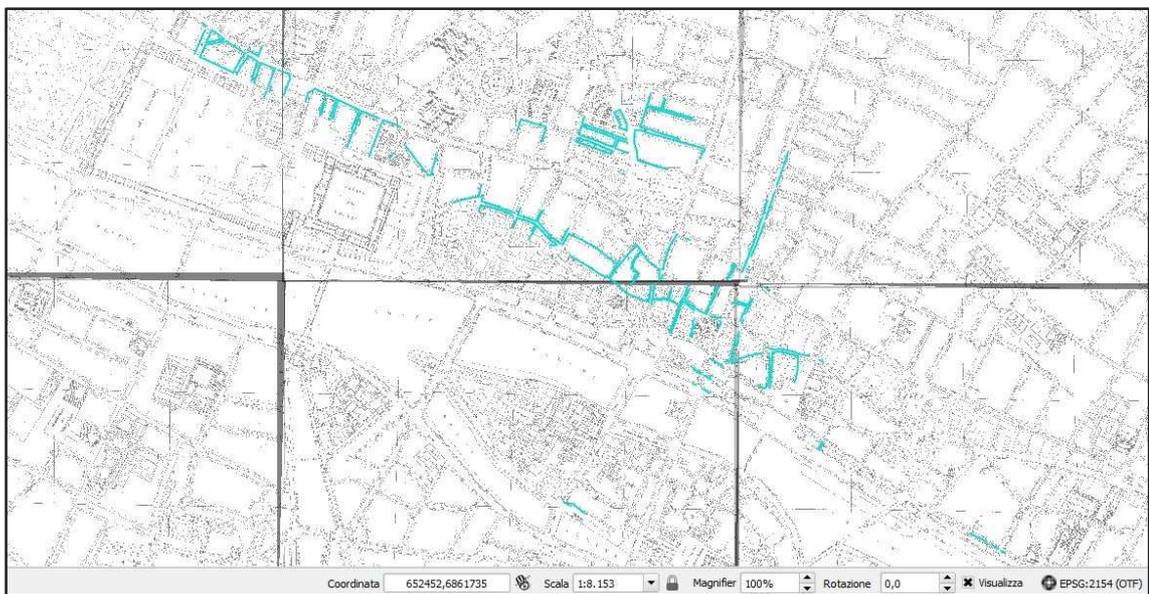


Figura 21 – Dato vettoriale 'davioud' sul programma QGIS. Vettore di tipo linea, ogni elemento corrisponde ad un rilievo di edificio. Di base, l'Atlas Jacoubet.

2) VIE RILEVATE

Il secondo shapefile inserito è denominato vie rilevate ed è utilizzato per verificare le operazioni di relazione di programmi GIS con programmi esterni.

A differenza del vettore Davioud che si concentra su ogni singolo edificio, l'indagine di questo shapefile si concentra sulle vie della città interessate dal piano Haussmann, nella quale l'architetto Davioud ha effettuato le sue lavorazioni.

Su GIS si è proceduti a determinare il tipo di elemento; è stato deciso di adoperare nuovamente il tipo linea, in quanto deve rappresentare delle strade e non fornisce informazioni relative alla geometria (larghezza strada ecc). In questo caso sarebbe stato più corretto scegliere il tipo poligono, perché tramite esso sarebbe stato

possibile scalare le dimensioni dell'asse viario. Per eseguire questo passaggio con maggiore precisione, si enuncia che è possibile importare le forme di shapefile direttamente da programmi CAD e di progettazione, e poi successivamente inserire informazioni tematiche. Questa procedura non è stata eseguita all'interno della tesi, ma tramite consultazione di tutorial e libri, si può affermare che la procedura può essere attuata su entrambe le piattaforme, ma con minore numero di passaggi su ARCMAP.

Accanto al vettore, su GIS, come attributo è stato inserito solo il numero in progressione delle vie, le altre informazioni sono state invece completate su programma Microsoft Office Access (2007). Le caratteristiche dello shapefile sono le medesime del file Davioud.

Le vie interessate nel progetto sono 76, e le informazioni riguardano aspetti relative a:

- Nome delle vie: si elencano i nomi delle rue, place, quai, halle in cui sono situati i rilievi.
- Numero di disegni di Davioud presenti nelle vie.
- Numero dei numeri civici rilevati per ogni via.
- La presenza di negozi, commercio nelle vie: tramite l'osservazione dei rilievi di Davioud si indica in questa analisi le vie interessate dalla presenza di negozi al piano terra.
- La conseguenza che le vie hanno avuto in relazione al Piano Haussmann: tramite l'analisi di mappe degli anni successivi, si cerca di stabilire quali sono le vie che sono state sacrificate per la realizzazione dei lavori urbani Haussmanniani, le vie invece che sono rimaste invariate, e le vie che sono ancora presenti ma nella Parigi attuale hanno cambiato denominazione.

Nel capitolo successivo sono riportati i passaggi delle operazioni di collaborazioni tra GIS con un programma esterno e sugli attributi caricati.

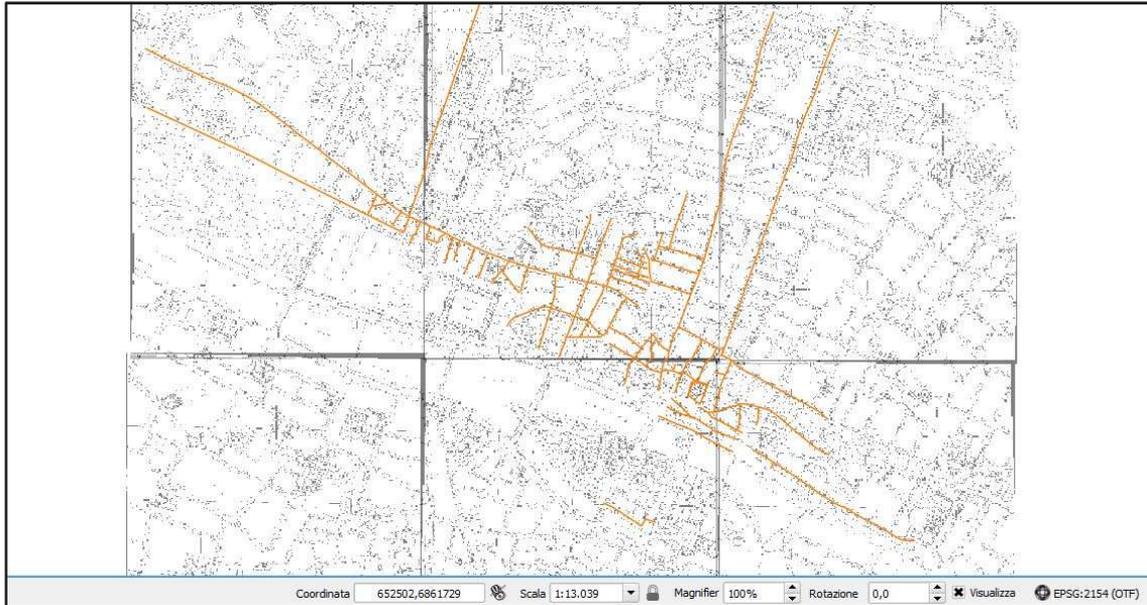


Figura 22 – Dato vettoriale 'vie rilevate' sul programma QGIS. Vettore di tipo linea, ogni elemento corrisponde ad una via interessata dai rilievi. Di base, l'Atlas Jacoubet.

3) 3D DAVIOUD

Il terzo dato vettoriale elaborato nel progetto è denominato 3D davioud. È utilizzato per fornire informazioni sull'altimetria degli edifici, in modo da procedere con le operazioni di estrusione, volumi e funzionalità in 3D che i programmi GIS studiati offrono attualmente.

Come base per “disegnare” gli elementi che compongono lo shapefile, si è fatto riferimento al Vasserot, nel quale ogni isolato ha colorazioni differenti per le diverse proprietà che lo costituiscono.

Per creare lo shapefile si è deciso di utilizzare, a differenza dei due precedenti, il tipo poligono. Le altre caratteristiche invece sono le medesime del file Davioud.

La funzione principale è rivolta a studiare le metodologie sopra elencate, pertanto, non fornisce informazioni tematiche rilevanti. gli attributi che compongono lo shapefile sono:

- Il nome della via, piazza in cui è situato l'edificio.
- L'altezza degli edifici.
- Il numero dei piani per ogni edificio.

Il numero dei piani e l'altezza degli edifici è stata determinata tramite un lavoro puntuale su ogni singolo rilievo di Davioud.

Il numero di piani è stato stabilito contando il numero delle aperture sulle facciate e si è deciso di escludere le mansarde e gli abbaini. Per quanto riguarda l'altezza degli edifici si intende la distanza dal filo del terreno fino alla linea di colmo del tetto, sono esclusi i camini. La determinazione dell'altezza è avvenuta sul programma autoCAD, che ha permesso di scalare i disegni rappresentanti i rilievi, utilizzando misurazioni conosciute (nella maggior parte è stato fatto riferimento alle quote delle aperture). È un passaggio meccanico, che contiene variabili non indifferenti; per tanto non si può assicurare con certezza che l'altezza stabilita sia esatta al massimo della precisione. Soprattutto se si considera il fatto che sono state utilizzate scansioni di disegni, senza contare l'errore umano da parte dell'architetto Gabriel Davioud.

Informazioni più specifiche sono riportate nel capitolo riguardante la parte relativa al 3d.



Figura 23 – Dato vettoriale '3D davioud' sul programma QGIS. Vettore di tipo poligono, ogni elemento corrisponde ad un edificio rilevato. Di base, l'Átlas Jacoubet.

7.2.1 Dati vettoriali per l'indagine di un isolato tramite il programma CityEngine

Definite le tre analisi generali sui rilievi di Davioud ricercati, per affrontare più nel dettaglio il tema del rapporto GIS con dati tridimensionali, si è riposta l'attenzione su un numero di disegni limitato, in modo da elaborare informazioni più specifiche.

Per eseguire le operazioni sul programma CityEngine, che sono descritte nel capitoli successivi della tesi, è stato necessario creare uno shapefile di partenza, da poter essere esportato successivamente sul programma.

L'isolato interessato è delimitato a nord da Rue de la Tixeranderie, a est da Rue du Mouton, a sud da Place de l'Hôtel de Ville, a ovest da Rue Jean l'Epine.

Per raggiungere gli obiettivi pre-stabiliti delle lavorazioni sul programma, è stato necessario creare tre shapefile, uguali nella forma vettoriale, ma differenti per gli attributi che costituiscono la tabella.

Si è deciso di utilizzare il tipo poligono, che ha permesso di disegnare l'area planimetrica degli edifici. Come base è stato utilizzato nuovamente il Vasserot, in particolare il disegno denominato *28_Arcis_03*. Di grande supporto ad esso è stato lo shapefile denominato "*Bati*", in quanto ha permesso di capire gli spazi aperti tra un edificio e un altro. Il file è stato scaricato direttamente dal Progetto Alpage precedentemente descritto.

Nell'isolato sono presenti 39 edifici, di cui 27 sono rilevati da Davioud e quindi si è riusciti a reperire le informazioni.

I tre shapefile creati, basati sulle stesse primitive geometriche, forniscono livelli di informazioni differenti:

1) "*Bati*"

Sono presenti informazioni dettagliate su ogni singolo edificio. Si riportano i dati relativi all'altezza totale dell'edificio, all'altezza di ogni singolo piano, alla tipologia del tetto e se sono presenti gli abbaini, al numero di finestre per ogni piano, alla tipologia delle finestre e delle aperture al piano terra.

2) “*Bati* info parziali”

In questa fase intermedia si è deciso di trascurare i dati riferiti alle altimetrie, sia per quanto riguarda l’altezza totale, sia per l’altezza di ogni piano. Questa situazione potrebbe presentarsi nel caso in cui come fonte si è in possesso di una fotografia, di un disegno, di un quadro in cui è rappresentato l’edificio ma non si hanno informazioni relative ad altezze precise. Sono state inserite negli attributi le informazioni che un soggetto riuscirebbe comunque reperire guardando il disegno, come il numero dei piani (basando il conteggio sulle aperture), il numero di finestre per ogni piano, la tipologia del tetto, la presenza o assenza degli abbaini, la tipologia delle finestre e delle aperture al piano terra.

3) “*Bati* numero piani”

Il terzo shapefile creato ha come unica informazione il numero dei piani. Tutte le altre informazioni saranno stabilite direttamente dal programma.

Gli attributi sono descritti nel dettaglio nel capitolo relativo alle operazioni su CityEngine, dove sono descritte le operazioni di inserimento dei dati mancanti e le procedure per poter utilizzare i dati per elaborare una forma tridimensionale. In seguito è riportata la creazione dello shapefile su QGIS.



Figura 24 – Dato vettoriale '*Bati*' sul programma QGIS. Vettore di tipo poligono, ogni elemento corrisponde ad un edificio rilevato. Di base, l’Atlas Jacoubet.

8 Relazione GIS con programmi esterni

Una delle operazioni di confronto di QGIS e ArcMap, si basa sul rapporto con programmi esterni in materia di attributi e di composizione dei dati tematici.

Il dato vettoriale, come descritto in precedenza, è composto da una primitiva geometrica e un dato tematico alfanumerico. In casi in cui l'operatore ha già a disposizione in partenza un database con i dati che gli servono per comporre un file GIS, è possibile utilizzare direttamente quel file, senza bisogno di riscrivere tutta la serie di dati negli attributi GIS.

Questo collegamento è possibile grazie ad un comando denominato 'join', presente sia in QGIS che in ArcMap.

Per vedere le procedure da effettuare, si fa riferimento al caso studio, in particolare per la composizione del dato vettoriale denominato "vie rilevate", per la quale gli attributi sono stati strutturati in un database realizzato tramite Microsoft Access.

8.1 Il database su Microsoft Access



Figura 25 - Logo Microsoft Access 2013

Access è il più diffuso sistema di gestione di dati per l'ambiente Microsoft Windows, ed è un interfaccia software di tipo relazionale. Può essere utilizzato in due modalità: come gestore di basi di dati autonomo su personal computer e come interfaccia verso altri sistemi. Per la definizione di interrogazioni, Access mette a disposizione due diversi strumenti: uno strumento grafico di formulazione di interrogazioni di tipo QBE (query by example), e un interprete SQL. Il punto fondamentale delle interrogazioni query by example è che venga formulata descrivendo le caratteristiche che devono essere possedute dalle righe del risultato.

Per il progetto di questa tesi, Microsoft Access è stato utilizzato per verificare la relazione dei programmi GIS con le tabelle esterne.

La creazione di un database su Access avviene in modo simile a quella nei programmi GIS precedentemente descritta. Permette un maggiore tipo di attributi, che costituiscono i campi. La creazione della tabella è avvenuta seguendo passaggi strutturati, l'informazione ricercata è stata tradotta in un linguaggio accessibile al programma. I campi inseriti sono i seguenti:

nome via - piazza	Testo
numero di disegni	Numerico
numeri civici rilevati	Numerico
presenza negozi - commercio	Si/No
conseguenze al piano Haussmann	Testo
VIA	numerico

Per il campo denominato *conseguenze al piano Haussmann* è stato realizzato un collegamento con una tabella differente contenente le possibilità di risposte, in modo da facilitare il completamento degli attributi. In questo caso, si decide di stabilire un vincolo di risposta, nel senso che vi sono solo 3 dati possibili per comporre l'attributo; ovvero se la via attualmente è:

presente – eliminata – ridenominata.

L'operazione è possibile tramite la modalità di casella combinata, essa seleziona una delle informazioni, specificando la voce conseguenze al piano Haussmann a quale categoria appartiene.

8.2 L'operazione di Join tra tabelle esterne di dati sulle vie Parigine coinvolte nell'indagine GIS

Parametro fondamentale affinché avvenga il funzionamento dell'operazione di join, è il fatto che sia garantito che fra le tabelle che si vogliono relazionare ci sia almeno un attributo in comune, su cui affidare l'unione delle informazioni; vi deve essere un attributo condiviso tra i due dataset.

Per permettere il collegamento Access – GIS, è stato necessario impostare quindi un campo chiave, che è utilizzato per identificare in modo univoco un record. Si è

deciso di optare per il campo chiamato “VIA”, per la velocità e precisione di composizione degli attributi. È di tipo numerico e si tratta della numerazione in ordine progressivo delle vie prese in analisi, utilizzando come strumento di informazione la cartella contenente i disegni di Davioud.

Il procedimento si può suddividere in due parti, la prima riguarda solo la creazione del database su Access, la seconda invece ha previsto la realizzazione di uno shape file di tipo linea sui programmi GIS, eseguito insieme all’inserimento dell’unico campo “VIA”, con gli stessi attributi di quello presente in Access.

Per il dato vettoriale, come supporto di base per ricercare le vie è stata utilizzata come cartografia l’Atlas Jacoubet, e come riferimento ai rilievi lo shapefile realizzato precedentemente denominato *davioud*.

Il join è una funzionalità che stabilisce una relazione 1:1 tra le righe delle tabelle collegate. Nonostante l’unione dei dati, le tabelle di origine non vengono modificate, ma continuano ad esistere anche singolarmente.

Le relazioni di join sono molto utili, perché riescono ad espandere l’informazione originale del dataset, rendendola disponibile per le visualizzazioni e le analisi.

Si riporta in seguito la tabella degli attributi, che sono interessati del procedimento di Join, e inseriti tramite questa procedura sui programmi GIS.

nome via - piazza	numero di disegni	numeri civici rilevati	presenza negozi - commercio	conseguenze al piano haussmann	VIA
rue d'angevillier	7	9	SI	eliminata	1
rue despoulies	4	5	SI	eliminata	2
rue de l'arbre sec	4	5	SI	presente	3
rue d'avignon	7	10	NO	eliminata	4
rue bethisy	13	21	SI	eliminata	5

Sono riportate le prime 5 vie analizzate, nei file contenuti nella cartella di tesi si trova la tabella attributi completa.

8.3 Access - QGIS.

Definita la geometria vettoriale su QGIS e completato l'inserimento degli attributi sulla tabella Access, il passaggio successivo è stato quello di legare i dati in un unico Layer.

Come scritto in precedenza, presupposto fondamentale è che ci sia una voce tra gli attributi in entrambi i formati, in modo da utilizzare essa come punto in comune e quindi elemento di unione. La colonna evidenziata in grigio, denominata VIA, è stata utilizzata per questo fine.

I passaggi sono basilari, come metodo più veloce occorre esportare la tabella su access in un file di testo .txt.

Aperto QGIS, tramite il comando “aggiungi layer testo delimitato”,  è possibile caricare il file appena salvato .txt sul programma, denominato “disegni davioud”.

Stabilito che i due layer hanno in comune un attributo, è caricati entrambi sullo stesso file, è possibile effettuare l'operazione di join. Dalle proprietà dello shapefile “vie rilevate”, è presente la finestra del join. Caricato il file di testo, vi è da stabilire:

- vettore di join: disegni davioud (casella in cui deve essere inserito il file contenente tabella con le informazioni degli attributi).
- campo unione: VIA
- campo destinazione: VIA
- spuntare la casella: vettore unito per la memoria virtuale.

In questo modo si completa il procedimento. Se i passaggi sono stati eseguiti in modo corretto, sulla tabella attributi del vettore (in questo caso “vie rilevate”), saranno presenti tutti i dati precedentemente inseriti nella tabella di access. Il join può essere effettuato non solo tra uno shapefile e un file di testo, ma anche da uno shapefile ad uno shapefile, o ancora da altri formati.

8.4 Access - ArcGIS

Procedimento analogo è stato eseguito su Arcmap. I dati utilizzati per realizzare il percorso sono gli stessi usati in QGIS; lo shapefile vie rilevate e il database creato su Access denominato Disegni Davioud.

Tramite il comando “add data” , il quale permette di aprire su arcmap ogni tipo di file supportato dal programma, si importa sul file di progetto disegni Davioud.txt.

Passaggio successivo è andare nelle proprietà dello shapefile vie rilevate, dove si trova la finestra Joins& Relate, che permette di stabilire l’unione tra i dati. La composizione delle caselle è avvenuta nel seguente modo:

- Join attributes from a table
- 1 choose the field: VIA
- 2 choose the table: disegni Davioud.txt
- 3 choose the field in the table to base the join on: VIA
- Join Options: keep all records.

Terminate le procedure, se si apre la tabella attributi dello shapefile “vie rilevate”, saranno presenti tutti i campi con le informazioni ricercate.

Possibilità in più che offre il programma ArcGIS, rispetto all’open source QGIS è la funzione Relate, che permette di stabilire una relazione 1:N tra le righe delle tabelle collegate. La relazione, come nel caso del join, è sempre basata su un campo comune, ma in questo caso gli attributi non si agganciano da una tabella all’altra. È una funzione che può essere utile come metodo alternativo alle interrogazioni.

8.5 Considerazioni conclusive

Le relazioni con programmi esterni, possono offrire un grande vantaggio a livello di tempistiche, per il completamento di un progetto GIS.

Le potenzialità garantite attualmente sia dai programmi open source, sia per quelli tramite licenza, permettono una collaborazione con un numero decisamente favorevole di formati. Con ogni programma è possibile eseguire salvataggi, importazioni ed esportazioni di progetti in diversi tipi. Molti di essi sono presenti in programmi creati anche per funzionalità differenti. È il caso di file originariamente creati in programmi di testo o di creazione di tabelle, come ad esempio i più comuni della Microsoft: Word, Excel, Access e molti altri, che possono essere aperti con i software GIS. Altro esempio sono i file di CAD sui programmi GIS o viceversa; shapefile su programmi di natura progettuale.

Le relazioni sono molto utili per quanto riguarda le informazioni tematiche che compongono un dato vettoriale. Vi sono casi di progetti che inglobano database con un numero elevato di voci, e il fatto di poterle utilizzare senza dovere effettuare un lavoro manuale di copiatura è un vantaggio non indifferente. Come si è visto nello svolgimento del caso studio, l'operazione è possibile allo stesso modo in programmi di licenza e software open source, con lo stesso livello procedurale e uguale grado di difficoltà.

9 GIS e modelli tridimensionali

Nelle operazioni effettuate nei precedenti capitoli, non si riscontrano notevoli differenze tra il GIS Open Source e il GIS con licenza. I primi, in particolare QGIS che è stato utilizzato, hanno raggiunto un livello ottimale per le operazioni di base, è possibile effettuare operazioni complesse come il join, e per quanto riguarda la fase di creazione di shapefile e di inserimento di cartografie, risulta essere ancora più immediato rispetto ad ArcGIS.

Sostanziali differenze si verificano sul rapporto che si crea tra un' informazione inserita in un GIS e la sua rappresentazione nelle tre dimensioni all'interno del programma. Come descritto nei successivi paragrafi, le piattaforme open source ad oggi, non garantiscono ancora la possibilità di raggiungere il livello di lavorabilità delle piattaforme commerciali.

La possibilità di creare informazioni nelle tre dimensioni direttamente all'interno di un GIS, è un aspetto che è stato affrontato negli ultimi anni ed è in fase di continua elaborazione. Ad oggi le procedure per realizzare elementi in grado di soddisfare le richieste degli utenti, risultano essere poco pratiche, in questa tesi l'obiettivo è quello di delineare procedimenti utili al raggiungimento dello scopo, sia sul programma QGIS, sia su ArcGIS; si cerca di capire quali sono le massime possibilità di creazione di informazioni 3D.

Se per quanto riguarda gli aspetti relativi all'altimetria del terreno, tramite l'inserimento delle quote ad ogni curva di livello, i sistemi di ricerca online, testi e articoli offrono agli utenti diverse spiegazioni su come effettuare le procedure, diverso è il discorso relativo alla modellazione di edifici ed elementi puntuali.

La prima difficoltà per sperimentare queste operazioni su un progetto relativo ad un ambiente urbano è proprio la carenza di tutorial e manuali.

In una indagine GIS che si presta a elaborare informazioni relative ad ambienti urbani, l'aspetto del 3D riportato come dato vettoriale, permette di avere a primo impatto una visione più rappresentativa del contesto analizzato. Se si riesce a creare un oggetto capace di essere sviluppato nella propria volumetria, si può ottenere la duplice funzione di:

- Maggiori informazioni direttamente reperibili dalla primitiva geometrica. Rispetto ad uno shapefile di tipo linea, punto o poligono, se si crea un elemento che assume direttamente la forma dell' oggetto che rappresenta, si ha la possibilità di "disegnare" le informazioni di carattere visivo e geometrico, oltre che a descriverle tramite dati.
- Contenere all'interno gli attributi precedentemente ricercati e inseriti nella tabella durante la creazione dello shapefile. Può essere oggetto di interrogazioni e di creazione di carte geografiche come una comune primitiva geometrica.

Nello svolgimento delle analisi, la procedura ritenuta più rapida e funzionale, è stata quella di procedere per fasi.

È necessario conoscere e ricercare i dati dell'oggetto che si vuole rappresentare, in modo tale da avere chiaro il risultato che si cerca di ottenere. Reperate tutte le informazioni, si procede nello svolgimento delle operazioni.

Per prima cosa occorre creare la base in pianta dell'oggetto che si vuole rappresentare. Fase di inserimento dei dati geometrici (carte raster), per poterle utilizzare sia come supporto nella georeferenziazione corretta della forma, sia per avere una rappresentazione dell'oggetto stesso. Si individua l'elemento sulla cartografia inserita e si procede nella creazione di uno shapefile di tipo poligono, che permette la rappresentazione della forma in pianta. Come ogni dato vettoriale sui programmi GIS, ad esso si associa in automatico una serie di campi prestabiliti dall'utente.

Se si utilizza questo procedimento, è necessario inserire gli attributi relativi all'altezza, in modo tale da avere informazioni sulle tre dimensioni principali di un oggetto:

- Lunghezza – larghezza: mediante il dato vettoriale appena realizzato.
- Altezza: nelle informazioni di ogni singolo elemento.

Eseguite le fasi preliminari i programmi GIS, tramite appositi comandi, devono estrapolare le informazioni e utilizzarle per determinare le volumetrie.

Procedimento più rapido e con risultati di rappresentazione più simili alla realtà, è quello di creare l'oggetto 3D in appositi programmi di modellazione e importarlo successivamente, nella forma definitiva, in un programma GIS. Una volta importato, gestire l'elemento come uno shapefile e inserire al suo interno i dati relativi alle indagini che si devono effettuare.

Nei successivi paragrafi sono spiegate queste procedure in concreto sui programmi QGIS e ArcGIS.

9.1 Edifici oggetto di rilievo di Davioud descritti tramite dato vettoriale

I rilievi sugli edifici di Davioud sono stati studiati in modo tale da riuscire a creare lo shapefile denominato "*3D davioud*", descritto nel paragrafo 7.2.

La planimetria è stata definita tramite il Cadastre Vasserot, in cui vi è la rappresentazione specifica di ogni proprietà degli isolati. L'altezza invece è descritta negli attributi inseriti in ogni elemento.

Il risultato che si può ottenere è solamente l'estrusione dei volumi, in quanto una progettazione vera e propria di un modello non è fattibile sui GIS. I rilievi sono rappresentati mediante forme, che saranno in un secondo momento estruse; sono prive di elementi caratterizzanti come il tetto e i balconi. Anche la rappresentazione è a livello preliminare. Data la mancanza di elementi che caratterizzano le facciate, i poligoni creati assumono colorazioni di default. Un metodo per rendere di maggiore impatto l'indagine è quella di non utilizzare un unico colore negli elementi, ma impostare una tonalità graduata in base ad un attributo che si vuole esaltare; in questo caso, il diverso grado di colorazione è in base all'altezza degli edifici. Può essere impostata direttamente dalle proprietà dello shapefile alla voce 'stile'. Si determinano le proprietà del campo sulla quale si effettua la categorizzazione dei dati, e per ogni categoria è definita una colorazione differente.



Figura 26 – Dato vettoriale *3D davioud* creato su QGIS. L'immagine riporta una minima parte degli edifici rappresentati, in particolare l'isolato delimitato a sud da Rue de la Coutellerie, a nord e a est da Rue Jean Pain Molet, a ovest da Rue de la Tacherie. Gli elementi che compongono lo shapefile rappresentano la pianta degli edifici in forma semplificata. Di base il catasto Vasserot.

via - piazza	h. edifici (m)	n. piani (#)
Rue de la Coutellerie	22	6
Rue de la Coutellerie	22	6
Rue de la Coutellerie	23	5
Rue de la Coutellerie	22	5
Rue de la Coutellerie	17	4
Rue de la Coutellerie	21	6
Rue de la Coutellerie	18	4
Rue de la Coutellerie	22	5
Rue de la Coutellerie	21	5
Rue de la Tacherie	18	5
Rue de la Tacherie	19	5
Rue de la Tacherie	9	2

Nella tabella sono presenti i dati relativi ad un numero ristretto degli elementi che compongono lo shapefile 3D *davioud*, in particolare sono riportati i dati relativi ai poligoni presenti nella figura 26.

Ne campo *via – piazza*, di tipo testo, sono riportate informazioni relative al posizionamento, per rilevare il civico esatto si può utilizzare lo shapefile *davioud* precedentemente creato nella stessa indagine.

Il campo *h. edifici*, di tipo numero intero, è determinante per effettuare l'estrusione. È riportata l'altezza di ogni singolo edificio espressa in metri ed è arrotondata in modo da non avere numeri decimali.

Il campo *n. piani*, di tipo numero intero, riporta il numero dei piani per ogni edificio. Al fine di ottenere l'estrusione, questo dato non è utilizzato. Rappresenta comunque un' informazioni in più per gli elementi.

In questo modo è stata realizzata la base degli edifici, sulla quale effettuare le operazioni altimetriche che permetteranno di ottenere un' analisi nelle tre dimensioni partendo da elementi in due dimensioni.

Se fino a questo punto i dati vettoriali sono stati visti come elemento di indagine, mentre il ruolo di 'base' è stato svolto dalle cartografie, per la realizzazione degli elementi tridimensionali, si può pensare ai dati vettoriali come ruolo di supporto della base e della posizione, ma non bisogna limitare l'utilizzo del vettore a questo. Da un utente che si presta ad adoperare i programmi GIS, l'oggetto in 3D non deve essere interpretato come un elemento a sé, che può essere discostato dal resto, perché è strettamente dipendente dagli attributi inseriti e dalla posizione impostata nella georeferenziazione. Pertanto, i volumi che si possono creare, devono essere letti come un oggetto di supporto derivante dalle informazioni dello shapefile, che continua ad essere l'elemento che caratterizza un' indagine.

Nei capitoli seguenti sono descritte le procedure realizzate su QGIS e ARCGIS.

9.2 Volumetrie dei rilievi di Davioud tramite QGIS

Cercare di delineare le procedure che permettono di lavorare nel tridimensionale su GIS in modo scritto risulta essere limitato, per questo motivo si fa utilizzo di immagini direttamente effettuate sul programma, che riguardano i passaggi principali delle operazioni.

QGIS, se si utilizza la versione di base direttamente scaricabile dal web, ad oggi non possiede comandi che permettano la creazione di volumi.

Una prima visualizzazione di elementi apparentemente estrusi, è possibile ottenerla tramite la modifica delle proprietà dello shapefile interessato.

Ne caso studio è stato modificato lo stile delle primitive geometriche che compongono il vettore 3D davioud. È una operazione immediata; è sufficiente aprire le proprietà dello shapefile interessato e selezionare la voce “stile”. Generalmente le proprietà di default presentano uno stile Single symbol che fa sì che il layer sia visualizzato in un unico colore. Il programma permette di modificare questa impostazione, se nel capitolo precedente è stata descritta la visualizzazione graduata in base agli attributi, stesso procedimento occorre effettuare per ottenere il risultato sotto riportato nell’immagine.



Figura 27 - Risultato dello stile 2.5 D, riportato sulla totalità dei rilievi di Davioud inseriti nell’ indagine GIS.

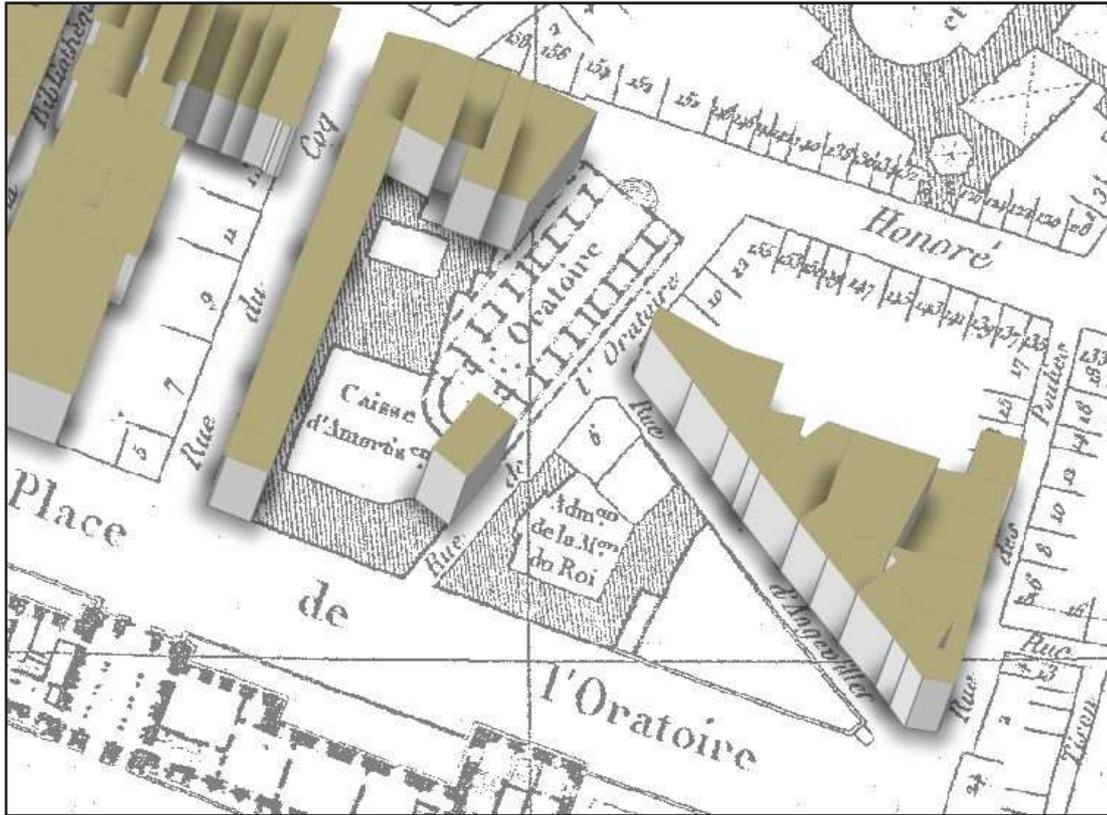


Figura 28 - Risultato dello stile 2.5 D, vista dei rilievi di Davioud in prossimità della Église de l'Oratoire.

Occorre impostare lo stile “2.5 D”, che permette di decidere l’altezza sia in base ad un valore stabilito random, sia in base a un campo di attributi presente nello shapefile. È possibile determinare anche l’angolo di estrusione degli elementi, la scelta dei colori, l’ombreggiatura e la trasparenza.

Gli elementi sono stati definiti apparentemente estrusi, perché sebbene a primo impatto la visualizzazione offre all’utente la presenza su carta dell’attributo altezza, l’oggetto rimane comunque in due dimensioni, non varia rispetto alla sua forma precedente. QGIS non permette la rotazione automatica del progetto che contiene, non è possibile visualizzare l’oggetto nella totalità della sua forma perché è statico. Le funzionalità di shapefile rimangono però invariate, se si seleziona un elemento, si possono leggere le informazioni descritte negli attributi inseriti.

Per ottenere un risultato più soddisfacente e creare modelli in tre dimensioni su QGIS, è necessario ricorrere all’installazione di *Plugin*, che offrono la possibilità di integrare utili applicazioni al software.

Sono strumenti realizzati sia dagli sviluppatori di QGIS, sia da altri utenti dipendenti e vengono messi a disposizione a tutti gli utenti del software. I *plugin* possono essere interni o esterni. Quelli interni sono già parte dell'installazione standard di QGIS e per renderli utilizzabili è sufficiente lanciarli. I *plugin* esterni invece devono essere scaricati (da QGIS *Plugins Repository*) e installati dall'utente.

Per la realizzazione del progetto, è necessario installare il *Plugin* esterno denominato *Qgis2threejs*. Il procedimento di installazione è immediato, il vantaggio del GIS open source è proprio quello della facilità di installazione delle applicazioni.

Nella barra degli strumenti selezionare la voce *Plugins* e successivamente nel menù a tendina che si apre *gestisci e installa plugins*, dove è presente l'elenco di tutti i *plugin* disponibili ed è possibile effettuare l'installazione. La versione installata per il progetto eseguito nella tesi è la 1.4.2.

Qgis2threejs consente una visualizzazione 3D basata sulla tecnologia WebGL. Esporta i dati del terreno, i dati vettoriali, la cartografia nel browser web e permette la visualizzazione degli oggetti in 3D. una volta installato, il *Plugin* può essere lanciato direttamente dal suo comando, o sulla barra degli strumenti alla voce *web*.

Per la progettazione dell'indagine, si è nuovamente impostato lo stile graduato allo shapefile *3D davioud*; con gradazione dei colori in base al campo h. edifici, mentre come base cartografica si utilizza il Jacoubet. Determinato il progetto che si vuole visualizzare nelle tre dimensioni, si procede con l'utilizzo di *Qgis2threejs*.

Avviato il *plugin*, è richiesto il completamento di una serie di impostazioni. Innanzitutto occorre selezionare il vettore interessato da estrusione, di tipo poligono, impostare le coordinate z, lo stile dell'elemento estruso in base a:

- Color: scegliere una opzione random o quello presente in progetto.
- Trasparency.
- Height: selezionare il campo di attributi che si vuole impostare come elemento di altezza degli oggetti, nel caso studio è stato selezionato h edifici, inoltre stabilire se mantenere i dati inseriti nella tabella o moltiplicarli.

È possibile decidere se comprendere nell'operazione tutti gli oggetti o solo una parte di essi.

L'ultima casella permette di caricare nel browser un attributo dello shapefile a scelta e renderlo leggibile nel risultato finale. Può essere inserito accanto o all'interno dell'elemento; è da evidenziare che il campo che si seleziona, sarà l'unico presente all'interno del progetto creato.

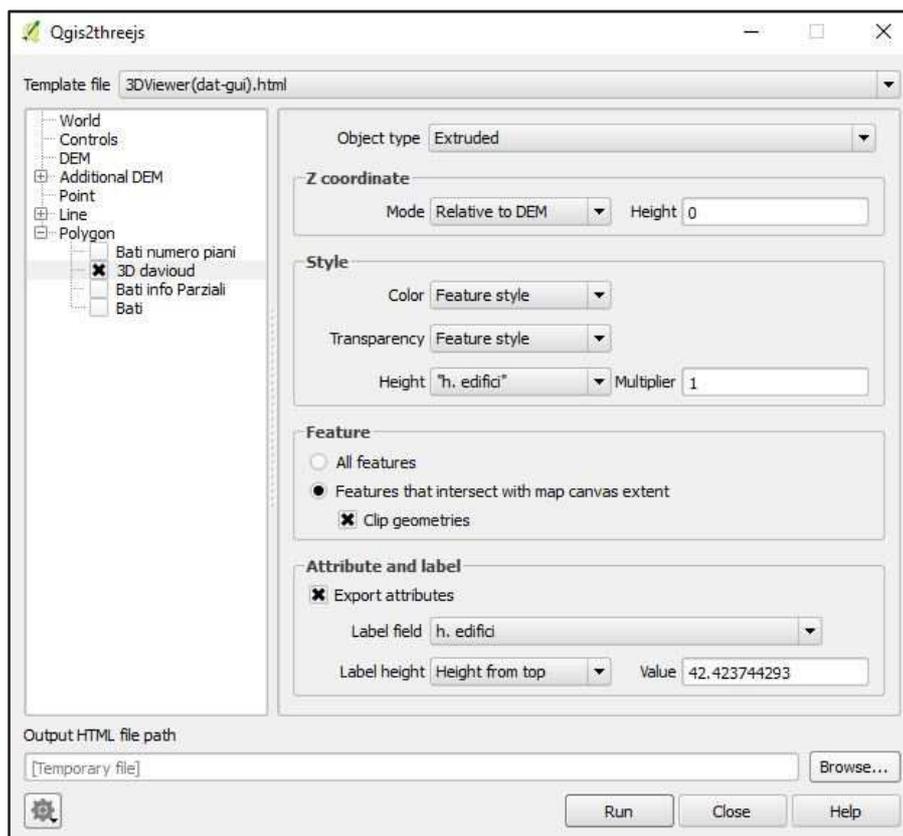


Figura 29 – Impostazioni di Qgis2threejs, con gli elementi relativi al caso studio.

Il risultato contiene le estrusioni degli edifici rappresentati nei rilievi di Davioud.

Il fatto che il progetto è rimandato sul browser, e non viene ultimato internamente al programma, fa sì che si creino alcuni punti sfavorevoli dell'operazione.

In primo luogo l'impossibilità di utilizzare comandi presenti sulla piattaforma e apporre modifiche alle estrusioni, senza nuovamente ripetere tutte le procedure.

Altro elemento sfavorevole è la diminuzione della risoluzione della cartografia raster inserita.

I punti di forza del risultato, oltre alle estrusioni che permettono agli edifici di essere rappresentati in modo più simile alla realtà, sono il mantenimento delle coordinate di riferimento, la rotazione del progetto, che garantisce una vista di 360° dell'elaborato, le impostazioni di modifica di opacità e di sfondo.

I layer rimangono divisi come in QGIS, e possono essere spenti nel caso in cui non sia necessaria la loro visualizzazione.



Figura 30 – Risultato complessivo ottenuto da Qgis2threejs dello shapefile 3D davioud. Di base, l'Atlas Jacoubet.

Nell'immagine sono presenti tutti i rilievi di Davioud inseriti nell'indagine GIS. Il programma ha effettuato l'estrusione dei poligoni precedentemente creati ottenendo il risultato che si può vedere. La colorazione degli edifici segue una classificazione in riferimento all'altezza degli edifici; più il colore è rosso, più l'edificio è basso, viceversa se l'elemento ha una colorazione chiara, tendente al giallo, significa che è un edificio dall'altezza elevata.

La base è l'Atlas Jacoubet, come si può vedere la risoluzione che si ottiene è molto bassa rispetto alla medesima su QGIS.

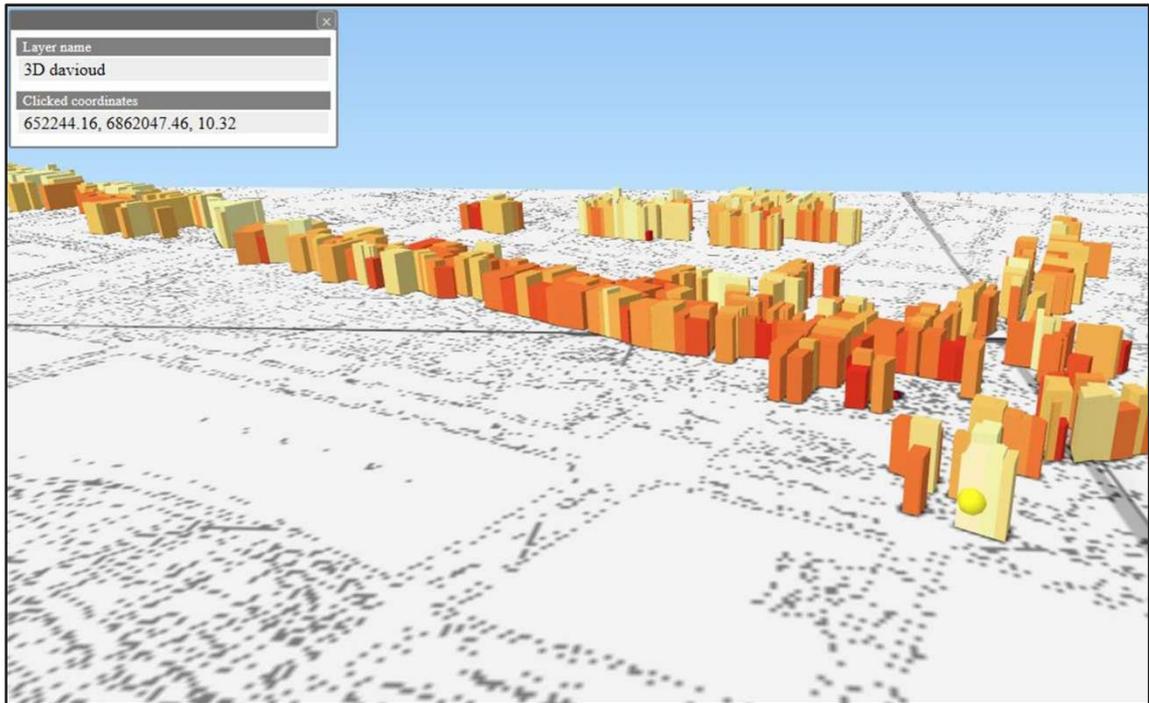


Figura 31 – Lettura delle coordinate dell’edificio contrassegnato dal punto giallo. Vista di una parte di edifici, in prossimità dell’attuale Rue de Rivoli.

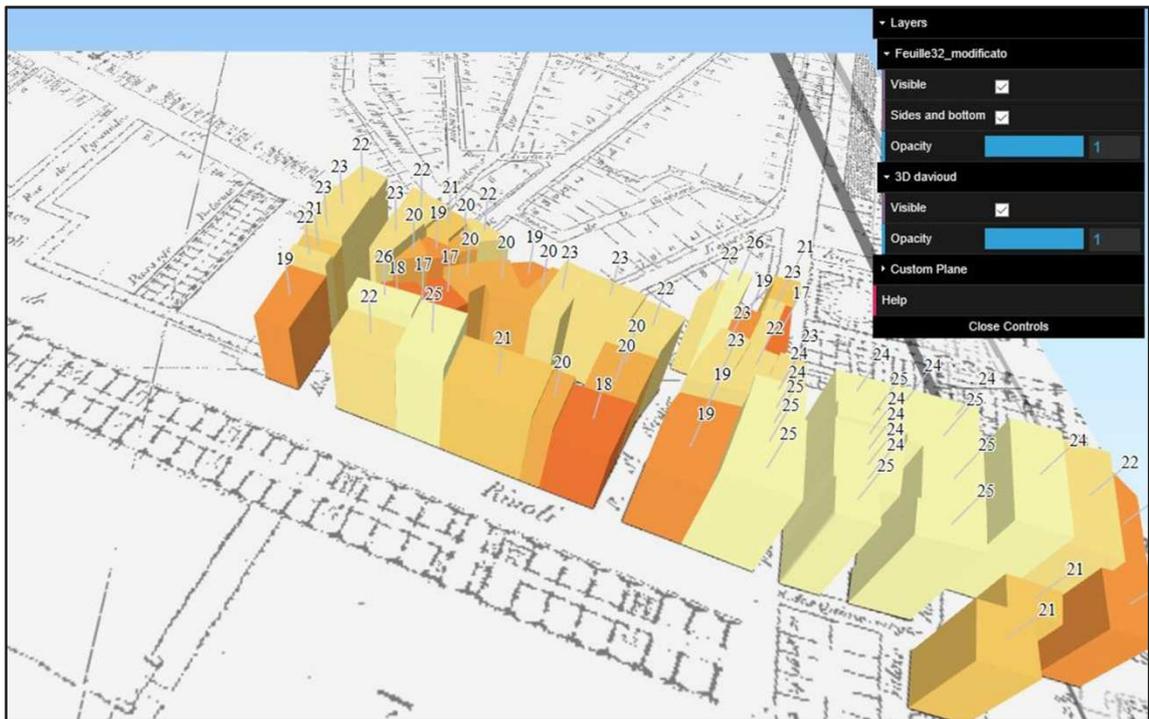


Figura 32 – Presenza dei dati relativi all’altezza per ogni elemento estruso, in alto a destra le impostazioni, che permettono operazioni come: tonalità, trasparenza, accendere/spegnere layer.

9.3 Volumetrie dei rilievi di Davioud tramite ArcGIS

Terminate le analisi su QGIS si è affrontato lo stesso tema in ArcGIS, in modo da avere un confronto diretto sulla stessa tipologia di indagine. L'obiettivo è quello di raggiungere la massima potenzialità di lavorazioni 3D che il software permette.

Se per le indagini effettuate precedentemente si è fatto utilizzo di ArcMap, per l'informazione nelle tre dimensioni ArcGIS, rispetto a QGIS, possiede al suo interno un' apposita applicazione, denominata ArcScene.

9.3.1 L' utilizzo di ArcScene

ArcScene è l'applicazione del sistema ArcGIS che permette la lavorazione delle informazioni nelle tre dimensioni. È scaricata insieme ad ArcGIS ed è possibile aprirla direttamente da ArcMap.

Per quanto riguarda l'interfaccia, segue le stesse impostazioni di ArcMap, fatto che facilita l'apprendimento delle funzioni, in quanto molte procedure sono ripetitive e i comandi principali sono gli stessi.

Al fine dell' indagine eseguita nella tesi, fondamentale è la presenza dell'estensione ArcGIS 3D Analyst, in ArcToolbox, che consente di disegnare dati vettoriali su superfici ed estruderli dalla superficie stessa per creare linee, muri e solidi.

È possibile utilizzare simboli 3D per aggiungere realismo alla visualizzazione dei dati GIS e creare animazioni di alta qualità per distribuire i risultati.

ArcScene offre inoltre la possibilità di visualizzare una scena da più punti di vista, utilizzando diversi visualizzatori o modificare le proprietà dei livelli 3D per utilizzare ombreggiature o trasparenze.

Avviato il programma, per aggiungere i dati necessari si utilizzano gli stessi comandi di ArcMap. Nel progetto della tesi, su ArcScene sono stati inseriti lo shapefile 3D davioud, e come cartografia di base l'Atlas Jacoubet.

Le operazioni effettuate sono due:

- Lavorare sulle estrusioni, create direttamente dal programma.

- Importare un modello 3D più dettagliato da un programma esterno è cercare di dominarlo come se fosse un comune dato vettoriale.

9.3.2 Le estrusioni dei rilievi su Arcscene

Rappresentare l'attributo altezza in arcscene è immediato, è sufficiente lavorare sulle impostazioni dello shapefile, chiaramente se prima è stata fatta una ricerca sull'altimetria dell'oggetto che si andrà a creare. Il risultato è visibile direttamente dal programma, a differenza di QGIS, ha una risoluzione buona ed è soggetto a modifiche continue. Non perde i valori inseriti nel poligono in 2 dimensioni e nel complesso il file rimane meno pesante e più lavorabile.

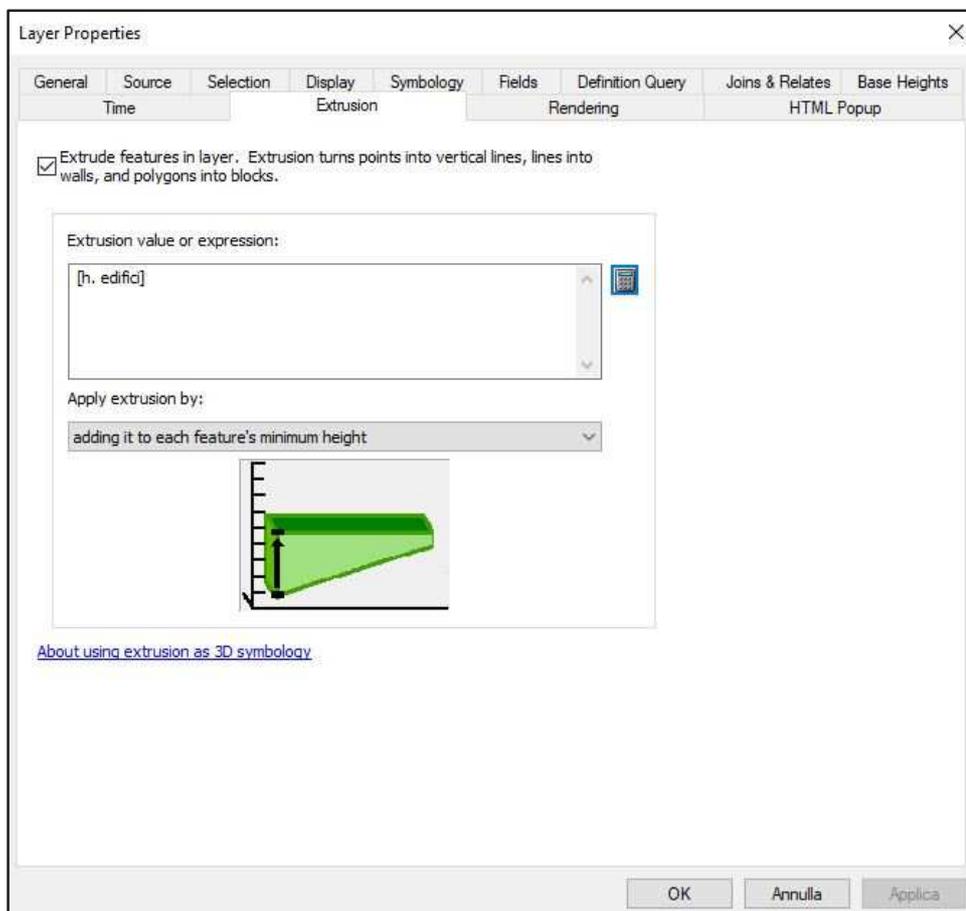


Figura 33 – Proprietà del layer che si vuole estrudere.

Nella casella *Extrusion value or expression*, è possibile determinare l'altezza in base ad un attributo presente nel file, nel caso del progetto è stato inserito *h edifici*. In

questo modo, il programma legge le informazioni e di conseguenza crea gli oggetti che compongono il progetto.

Il risultato che si ottiene permette di avere allo stesso tempo un oggetto che nella sua volumetria fornisce un'idea di massima della forma dell'elemento rappresentato, dati relativi alla posizione dell'oggetto e al rapporto con il contesto grazie alla stretta relazione tra esso e gli elementi spaziali come le carte geografiche, catastali e immagini di edifici, la possibilità di visualizzare in modo istantaneo le informazioni inserite negli attributi per ogni singolo oggetto.



Figura 34 – Risultato complessivo ottenuto da ArcScene dello shapefile 3D davioud. Di base, l'Átlas Jacoubet.

Nell'indagine presente nella figura, la gradazione dei colori è impostata per fornire informazioni relative al nome delle vie in cui sono presenti i rilievi di Davioud. La base invece è l'Átlas Jacoubet.

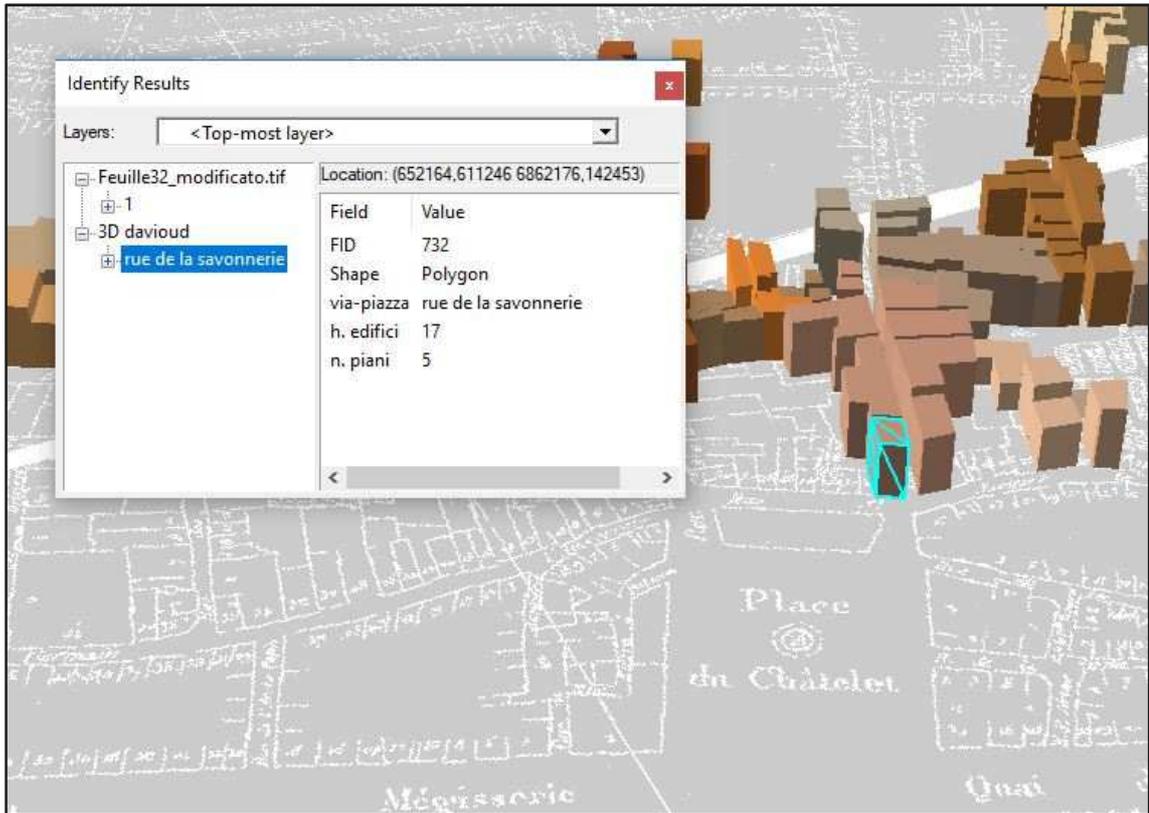


Figura 35 – Impostazioni che permettono la visualizzazione degli attributi dell'elemento evidenziato in azzurro.



Figura 36 – Vista ravvicinata degli isolati in prossimità del Palazzo del Louvre.

9.3.3 Importare modelli tridimensionali su Arcscene

Si è cercato di delineare le procedure di importazione di modelli 3D da programmi esterni su un programma GIS.

A differenza di QGIS, su ArcScene è possibile gestire oggetti tridimensionali provenienti da fonti diverse e con forme geometriche più complesse di una semplice estrusione. Il tentativo è stato fatto anche sul programma open source, ma come risultato si ha avuto un' importazione di un oggetto in due dimensioni, mancante di diverse informazioni. L'operazione, ad oggi, non risulta essere ancora possibile.

Anche per queste procedure si utilizzano dati derivanti dall' indagine sui rilievi di Davioud di Parigi, la concentrazione è però rivolta ad un unico isolato e non alla totalità dei disegni dell'architetto come nelle operazioni precedenti.

Come modellazione si è deciso di utilizzare il programma SketchUp, che garantisce un numero rilevante di formati possibili per l'importazione e l'esportazione. Le procedure possono comunque essere effettuate utilizzando come base un modello di un altro programma, purché abbia come lettura i formati supportati da ArcScene.

L'isolato scelto, è delimitato:

- a Nord da rue de la Haumerie,
- a Est da rue de la Savonnerie,
- a Sud da rue St. Jacques la Boucherie,
- a Ovest da rue St. Denis.

Inoltre, è attraversato in centro da rue D' Avignon e rue Trognon.

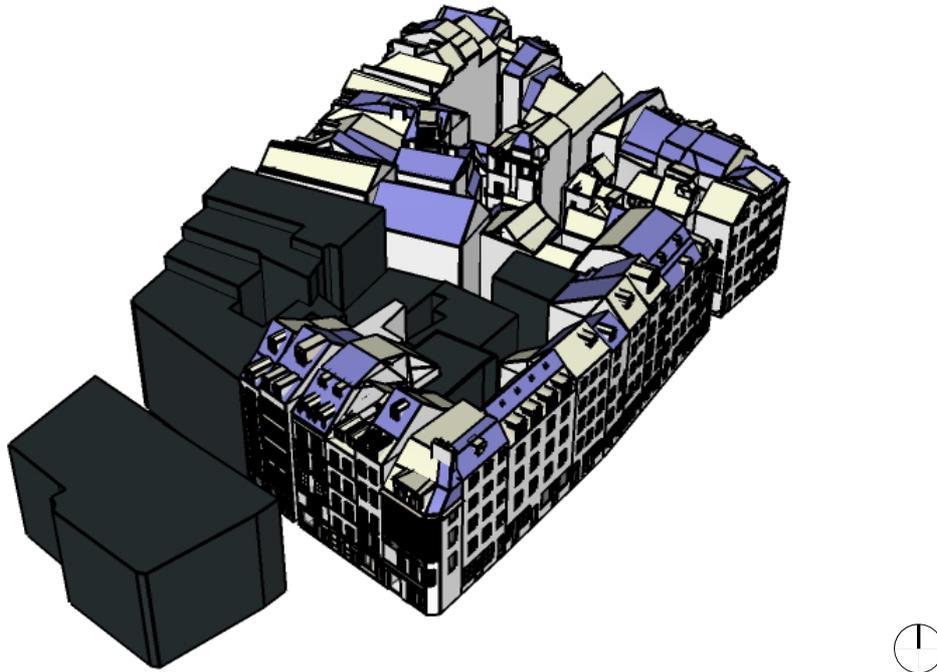


Figura 37 – Isolato comprendente alcuni rilievi di Davioud modellato tramite il programma SketchUp.

I rilievi non riguardano tutti gli edifici compresi nell'isolato, per questo motivo alcuni di essi sono rappresentati da semplici estrusioni in grigio scuro. Gli altri sono stati invece modellati a partire dai disegni di Davioud, con le informazioni che si ricavano dalle facciate.

Una volta ricavato l'oggetto tridimensionale è necessario esportarlo, per poterlo utilizzare su ArcScene. Su SketchUp, l'esportazione di 3D model può essere effettuata in diversi formati, e più di uno è leggibile dal programma GIS. Per completezza delle informazioni, si salva il modello da esportare nel formato .DAE, un formato di file di interscambio 3D utilizzato per il passaggio di risorse digitali tra più programmi di grafica. Essa si basa sullo schema XML collada (*collaborative design activity*).

L'importazione del modello 3D su arcscene è gestita dal modulo di ArcToolbox. Nel menù a tendina che si apre occorre selezionare le voci: 3D Analyst Tools – Conversion – From File – Import 3D Files, eseguiti questi passaggi si apre una

finestra in cui è possibile selezionare il file e le sue impostazioni, riportate nell'immagine in seguito.

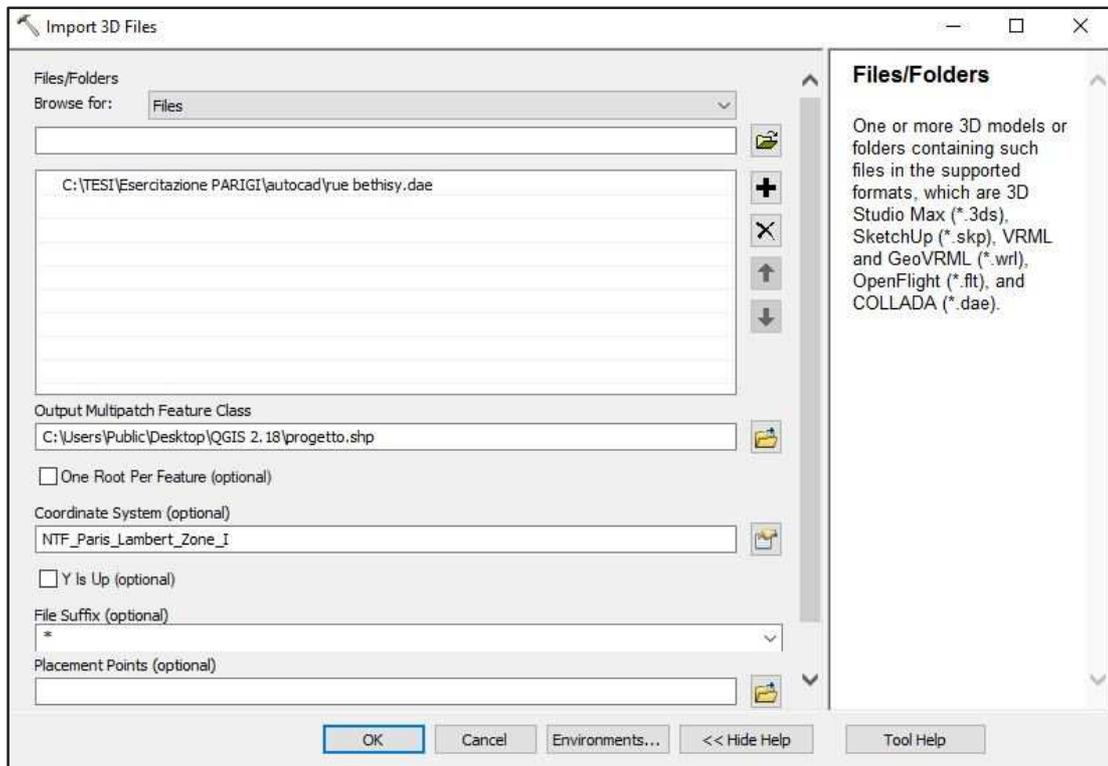


Figura 38 – Impostazioni di Import 3D Files su ArcScene.

Dalle impostazioni, è possibile selezionare il sistema di riferimento delle coordinate, e decidere se utilizzare un sistema già presente all'interno del file in altri elementi. Terminati i passaggi l'importazione è completata a tutti gli effetti ed è possibile gestire l'oggetto 3D su Arcscene.

Il programma permette l'utilizzo di funzioni anche strettamente legate al mondo della geometria; una volta importato, è possibile infatti scalare, ruotare e muovere la volumetria, secondo il risultato che si vuole ottenere, è possibile inoltre cambiare il colore e la rappresentazione dell'oggetto.

Per continuità con il progetto, il passaggio successivo è stato quello di provare ad inserire il 3D importato all'interno dell'indagine GIS precedentemente creata.

Nonostante l'inserimento dello stesso sistema di riferimento, non si è riusciti a geolocalizzare l'isolato nella sua posizione corretta all'interno del progetto.

Nota che ha fatto perdere di valore le operazioni eseguite, in quanto un oggetto all'interno di un GIS, anche se tridimensionale e con informazioni leggibili direttamente da come è rappresentato, se non è posizionato nella sua locazione reale perde di significato. Anche alla luce di altre operazioni, come salvare l'oggetto importato in un altro formato, trasformare l'oggetto in uno shapefile una volta presente sul programma, cambiare sistema di riferimento dei dati cartografici di base, non ha prodotto risultati soddisfacenti, le posizioni dell'indagine GIS della tesi, e dell'oggetto 3D importato, sono rimaste sfalsate. L'errore persiste nonostante le impostazioni analoghe delle cartografie e del volume presenti nello stesso file, che hanno lo stesso sistema di riferimento. Per questo motivo, non si è riusciti a risalire alle cause del problema, sono comunque state delineate delle ipotesi; le più probabili sono:

- incompatibilità nella lettura del programma di un elemento in tre dimensioni e uno in due dimensioni presenti nello stesso file.
- Difficoltà di gestione di elementi provenienti da sorgenti diverse e con dimensioni notevoli.

L'unico rapporto tra oggetto 3D e cartografia di supporto che si è riusciti a creare è stato quello di inserire la carta del catasto di Vasserot, denominata *23_Lombards_17.jpg*, rappresentante l'isolato modellato, che è stato successivamente scalato e posizionato correttamente in sovrapposizione ad essa. È da specificare che la carta inserita è priva di sistema di riferimento, nelle proprietà del layer si legge *XY Coordinate System: Unknown*.

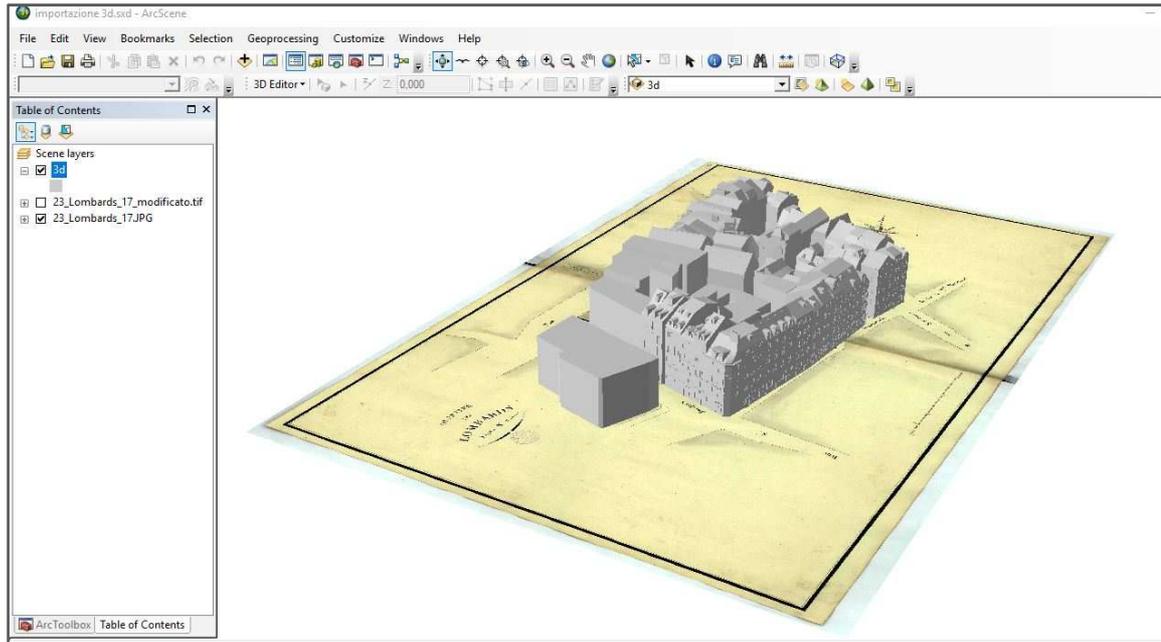


Figura 39 – Visualizzazione dell’importazione del 3D sul programma ArcScene. Di base il catasto Vasserot.

Complessivamente, l’operazione di importazione di modelli 3D su ArcGIS è ammissibile. Se si riuscissero a gestire i file nello stesso sistema di riferimento, i vantaggi di avere in supporto all’indagine GIS, con dati relativi alla ricerca sui rilievi, un modello 3D che rappresenti gli edifici così come sono, darebbe ulteriore credito all’analisi e un impatto immediato su come si presentavano le vie Parigine prima dei grandi lavori del Piano Haussmann.

9.4 I cambiamenti rispetto alla città attuale: l’indagine GIS nella Parigi di oggi

Condurre un’indagine GIS verso una gestione di dati relativi alla forma di un elemento nelle tre dimensioni, consente di realizzare rapporti immediati sulla rappresentazione di un territorio nei suoi cambiamenti avvenuti nel tempo.

Le volumetrie realizzate, con i dati inseriti all’ interno, possono essere esportate e utilizzate in programmi esterni al GIS. È il caso della collaborazione che si può creare tra lo shapefile e il programma Google Earth Pro.

Se si ha a disposizione uno shapefile impostato in una indagine GIS, georeferenziato correttamente secondo sistema di riferimento, esso può essere importato su Google

Earth Pro, senza perdere le informazioni che ogni elemento contiene. In questo modo, si ottiene un confronto diretto tra i dati inseriti nell'indagine e il territorio attuale.

Avviato il programma, dal menù file aprire la voce open. Google Earth Pro permette di aprire al proprio interno file di diversi formati; i principali del programma generalmente sono caratterizzati dal formato .kmz, ma ne sono ammissibili molti altri, tra cui .shp.

Nell'indagine della tesi, il file utilizzato è lo shapefile creato denominato *3D davioud.shp*. Può essere aperto direttamente sul programma, ma in questo caso la forma sarà caratterizzata solamente dalla primitiva geometrica (poligono, linea, punto), per ottenere la volumetria corretta è necessario applicare un modello di stile agli elementi importati. Tramite la tabella delle impostazioni sotto riportata, nella voce nome si seleziona l'attributo principale dell'indagine che si vuole riportare, la voce colore serve per determinare la rappresentazione degli oggetti; può essere realizzata tramite un unico colore, una scala di colori scelta in modo casuale, o impostare le tonalità in base ad un attributo presente. Nella tesi è stato scelto di determinare la colorazione in base alle differenti vie in cui sono presenti i rilievi. La voce altezza invece è fondamentale per realizzare le volumetrie, è necessario selezionare l'attributo che determina l'altimetria degli elementi e impostare l'unità di misura corretta.

Terminati questi passaggi, l'importazione dello shapefile 3D è completata.

Il risultato che si ottiene permette di avere gli elementi creati all'interno di Google Earth Pro, che rappresenta il mondo attuale. Inoltre, ogni singolo volume può essere selezionato ed essere oggetto di interrogazione; è possibile infatti visualizzare i propri attributi inseriti nell'indagine GIS.

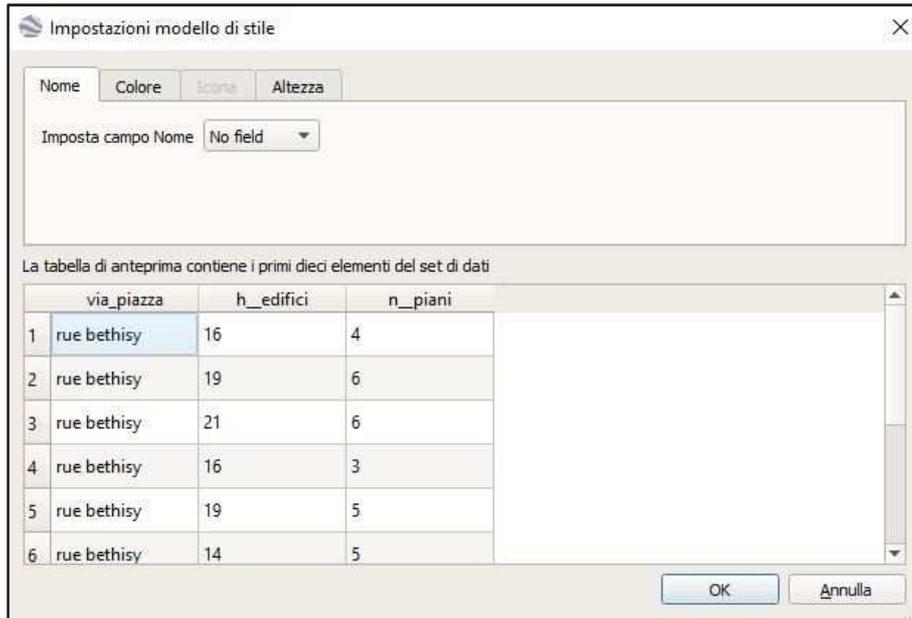


Figura 40 – Impostazioni di Google Earth Pro relative all' importazione di shapefile.

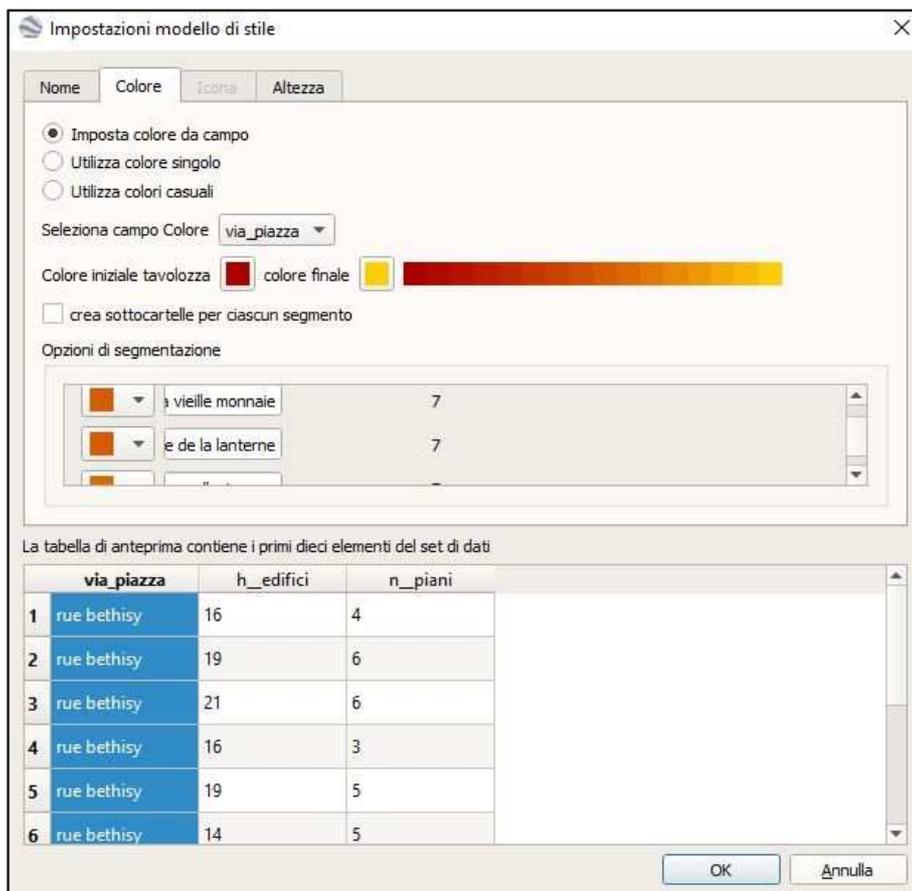


Figura 41 – Impostazioni di Google Earth Pro per determinare le gradazioni di colori degli elementi che compongono lo shapefile.

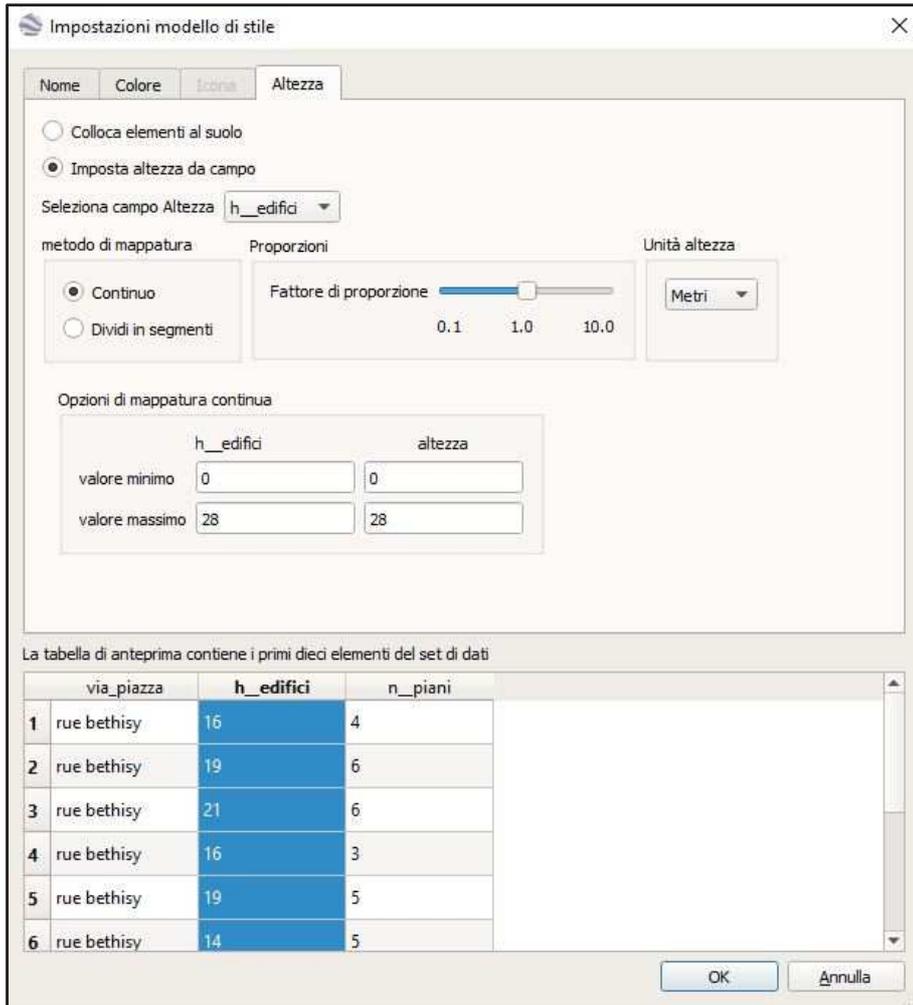


Figura 42 – Impostazioni di Google Earth Pro per determinare l'altezza della primitiva geometrica, in modo tale da formare delle estrusioni.

Studio di piattaforme GIS, attraverso un corpus di documenti di rilievo della Parigi Ottocentesca.

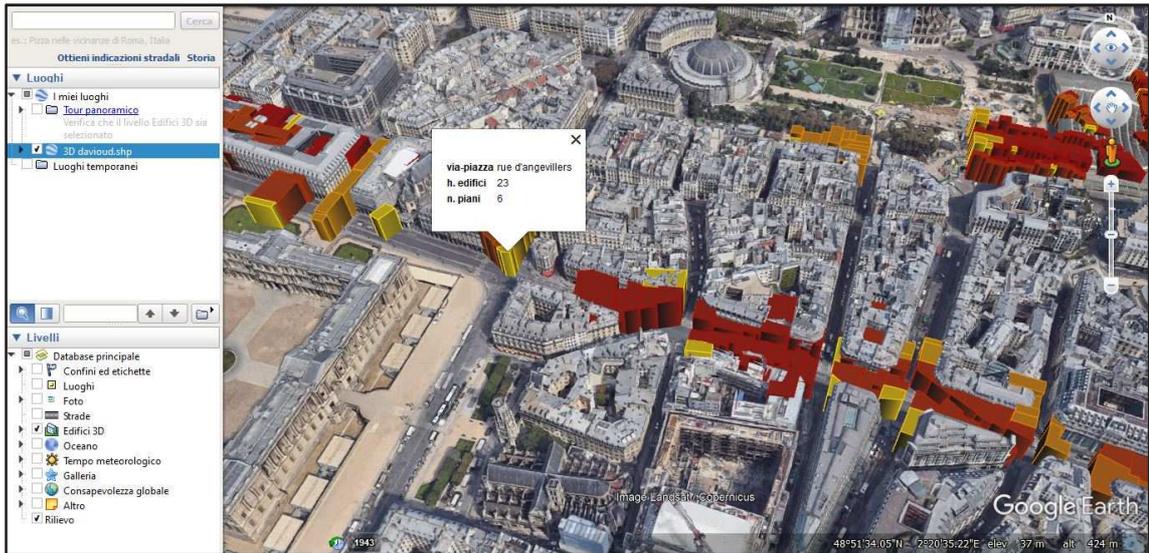


Figura 43 – Shapefile importato in Google Earth Pro. Nel riquadro bianco, i dati degli attributi che è possibile leggere selezionando un singolo elemento.



Figura 44 – Immagine da Google Earth Pro della città di Parigi attuale. In rosso- arancione – giallo, sono rappresentati gli edifici antecedenti alle lavorazioni del piano Haussmann presenti nei rilievi di Davioud, inseriti nell' indagine della tesi.

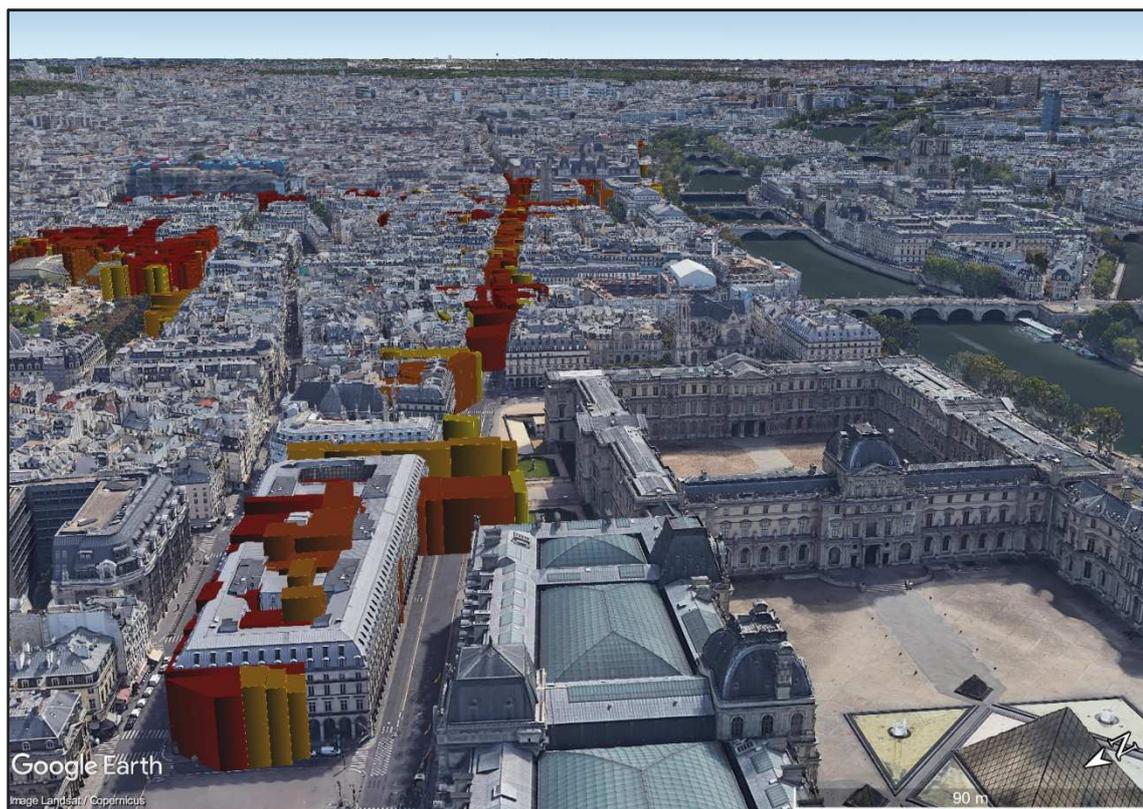


Figura 45 – Immagine da Google Earth Pro dell’ attuale Rue de Rivoli, in prossimità del museo del Louvre. In rosso – arancione – giallo, le estrusioni degli edifici presenti nei rilievi di Davioud.

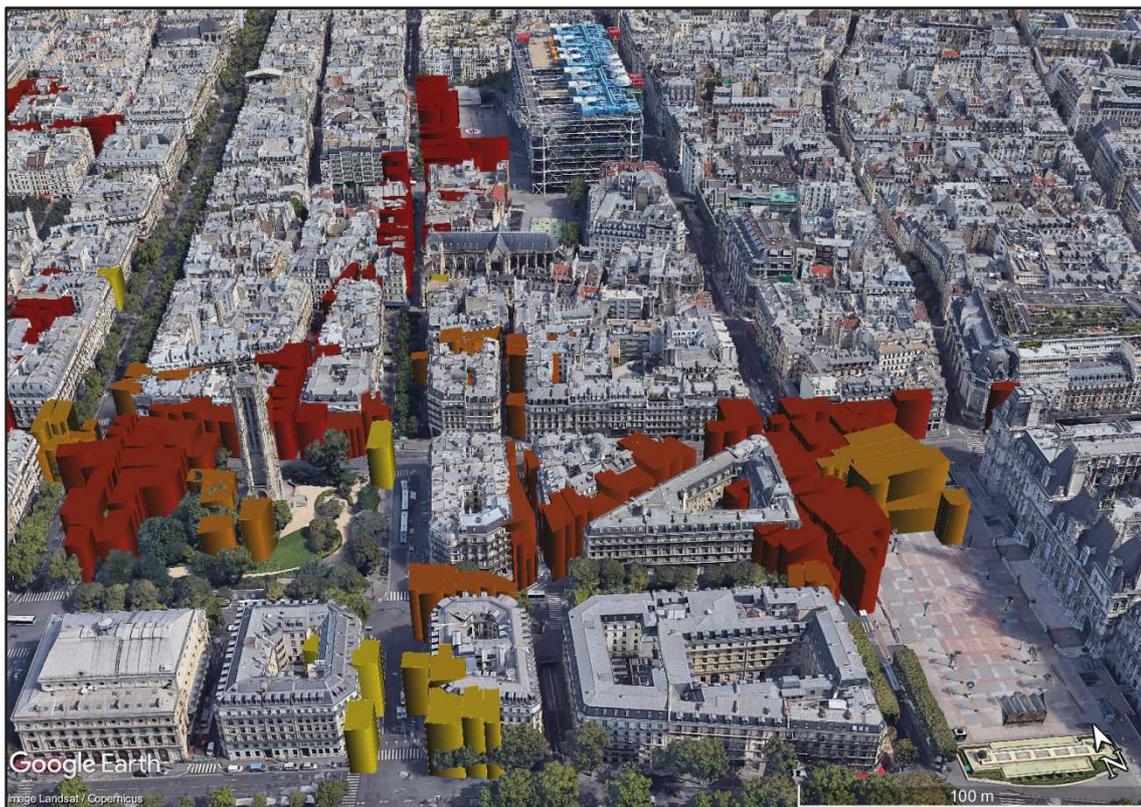


Figura 46 – Immagine da Google Earth Pro della zona di Parigi di Tour Saint Jacques e dell’Hôtel de Ville. In rosso – arancione – giallo, le estrusioni degli edifici presenti nei rilievi di Davioud.



Figura 47 – Immagine da Google Earth Pro della zona di Parigi di Les Halles. In rosso – arancione – giallo, le estrusioni degli edifici presenti nei rilievi di Davioud.

9.5 Considerazioni conclusive

Attualmente, la piattaforma commerciale utilizzata della Esri, presenta notevoli vantaggi e possibilità di operazioni rispetto ad un programma open source come QGIS.

Su QGIS, lavorare su modelli 3D ad oggi risulta essere poco pratico e funzionale, perché i risultati che si ottengono non sono sufficienti a giustificare gli sforzi che le procedure richiedono, sia in termini di ricerca, sia in termini di lavorabilità. Può essere utile nei casi in cui le informazioni relative alle dimensioni siano facilmente reperibili e l'obiettivo sia indirizzato alla forma più che ai contenuti tematici. Il fatto che il risultato avvenga solamente su web e non all'interno del programma, limita notevolmente le potenzialità. Si può dire che sulla piattaforma open source i volumi 3D svolgono una funzione più di risultato, vista come una operazione finale di un percorso di indagini e inserimento di dati spaziali e vettoriali.

Diverse sono invece le possibilità offerte da ArcGIS. La lavorazione tramite modelli, a differenza del precedente, può essere interpretata non solamente come elemento finale di una indagine, bensì come strumento di una lavorazione continua per raggiungere obiettivi maggiori. La lavorabilità è decisamente superiore, la possibilità di gestire le volumetrie sul programma offre un dialogo diretto con il progetto restante caricato sul file, una lettura immediata con le informazioni spaziali e un continuo aggiornamento di dati ricercati in un secondo momento.

I risultati che si possono ottenere offrono interessanti spunti per quanto riguarda una ricerca di contesti culturali e urbani, dal punto di vista storico, di cambiamenti avvenuti nel tempo e delle modifiche effettuate su un territorio, anche se il livello di dettaglio è limitato a semplici estrusioni come nel caso dei rilievi di Davioud. Osservare la densità che occupavano gli edifici nelle attuali vie Parigine, è sufficiente a fornire ad un ricercatore informazioni relative ai cambiamenti avvenuti negli anni interessati dal Piano Haussmann in aree territoriali importanti, come l'attuale Rue de Rivoli.

Elemento di grande potenziale per sviluppi futuri delle piattaforme GIS, è il dialogo tra esse e programmi esterni in termini di elementi geometrici. Se si facilitano

operazioni di importazione ed esportazione (ad oggi già possibili per diversi formati), di elementi già modellati, il risultato comprenderebbe volumetrie più dettagliate e simili alla realtà del mondo rappresentato.

Il rapporto tra informazioni rappresentate da cartografie, dati vettoriali in due dimensioni e modelli 3D all' interno di una piattaforma GIS, è in continua analisi da parte di programmatori. All' avanguardia di nuove potenzialità di informazioni espresse nelle tre dimensioni vi è la ESRI, tramite CityEngine, un programma adatto a creare ambienti urbani virtuali in 3D.

Nel capitolo successivo della tesi si cerca di delineare come questo programma possa essere legato alla piattaforma ArcGIS ed essere utilizzato per esprimere informazioni relative ad una indagine storica urbana, come il caso studio dei rilievi di Davioud della Parigi Ottocentesca. Si vuole approfondire come CityEngine possa essere di supporto ed offrire vantaggi al rapporto volumetrie – ArcGIS.

Argomento che non può essere effettuato per quanto riguarda i GIS open source, ad oggi infatti non sono presenti sulla rete programmi analoghi a CityEngine, privi di licenze.

10 L'utilizzo di CityEngine applicato all'indagine GIS

L'indagine tramite il programma CityEngine è stata affrontata in modo puntale, a differenza delle ricerche precedenti, la concentrazione è stata posta in un unico isolato avente la maggior parte degli edifici che lo compongono presenti nei rilievi dell'architetto Davioud.

L'obiettivo è quello di ricostruire l'isolato nella forma tridimensionale, in base alle informazioni contenute in uno shapefile.

Il risultato al quale si mira, è cercare di capire come cambia la lavorazione del programma in base alle informazioni presenti. In particolare, si studiano le differenze che avvengono in un edificio con il maggior numero di informazioni reperite e lo stesso con un numero minimo di dati e, quindi, per la maggior parte creato automaticamente dal programma in base a parametri e limiti organizzati dall'utente.

La possibilità di avere un programma che organizzi le informazioni ricercate nell'indagine GIS, come nel caso della tesi sui rilievi di Davioud, e le rappresenti sotto forma del loro aspetto originale, è un vantaggio notevole in termini di risultati di indagini spaziali, a maggior ragione in contesti culturali in cui l'oggetto interessato è stato modificato o eliminato nel corso del tempo.

CityEngine permette elaborazioni maggiori rispetto alla sola riorganizzazione e rappresentazione di dati precedentemente inseriti. Offre infatti la possibilità di ovviare ai dati mancanti, organizzando il risultato in base a parametri e valori determinati in modo casuale. L'obiettivo principale del capitolo è proprio quello di cercare di valutare le differenze di elaborazione in riferimento alle informazioni date. Per eseguire questa indagine è stato necessario organizzare il lavoro in tre shapefile identici e quindi rappresentanti lo stesso isolato, ma con informazioni differenti al loro interno, secondo l'ordine di attributi completi per ogni singolo edificio, attributi parziali (dati privi di riferimenti altimetrici), ed infine informazioni minime, cioè un unico dato certo di partenza.

Ogni shapefile è caricato singolarmente su CityEngine e segue un percorso a sé stante. Tramite il programma, l'edificio si avvicina al proprio aspetto reale, così come si presenta nei rilievi di Davioud, grazie ad informazioni relative ad altezze, piani, tetti, decorazioni in facciata e tipologie di aperture.

10.1 Metodologie di elaborazione del programma

CityEngine è un programma di proprietà della Esri ed è stato sviluppato presso l'ETH di Zurigo³³, dall'autore Pascal Mueller. È attivo dal 21 luglio 2008, data di uscita della prima versione commerciale ed è disponibile su tutte le principali piattaforme (Microsoft Window, Linux, Apple).

È un software di modellazione 3D avanzato per la creazione di ambienti urbani enormi e interattivi, in meno tempo rispetto alle tradizionali tecniche di modellazione. Le creazioni possono essere basate su dati GIS reali, e mostrare una città del presente o del passato.

CityEngine consente di creare modelli geometrici di dimensioni considerevoli, evitando di partire da singoli edifici, ma andando a definire regole che possono essere gestite da script in un linguaggio procedurale atto allo scopo; i vantaggi rispetto ad una modellazione manuale delle geometrie sono la possibilità di realizzare scenari complessi e di grandi dimensioni, controllati da un numero esiguo di input, la predisposizione per l'utilizzo di oggetti che si ripetono nello spazio e la facilità nella creazione di oggetti simili.

Avviato il programma, l'interfaccia di CityEngine è composta dalla barra degli strumenti, un navigatore del workspace, che presenta i comandi principali con cui controllare e interagire all'interno del viewport sottostante. A fianco dell'area di lavoro vi sono due tabelle importanti; rispettivamente alla destra la finestra chiamata *inspector* che si occupa di visualizzare i dati e i parametri legati alla selezione corrente nella scena, mentre alla sinistra la finestra *scene*, che permette di visualizzare le componenti del file aperto, modificare le regole e aggiungere – rimuovere elementi.

³³ Politecnico federale di Zurigo.

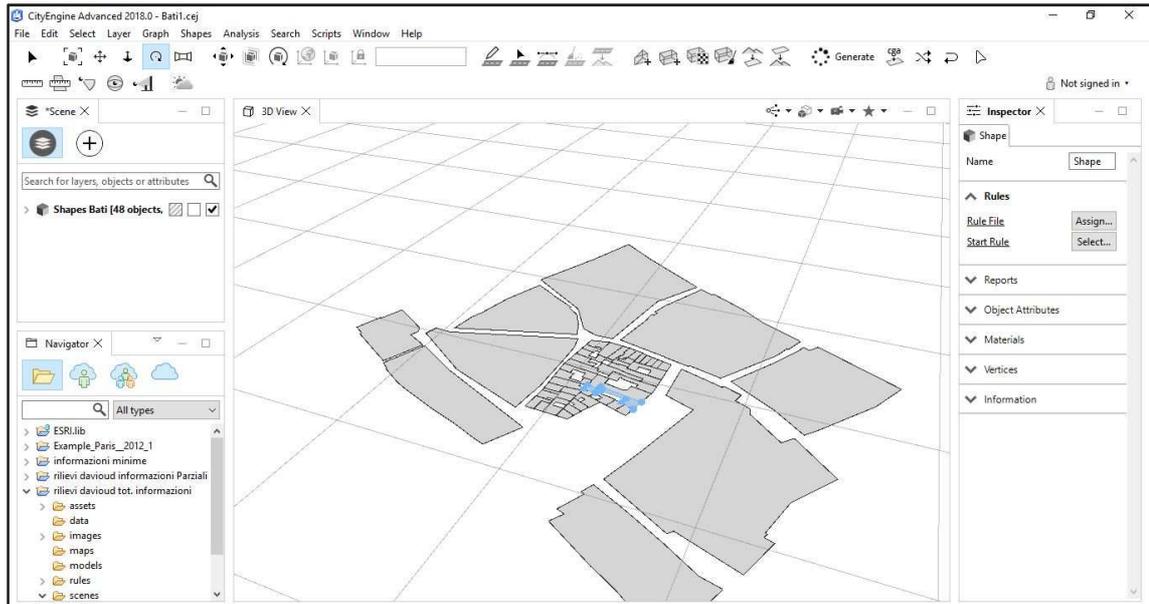


Figura 48 – Layout di default di CityEngine.

Il software si fonda su concetti astratti che è necessario conoscere per portare a termine le operazioni che si vogliono effettuare.

Innanzitutto, ogni elemento inserito è contenuto in un layer, esso può essere disposto sopra ad una mappa, come nelle lavorazioni eseguite sui programmi GIS e può essere soggetto a regole impostate.

Gli elementi tridimensionali creati prendono il nome di *shape* e sono l'elemento base affinché avvenga una generazione procedurale. Le regole lavorano su questi poligoni e ne modificano l'aspetto ed il contenuto; non è possibile quindi applicarle se la scena non contiene almeno uno shape.

Fattore chiave di CityEngine è il linguaggio CGA (Computer Generated Architecture), che permette, attraverso la programmazione, di istruire il software in modo da applicare i risultati desiderati su larga scala. È un linguaggio unico e specifico per generare contenuti architettonici 3D.

In concreto, se si utilizza il programma per un nuovo file, si ha a disposizione una serie di tabelle in cui caricare le informazioni e i dati necessari. Le cartelle sono le seguenti:

- Assets: all'interno si caricano tutte le risorse che possono essere utilizzate dal comando di inserimento CGA per comporre modelli 3D durante la

generazione. Sono consentiti file di diverso formato che hanno una utilità nella stesura delle regole e nell' aspetto finale dell' oggetto. i file più utilizzati nell' indagine sono i formati .obj.

Nel progetto della tesi sono state caricate le modellazioni puntuali, come le finestre, i tetti, i paracarri ecc. ogni singolo modello, se posto poi all' interno delle regole, può essere inserito e ripetuto più volte negli edifici che si intende realizzare.

- Data: sono contenuti dati supplementari. Sono ammissibili formati .obj, .dxf e molti altri, ma in genere è utilizzata per caricare percorsi stradali, mappe e illustrazioni. Nel progetto della tesi, in questa cartella non sono stati inseriti file.
- Images: utile a contenere immagini aggiuntive. Nell' indagine della tesi, all' interno sono state posizionate le textures .jpg o .png, inserite in alcuni elementi presenti nelle facciate dei rilievi di Davioud, come i camini e i marcapiani.
- Maps: contiene la cartografia e le mappe rappresentanti le modellazioni sul programma. Non è stata utilizzata all' interno della tesi.
- Models: cartella che contiene il percorso predefinito per i modelli 3D esportati.
- Rules: questa cartella contiene file di regole grammaticali di forma CGA. È la fase più importante, in quanto queste regole permettono la modellazione dell' elemento secondo le informazioni prestabilite. Facendo doppio clic su un file CGA si aprirà direttamente nell' editor CGA, dove è possibile consultare l' intero testo e apporre delle modifiche. Nell' indagine della tesi sono state create tre rules differenti, in base ad ogni scena progettata.
- Scenes: in questa cartella sono memorizzati i file di scena CityEngine .cej. Ad ogni lancio del programma è possibile iniziare con una nuova scena o aprire una precedente. Facendo doppio clic su un file di scena, si chiuderà quella corrente per lasciare il posto a quella appena selezionata. Nell' indagine della tesi sono state create tre scene differenti in base alle informazioni inserite.
- Scripts: non utilizzata all' interno della tesi, contiene i file script Python.

Il modo più rapido di inserimento delle informazioni all' interno delle cartelle sopra elencate è il trascinamento o il copia – incolla. Se non è sufficiente, è possibile eseguire operazioni di importazione, come nel caso degli shapefile. Per quanto riguarda le scenes, occorre invece definire il sistema di riferimento al momento della creazione, mentre le rules possono essere descritte direttamente sul programma in base agli elementi inseriti nella cartella assets.

Nel capitolo successivo si entra più nel dettaglio nelle operazioni avvenute per svolgere l' indagine sui rilievi di Davioud selezionati.

10.2 Il caso studio: realizzazione di un progetto CityEngine sui rilievi di Davioud di un isolato

Il progetto è stato anticipato da una fase preparatoria, in cui si è sviluppato lo shapefile dell' isolato scelto. Come descritto nei capitoli precedenti, l'agglomerato urbano della Parigi Ottocentesca sulla quale sono effettuate le indagini CityEngine, è delimitato a nord da rue de la Tixeranderie, a est da rue du Mouton, a sud da Place de l' Hôtel de Ville e a ovest da rue Jean de l' Épine. Si trova a nord della Senna, nella zona della Parigi di oggi in prossimità di Rue de Rivoli, Rue de la Coutellerie e Avenue Victoria.

Di base sui programmi GIS è utilizzato il Catasto Vasserot denominato *28_arcis_03*, una primitiva geometrica di tipo poligono per la formazione, mentre invece le informazioni sono state inserite in tre percorsi differenti.

Utile a definire i perimetri degli edifici e a separare gli spazi all' aperto come i cortili è stato il file *Bati* del progetto Alpage, grazie al quale si sono definiti i 39 edifici che compongono la zona. Di questi, 27 sono rappresentati nei rilievi di Davioud, dove sono state reperite le informazioni inserite negli attributi sul GIS. I tre percorsi differenti sono stati denominati “*Bati*”, “*Bati info parziali*”, “*Bati numero piani*”, e contengono i seguenti attributi. Il termine “*Bati*” indica gli edifici oggetto di studio.

1) Edifici descritti con informazioni complete: “*Bati*”

- PIANI: dato relativo al numero dei piani per ogni singolo edificio.
- TETTO: tipologia della copertura di ogni edificio. L' attributo è di tipo numero intero e presenta la seguente classificazione: 1) tetto *Gambrel*, 2) tetto *Mansarde*, 3) tetto *Hip*, 4) tetto *Gable*.
- ABBAINO: indica la presenza o assenza degli abbaini sulle coperture, e di tipo numero intero: 0: assenza abbaini 1: presenza abbaini.
- T_FIN_F: indica la tipologie delle finestre, il *tile*, ovvero il perimetro delle aperture. L'attributo è di tipo numero intero e presenta la seguente suddivisione: 1) rettangolare, 2) ad arco.
- T_FIN_PT: indica la tipologia delle aperture al piano terra, è di tipo numero intero e la suddivisione è la seguente: 1) vetrata, 2) grata.
- T_PORTA: indica la tipologie delle porte al piano terra, è di tipo numero intero ed è suddiviso 1) rettangolare, 2) ad arco.
- H_PIANO: indica l'altezza per ogni piano che compone l'edificio, sono esclusi il piano terra e l'ultimo piano, che nella maggior parte dei disegni di Davioud presentano misure diverse rispetto ai piani intermedi. La tipologia dell' attributo è numero decimale.
- N_FIN_PIAN: indica il numero di finestre per ogni piano, i *tile* che CityEngine deve inserire. È di tipo numero intero.
- H_PT: attributo che contiene i dati relativi alle altezze del piano terra di ogni edificio, di tipo numero decimale.
- H_PS: attributo che contiene i dati relativi alle altezze dell' ultimo piano di ogni edificio, di tipo numero decimale.

2) Edifici descritti con informazioni medie: “*Bati* info parziali ”

Contiene le informazioni precedenti, eccetto quelle relative alle altezze. Esse saranno determinate secondo una regola impostata sul programma, tra dei valori stabiliti. Gli attributi inseriti sono: PIANI, ABBAINO, T_FIN_F, T_FIN_PT, T_PORTA, N_FIN_PIAN, TETTO.

3) Edifici descritti con un' unica informazione: “*Bati* numero piani”

Informazioni relative solo al numero di piani.

Tramite la primitiva geometrica poligono, sono riportati i profili degli isolati circostanti, in modo da avere un riferimento per le strade limitrofe.

Seconda fase preparatoria è quella di ricercare e progettare gli elementi che devono essere caricati nella cartella Assets, tramite il quale il programma elabora le informazioni. Sono stati modellati elementi come le finestre, paracarro, serranda, elementi in facciata, porte, abbaini e coperture. La maggior parte degli oggetti sono stati modellati tramite programma Rhinoceros 5. Molti di essi sono stati recuperati da un file presente online denominato *Example_Paris_2014_0*, esercitazione eseguita su Parigi contenente molti elementi utili per rappresentare gli edifici.

Terminata la fase preparatoria, l'operazione seguente è quella di caricare il materiale utile nelle apposite cartelle all' apertura del programma CityEngine.

Come prima operazione è necessario creare una nuova scena, nella quale è possibile importare lo shapefile preparato sul GIS tramite semplici operazioni, che permettono di determinare anche il sistema di riferimento corretto.

Tramite tasto destro sulla nuova scena selezionare la voce importa, di conseguenza è aperta una cartella dove è possibile scegliere il formato del file che si vuole caricare, la successiva finestra permette di selezionare il sistema di riferimento. Una volta inserito, il programma è pronto per l'importazione.



Figura 49 – Finestra di importazione su CityEngine.

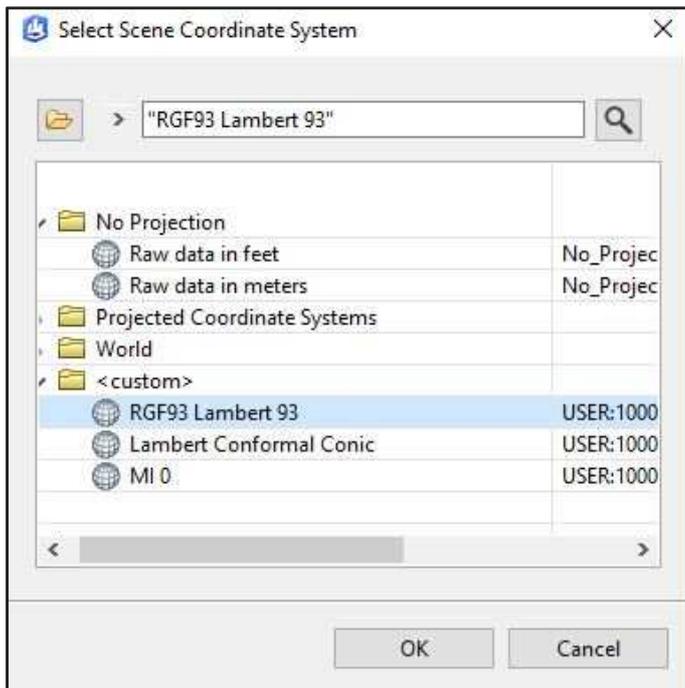


Figura 50 – Scelta del sistema di riferimento su CityEngine.

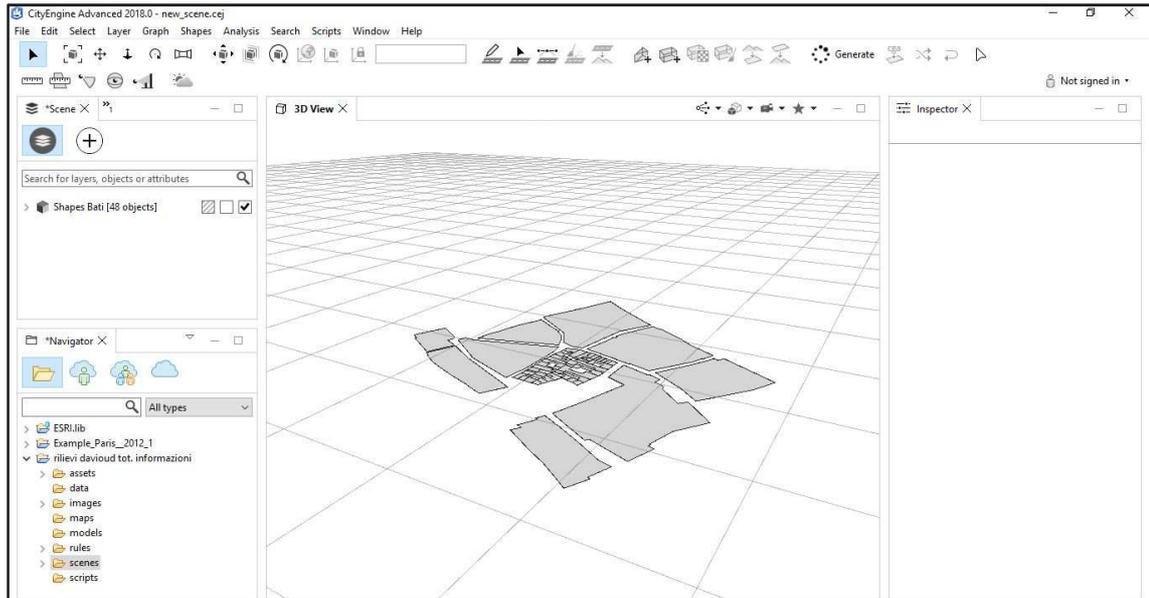


Figura 51 – Risultato dell' importazione dello shapefile "Bati" sul programma.

Impostati i dati e il file di base, si procede con la stesura delle regole per l'elaborazione del tridimensionale. Per i tre percorsi differenti, le regole variano in base agli elementi inseriti sul programma e quelli presenti negli attributi.

10.3 Analisi dell' isolato tramite dati completi

La prima indagine eseguita cerca di rappresentare gli edifici nel modo più simile alla realtà, con i dati ricercati nei disegni di Davioud; le impostazioni principali si riferiscono quindi agli attributi già presenti in ogni singolo elemento. Un file di regole deve essere descritto tramite paragrafi, ogni elemento deve avere una sua regola.

L' impostazione generale della rules è stata presa da *Example_Paris_2014_0*, in modo da avere una scaletta di riferimento. È riportata in seguito la regola completa nella scrittura di lettura del programma. A fianco, nelle caselle di testo, sono spiegate le scelte effettuate.

```
* File:      Informazioni complete.cga
* Created: 25 Jun 2018 16:31:30 GMT
* Author:   Fabrizio Fina
```

```
version "2018.0"
```

```
attr PIANI = 0
attr H_PIANO = 0
attr ABBAINO = 0
attr TETTO = 0
attr T_FIN_F = 0
attr T_FIN_PT = 0
attr T_PORTA = 0
attr N_FIN_PIAN = 0
attr H_PS = 0
attr H_PT = 0

attr groundfloor_height = H_PT
attr lastfloor_height = H_PS
attr floor_height = H_PIANO
attr tile_width = N_FIN_PIAN
attr height = rand(11, 21)
attr offsetWidth = rand(7, 10)
attr door_width = 0.9
attr hgronda = rand(0.3, 0.5)
```

Attributi presenti nello shapefile, l'elenco seguente riporta le definizioni dei parametri necessari alla formazione dell'edificio.

```
#####
```

```
@StartRule
Lot -->
case PIANI > 0:
  extrude (PIANI * floor_height)
  comp(f){front: Frontfacade|side:Sidefacade|top: Roof}
else:
  extrude (height)
  comp(f){front: Frontfacade|side:Sidefacade|top: Roof}
```

Regola che impone l'altezza dei piani moltiplicata per il numero di piani, in modo da determinare l'estrusione.

```
#####
```

```
# Composizione dell'edificio
```

```
Frontfacade -->
split(y){ groundfloor_height : Groundfloor
          | {~floor_height    : Floor}*
          | lastfloor_height  : Lastfloor
          | hgronda           : Gronda}

Sidefacade -->
case scope.sx > 2 :
split(y){ groundfloor_height : Groundfloor
          | {~floor_height    : Floor}*
          | lastfloor_height  : Lastfloor
          | hgronda           : Gronda}
else:
split(y){ groundfloor_height: Groundfloor
          | {~floor_height   : FloorSide}*
          | lastfloor_height : Lastfloor}
```

Regole indirizzate alle facciate, in base a se sono riferite al piano terra, piani intermedi o all'ultimo piano. In caso di facciate di spessore inferiore a 2 m, le aperture non sono generate. Ogni facciata presenta un tile di tipo muro, alternato da un tile per le finestre.

```

    | hgronda                : Gronda}
FloorSide -->
    split(x) { ~1 : Wall}*

Floor -->
    case tile_width > 1 :
    split(x){ 1 : Wall
        | { ~tile_width : Tile }*
        | 1 : Wall}

    else: split(x) { ~1 : Wall
        | ~1 : Wall}

Groundfloor -->
    case scope.sx > 2 :
    split(x){ 1 : Wall
        | {~tile_width : Scelta}*
        | 1 : Wall}

    else : split(x){ ~1: Wall}*

Scelta -->
    30% : EntranceTile
    else : GroundFloorTile

Lastfloor -->
    case scope.sx > 2 :
    split(x){ 1 : Wall
        | { ~tile_width : LastFloorTile }*
        | 1 : Wall}
    else :split(x){ ~1 : Wall }*

LastFloorTile -->
split(x){ ~0.5 : Wall
| ~1.5: split(y){~0.5: Wall|~2: Window|~0.2: Wall}
| ~0.5: Wall }

Tile -->
case N_FIN_PIAN < 4 :
split(x){ ~0.5 : Wall
| ~1.5 : split(y){0.6:Wall|~2: Window BalconyMass
|0.4:Wall}
| ~0.5 : Wall }
else: NIL

GroundFloorTile -->
50% : split (x){ ~0.1 : Wall Paracarro2
| ~1.5 : split(y) { ~0.4: Wall
|~3: Vetrina |~0.2: Wall}
| ~0.1 : Wall Paracarro2}
else:
split (x){ ~1 : Wall
| ~ tile_width : split(y) { ~1 : Wall
| ~1.5: FinestrePT | ~0.3: Wall}
| ~1 : Wall }

```

Sono stati inseriti i
paracarro in prossimità
dell' elemento vetrine.

```
EntranceTile -->
split(x){ ~0.5 : Wall
| ~1.5 : split(y){ 0.05: Wall | ~1: Door | ~0.1: Wall}
| ~0.5 : Wall}
```

```
foglio = "assets/facades/textures/facciata2.jpg"
```

```
Wall -->
# color, uv set 0
setupProjection(0, scope.xy, 5, 5)
texture(foglio)
// = set(material.colormap,brickMap)
projectUV(0)
```

Texture utilizzata per la colorazione delle facciate.

```
#####
```

```
# s dimensione asse x,y,z
# t spostamento su asse x,y,z
```

```
Marcapiano -->
s('1,0.5,0.20)
center(y)
i("composizione di rilievi Davioud/marcapiano1.obj")
```

Elementi di marcapiano e paracarro precedentemente modellati su Rhinoceros e salvati nel formato .obj, inseriti nell'indagine CityEngine.

```
Paracarro -->
s(0.5,1,0.5)
t(0,-groundfloor_height,0)
i("paracarro/paracarrol.obj")
```

```
Paracarro2 -->
50% : s(0.5,1,0.5)
      t(0,0,0)
      i("paracarro/paracarrol.obj")
```

```
else: NIL
```

```
#####
```

```
@Range ("window_asset", "window_asset2")
```

```
window_asset2 = "window/window2.obj"
```

```
# s dimensione asse x,y,z
# t spostamento su asse x,y,z
# i inserimento window_asset
```

Tipologia di finestre precedentemente modellate su Rhinoceros e salvate nel formato .obj, inserite nell'indagine CityEngine.

```
Window -->
s('1,'1,0.25)
t(0,0,-0.25)
i(window_asset2)
```

```
#####
```

```
@Range ("door_asset", "door_asset2")
```

```
door_asset = "door/door2.obj"
door_asset2 = "door/porta.obj"

# s dimensione asse x,y,z
# t spostamento su asse x,y,z
# i inserimento window_asset

Door -->
  50% : s(' 1','1','1)
        t(0,0,-0.25)
        i(door_asset)
  else: s(' 1','1','1)
        t(0,0,-0.06)
        i(door_asset2)
#####

# s dimensione asse x,y,z
# t spostamento su asse x,y,z
# i inserimento window_asset

Vetrina -->
  s('1','1','1)
  t(0,0,-0.1)
  i("window/vetrina.obj")

#####

FinestrePT -->
  s('1','1',0.5)
  t(0,0,-0.5)
  i("window/windowPT1.obj")
#####

BalconyMass -->
  s('1,floor_height*0.2,0.1)
  t(0,0,'-0.5)
  Balcony

Balcony -->
30%:
  primitiveCylinder(32)
  color(0.8,0.8,0.8)
  split(z) { ~1: NIL
            | ~1: comp(f) { top: NIL
            | back: NIL
            | bottom: extrude(0.05) Bottom.
            | all= BalconyRailing } }
  else:
    NIL

BalconyRailing -->
  i("ringhiera.obj")

#####

@Range(Hip="hip",Gable="gable",Gambrel="gambrel") @Order(2)
```

Tipologia di porte precedentemente modellate su Rhinoceros e salvate nel formato .obj, inserite nell' indagine CityEngine.

Vetrine e finestre al piano terra precedentemente modellate su Rhinoceros e salvate nel formato .obj, inserite nell' indagine CityEngine.

Ringhiera per i balconi precedentemente modellata su Rhinoceros e salvata nel formato .obj, inserita nell' indagine CityEngine.

```

@Range(15,35) @Order(4)
attr Angle =
    case TETTO == 1: 15
    else: rand(20,30)

mansardAngle =
    case Angle*3<65: 45
    case Angle*3>80: 60
    else: Angle*3

@Range(0,0.5)
attr Overhang =
    case TETTO == 2 && p(0.3) : rand(0.1,0.3)
    else: 0

#####

Roof -->
offset(Overhang,inside)
RoofType

RoofType -->
    case TETTO == 1 : RoofGambrel
    case TETTO == 2 : RoofGambrel
    case TETTO == 3 : RoofHip
    else : RoofGable

RoofGambrel -->
roofGable(mansardAngle)
split(y){3: comp(f){side:Mansard|top: RoofGable |
bottom: RoofCovering }}

RoofHip -->
roofHip(Angle) Ridges
comp(f){top : RoofCovering RoofProps |side: RoofCovering }

RoofGable -->
roofGable(Angle) Ridges
comp(f){top : RoofCovering RoofProps |side: RoofCovering }

RoofCovering -->
    texture("textures/light beige.jpeg")

Gronda--> GrondaLarga

GrondaLarga -->
    s('1,0.5,0.20)
    t(0,0,0)
    i("gronda/gronda mansarda 1.obj")

#####

Mansard -->
    case scope.sx > 3 :
    split(x){ 1 + Overhang : RoofCovering
                | { ~tile_width : MansardWindows }*

```

Tipologie di coperture nell' indagine CityEngine. Parametri che determinano la pendenza delle falde.

Scelta delle differenti coperture in base all' attributo presente in ogni singolo elemento. I tetti di tipologia *Gambrel* hanno automaticamente l' abbaino.

```

        | 1 + Overhang : RoofCovering }
    else : split(x){ 1 + Overhang : RoofCovering}*

MansardWindows -->
    RoofCovering
    alignScopeToAxes(y)
    split(y){'0.03 : NIL
    |'0.9 : split(x)
    {(tile_width):
        split(x){~0.3: NIL
            |~2: DormerInserter
            |~0.3: NIL}}
            |'0.07 : NIL}

# s dimensione asse x,y,z
# t spostamento su asse x,y,z
# i inserimento window_asset

DormerInserter -->
i("/Example_Paris__2012_1/assets/parisianRoofs/comble_4.obj")
#####

# Chimneys

Chimney -->
case p(0.55) || !geometry.isRectangular(45) :
    NIL
else:
    set(trim.vertical,false)
    alignScopeToAxes(y)
    i("builtin:cube")
    texture(chimneyTexture)
    ChimneyMass

chimneyTexture = "facedes/textures/grey.jpg"

const chimneyWidth = rand(0.4,0.6)

ChimneyMass -->
    comp(f){side: ChimneyWall |top:
alignScopeToGeometry(zUp,auto) ChimneyCornice ChimneyAssets }

ChimneyWall -->
    setupProjection(0,scope.xy,8,8) projectUV(0)
    translateUV(0,rand,0)

ChimneyCornice --> # Top body of chimneys
    s(scope.sx+0.2,scope.sy+0.2,0.25) center(xy)
    i("builtin:cube") texture("textures/grey.jpg")

ChimneyAssets -->
    t(0,0,0.25)
    split(x){~0.60: alignScopeToGeometry(yUp,auto)
ChimneyAsset }*

ChimneyAsset -->
    40%:
        s('1,(rand(0.50,1)), '1)

```

Paragrafo dedicato agli abbaini. Sono inseriti modelli presenti nell' esempio di Parigi cercato online e caricati nell' indagine.

Camini precedentemente modellati su Rhinoceros e salvati nel formato .obj. Scelta della texture dell' aspetto finale dei camini.

```
        i("fut1.obj")
        texture("textures/grey.jpg")
33%:i("fut1.obj")
        s('1, (rand(0.75,1.5)), '1)
        i("fut2.obj")
        texture("textures/abbaini.jpg")
else:
        NIL

#####

RoofProps -->
    case scope.sx < 3:
        NIL
    else:
        split(x){~rand(3,6)      : NIL
                | (rand(1,2))   : NIL
                | chimneyWidth  : Chimney
                | ~rand(1,2)     : NIL }*
```

Paragrafo che facilita l'inserimento di abbaini.

Descritta la *rules* del progetto, e avendo a disposizione lo shapefile caricato in precedenza sul programma, si può procedere con l'elaborazione per modellare gli edifici.

Per impostare le regole è necessario selezionare un singolo poligono, in seguito assegnare la rules nella propria finestra *inspector*.

In questo modo il programma genererà automaticamente il modello 3D con le caratteristiche descritte nelle informazioni. Gli attributi sono elencati nella finestra *inspector* ed è possibile effettuare delle modifiche manualmente, che saranno riportate direttamente anche sul modello, caratteristica che rende interoperabile la lavorazione. Sono riportate in seguito le immagini del risultato ottenuto delle vie che costituiscono l'isolato di Parigi, con la totalità delle informazioni presenti negli attributi su GIS.

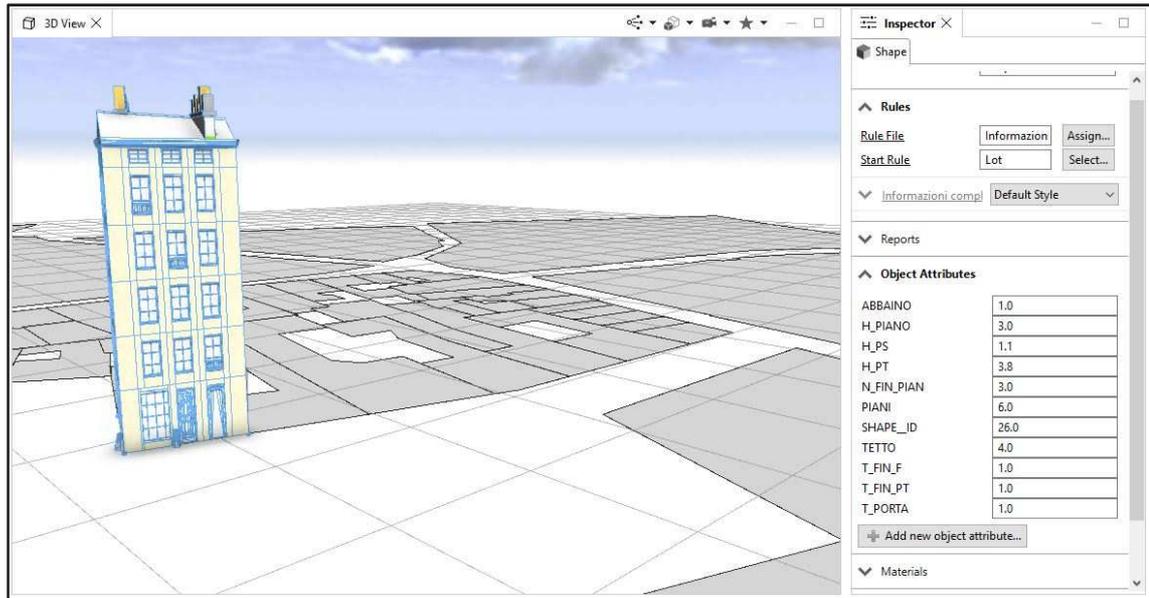


Figura 52 – Modellazione di un edificio dell’ isolato, in particolare il numero civico 1 di rue du Mouton, contenuto nel file dei rilievi di Davioud denominato 526.jpg. Nella finestra *inspector* sulla destra dell’ area di lavoro sono elencati gli attributi dell’ oggetto selezionato, inseriti nell’ indagine GIS precedente.

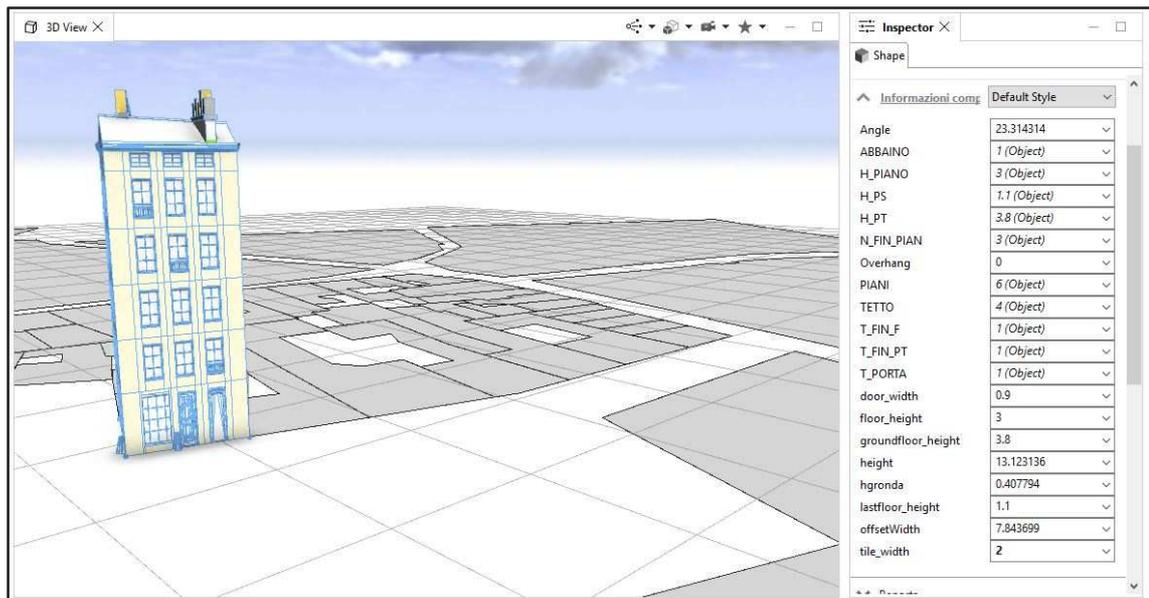


Figura 53 – Modellazione di un edificio dell’ isolato, in particolare il numero civico 1 di rue du Mouton, contenuto nel file dei rilievi di Davioud denominato 526.jpg. Nella finestra *inspector* sulla destra dell’ area di lavoro sono elencati gli attributi dello shape, determinati dalla rules assegnata.



Figura 54 – Vista degli edifici modellati in rue de la Tixeranderie tramite dati completi, dal numero civico 2 al 22.



Figura 55 – Vista degli edifici modellati in rue du Mouton tramite dati completi, dal numero civico 1 al 13.



Figura 56 – Vista degli edifici modellati in rue Jean de l'Épine tramite dati completi, dal numero civico 2 al 22.

I modelli presenti nelle immagini inserite, rappresentano il risultato più simile all'aspetto degli edifici disegnati da Davioud, che si è riusciti ad ottenere con una modellazione procedurale. Elementi più lontani dal reale aspetto sono le coperture e gli abbaini, in quanto sono stati importati elementi presenti nell'esempio di Parigi eseguito su CityEngine, che presenta caratteristiche di coperture anche Post lavori Haussmanniani.

A livello di rapidità di elaborazione, il vantaggio del software è decisamente notevole, si potrebbero estendere le regole agli isolati limitrofi ed in pochi passaggi modellare grandi spazi urbani.

Nei progetti successivi si riduce in modo progressivo il numero di informazioni, in modo da valutare le differenze degli elementi scelti a random dal programma, rispetto ad una descrizione più completa di dati, come avvenuto in questa prima indagine.

10.4 Analisi dell'isolato tramite dati parziali

Per eseguire questa seconda analisi è necessario creare un'altra scena, in modo da importare lo shapefile denominato "*bati info parziali*", tramite il quale eseguire la modellazione. I passaggi eseguiti sono analoghi all'indagine precedente. Sono assenti gli attributi relativi alle altezze, ossia gli attributi H_PIANO, H_PT, H_PS

non sono stati inseriti. Si è creata una situazione che può capitare in fase di ricerche storiche, quando ad esempio si è in presenza di disegni in prospettiva, quadri o fotografie di edifici per il quale è possibile determinare il numero di piani, il numero delle finestre per piano, la tipologia del tetto ecc, ma non si riesce in qualche modo a risalire alle misure.

Per ovviare alle mancanze degli attributi, CityEngine permette di calcolare i parametri in base ad una scelta random tra una serie di valori impostati nella rules e di inserirle nella modellazione procedurale. Per le altezze è stata fatta una media tra un valore minimo e un valore massimo, ogni edificio è progettato in base ai limiti scritti. Per quanto riguarda l'altezza dei piani intermedi si ha un range di valori compresi tra i 2,4 m e i 4 m, l'altezza del piano terra tra i 3 m e i 4,5 m, infine l'altezza dell'ultimo piano sarà definita tramite l'operazione altezza piani intermedi x 0,65. È riportata in seguito la rules descritta sul programma, con le variazioni rispetto a quella precedente avente dati completi.

```
* File:      informazioni parziali.cga
* Created: 5 Jul 2018 12:26:15 GMT
* Author:   Fabrizio Fina
```

```
version "2018.0"
attr PIANI = 0
attr ABBAINO = 0
attr TETTO = 0
attr T_FIN_F = 0
attr T_FIN_PT = 0
attr T_PORTA = 0
attr N_FIN_PIAN = 0

attr groundfloor_height = rand (3.0, 4.5)
attr lastfloor_height = floor_height*0.65
attr floor_height = rand (2.4, 4.0)
attr tile_width = N_FIN_PIAN
attr height = rand(9, 22)
attr offsetWidth = rand(7, 10)
attr door_width = 0.9
attr hgronda = rand(0.3,0.5)
```

Attributi presenti nello shapefile "bati info parziali".
L'elenco seguente riporta le definizioni dei parametri necessari alla formazione dell'edificio. Come si può vedere, accanto ai diversi piani vi è la scelta random tra i due valori impostati.

Le regole successive sono le stesse descritte nell'analisi con gli attributi completi, per questo motivo non sono state riportate. Terminata la stesura della rules, si

procede nell'eseguire la modellazione degli stessi edifici dell'isolato, in modo da valutare le variazioni che il programma apporta ad essi. Come nell'indagine precedente, si seleziona ogni singolo poligono rappresentate un edificio e nella inspector si assegna la regola *informazioni parziali.cga*.



Figura 57 – Modellazione di un edificio dell'isolato, in particolare il numero civico 9 di rue du Mouton, contenuto nel file dei rilievi di Davioud denominato 528.jpg. Nella finestra *inspector* sulla destra dell'area di lavoro sono elencati gli attributi dell'oggetto selezionato, inseriti nell'indagine GIS precedente.



Figura 58 – Modellazione di un edificio dell'isolato, in particolare il numero civico 9 di rue du Mouton, contenuto nel file dei rilievi di Davioud denominato 528.jpg. Nella finestra *inspector* sulla destra dell'area di lavoro sono elencati gli attributi dello shape, determinati dalla rules assegnata.



Figura 59 – Vista degli edifici modellati in rue de la Tixéranderie tramite regole parziali, dal numero civico 2 al 22.



Figura 60 – Vista degli edifici modellati in rue du Mouton tramite regole parziali, dal numero civico 1 al 13.



Figura 61 – Vista degli edifici modellati in rue Jean de l'Épine tramite regole parziali, dal numero civico 2 al 22.

Rispetto alla modellazione procedurale tramite dati completi, nelle immagini con informazioni prive di altezza, i profili degli edifici non corrispondono con la rappresentazione nei rilievi di Davioud, nonostante il numero dei piani corretto, le altezze sono differenti.

10.5 Analisi dell' isolato tramite informazioni minime

La terza indagine segue una regola differente rispetto alle precedenti. Avviato CityEngine si crea una nuova scena, denominata *numero piani.cej*, in cui è importato lo shapefile realizzato su GIS con l' unico attributo PIANI riferito all' isolato in progetto. Si presenta una situazione in cui si ha un unico dato certo di partenza, tutte le altre informazioni sono inserite automaticamente dal programma e scelte in modo casuale rispettando i valori limite impostati. Anche in questa situazione, occorre caricare nella cartella Assets tutto il materiale necessario per ogni singolo elemento che compone la modellazione finale e tramite il quale è impostata la rules.

```
* File:      informazioni minime.cga  
* Created:  5 Jul 2018 16:55:11 GMT  
* Author:   Fabrizio Fina
```

```
version "2018.0"  
attr PIANI = 0  ##numero piani  
attr groundfloor_height = rand (3.0, 4.5)
```

Attributo relativo al
numero dei piani
caricato su GIS.

```

attr lastfloor_height = floor_height*0.65
attr floor_height = rand(2.4, 4.0)
attr tile_width = rand(2, 3)
attr height = rand(11.0, 22.0)
attr offsetWidth = rand(7, 10)
attr door_width = 0.9

#####
@StartRule
Lot -->
case PIANI > 0:
  extrude (PIANI * floor_height)
  comp (f){front: Frontfacade |side: Sidefacade|top: Roof}
else:
  extrude (height)
  comp (f){front: Frontfacade |side: Sidefacade|top: Roof}

#####

# Composizione dell'edificio

Frontfacade -->
50%:split(y){ groundfloor_height : Groundfloor
  | {~floor_height : Floor}*
  | lastfloor_height: Lastfloor
  | ~rand(0.3,0.5): Gronda}

else: split(y){ groundfloor_height: Groundfloor
  | 0.5 : Marcapiano Paracarro
  | {~floor_height : Floor}*
  | lastfloor_height: Lastfloor
  | ~rand(0.3,0.5) : Gronda}

Sidefacade -->
split(y){ groundfloor_height : Groundfloor
  | {~floor_height: Floor}*
  | lastfloor_heigh: Lastfloor
  | ~rand(0.3,0.5): Gronda}

Floor -->
case tile_width > 2:
  split(x){ 1 : split(y) { 0.3: Wall}*
    | { ~tile_width : Tile }*
    | 1 : split(y) { 0.3: Wall}*}

  else: split(x){ 1 : Wall
    | { ~tile_width : Tile }*
    | 1 : Wall}

Groundfloor -->
case tile_width > 2:
  split(x){ 1 : split(y) {0.3: Wall}*
    | {~tile_width : facciata}*
    | 1 : split(y) {0.3: Wall}*}

else : split(x){ 1 : Wall
  | {~tile_width : facciata}*
  | 1 : Wall}

```

Parametri necessari per la formazione dell'edificio. Accanto agli attributi vi è la scelta random tra dati limite.

Regola che impone l'altezza dei piani moltiplicata per il numero di piani, in modo da determinare l'estrusione.

Regole indirizzate alle facciate, in base a se sono riferite al piano terra, piani intermedi o all'ultimo piano. In caso di facciate di spessore inferiore a 2 m, le aperture non sono generate. Ogni facciata presenta un tile di tipo muro, alternato da un tile per le finestre.

```
facciata -->
  30% : EntranceTile
  else : GroundFloorTile

Lastfloor -->
case tile_width > 2:
split(x){ 1 : split(y) { 0.3: Wall}*
  | { ~tile_width : LastFloorTile }*
  | 1 : split(y) { 0.3: Wall}*}
else :split(x){ 1 : Wall
  | { ~tile_width : LastFloorTile }*
  | 1 : Wall}

LastFloorTile -->
split(x){ ~0.5 : Wall
| ~1.5:split(y){ ~0.5: Wall|~2: Window|0.2: Wall }
| ~0.5:Wall }

Tile -->
split(x){ ~0.5 : Wall
| ~1.5:split(y){0.6: Wall|~2: Window BalconyMass|0.4: Wall }
| ~0.5:Wall }

GroundFloorTile -->
40% : split (x){ ~0.1 : Wall
  | ~1.5 : split(y) { ~0.4: Wall | ~3: Vetrina |~0.2: Wall}
  | ~0.1 : Wall}
else:
split (x){ ~1: Wall Paracarro2
| ~ tile_width :split(y){~1:Wall|~1.5: FinestrePT|~0.3: Wall
| ~1: Wall Paracarro2}

EntranceTile -->
split(x){ ~0.5 : Wall
  |~1.5:split(y){0.05: Wall|~1: Door|~0.1:Wall}
  |~0.5:Wall}

foglio = "assets/facades/textures/facciata2.jpg"

Wall -->
# color, uv set 0
setupProjection(0, scope.xy, 5, 5)
texture(foglio)
// = set(material.colormap,brickMap)
projectUV(0)

#####

# s dimensione asse x,y,z
# t spostamento su asse x,y,z

Marcapiano -->
s('1,0.5,0.20)
center(y)
i("composizione di rilievi Davioud/marcapiano1.obj")

Paracarro -->
```

```
s(0.5,1,0.5)
t(0,-groundfloor_height,0)
i("paracarro/paracarrol.obj")

Paracarro2 -->
50% : s(0.5,1,0.5)
      t(0,0,0)
      i("paracarro/paracarrol.obj")

else: NIL
BugnatoDX -->
      s('0.5,0.3,0.05)
      t(0.5,0,0)
      i("composizione di rilievi Davioud/Bugna1.obj")

BugnatoSX -->
      s('0.5,0.3,0.05)
      t(0,0,0)
      i("composizione di rilievi Davioud/Bugna1.obj")

#####
@Range ("window_asset", "window_asset2")

window_asset = "window/window.obj"
window_asset2 = "window/window2.obj"
window_asset3 = "window/window3.obj"
window_asset4 = "window/window4.obj"

# s dimensione asse x,y,z
# t spostamento su asse x,y,z
# i inserimento window_asset

Window -->
case ((floor_height/tile_width)>1.35 &&
((floor_height/tile_width)<1.8:
      s('1,'1,0.25)
      t(0,0,-0.108)
      i(window_asset3)
else :
case tile_width > 2 && tile_width < 2.2:
      s('1,'1,0.25)
      t(0,0,-0.25)
      i(window_asset)
case tile_width > 2.3 && tile_width < 2.5 :
      s('1,'1,0.25)
      t(0,0,-0.25)
      i(window_asset2)
      else :
      s('1,'1,0.5)
      t(0,0,-0.25)
      i(window_asset4)

#####

@Range ("door_asset", "door_asset2")

door_asset = "door/porta1.obj"
door_asset2 = "door/porta2.obj"
```

Elementi di marcapiano, paracarro e bugnato sulle pareti, precedentemente realizzati su Rhinoceros e salvati nel formato .obj, inseriti nell'indagine CityEngine.

Regole che determinano la scelta delle finestre da parte del programma. La tipologia dell'elemento è inserita in base allo spessore del tile dedicato alle aperture su ogni facciata.

```

# s dimensione asse x,y,z
# t spostamento su asse x,y,z
# i inserimento window_asset

Door -->
  50% :      s(' 1','1','1)
           t(0,0,-0.25)
           i(door_asset)
           else: s(' 1','1','1)
           t(0,0,-0.06)
           i(door_asset2)
#####

# s dimensione asse x,y,z
# t spostamento su asse x,y,z
# i inserimento window_asset

Vetrina -->
  s('1','1','1)
  t(0,0,-0.1)
  i("window/vetrina.obj")

#####

FinestrePT -->
40% :s('1','1,0.5)
      t(0,0,-0.5)
      i("window/windowPT1.obj")
else : s('1','1,0.5)
        t(0,0,-0.25)
        i("window/windowPT2.obj")
#####

BalconyMass -->
  s('1,floor_height*0.2,0.1)
  t(0,0,'-0.5)
  Balcony

Balcony -->
  30%:
      primitiveCylinder(32)
      color(0.8,0.8,0.8)
      split(z) { ~1: NIL
                | ~1: comp(f) { top: NIL
                                | back: NIL
                                | bottom: extrude(0.05) Bottom.
                                | all= BalconyRailing } }
else:
  NIL

BalconyRailing -->
  i("ringhiera.obj")

#####

@Range(Hip="hip",Gable="gable",Gambrel="gambrel") @Order(2)
attr Type = 30%: "gambrel"
        30%: "gable"

```

Regole per determinare l' inserimento dell'elemento porta. La scelta è suddivisa in modo casuale: 50% rettangolare, 50% ad arco.

Inserimento delle vetrine, le aperture al piano terra sono determinate invece in modo casuale tramite percentuali.

```

                else: "hip"

@Range(15,35) @Order(4)
attr Angle =
    case Type == "gambrel": 15
    else: rand(20,30)

mansardAngle =
    case Angle*3<65: 45
    case Angle*3>80: 60
    else: Angle*3

@Range(0,0.5)
attr Overhang =
case Type == "mansard" && p(0.3) : rand(0.1,0.3)
else: 0

#####

Roof -->
offset(Overhang,inside)
RoofType
RoofType -->
case Type == "gambrel": RoofGambrel
case Type == "mansard": RoofGambrel
case Type == "hip"      : RoofHip
else                    : RoofGable

RoofGambrel -->
roofGable(mansardAngle)
split(y){3: comp(f){side:Mansard|top:RoofGable|bottom:
RoofCovering}}

RoofHip -->
roofHip(Angle) Ridges
comp(f){top : RoofCovering RoofProps |side: RoofCovering }

RoofGable -->
roofGable(Angle) Ridges
comp(f){top : RoofCovering RoofProps |side: RoofCovering }

RoofCovering -->
texture("textures/light beige.jpeg")

Gronda--> GrondaLarga

GrondaLarga -->
    s('1,0.5,0.20)
    t(0,0,0)
    i("gronda/gronda mansarda 1.obj")

#####
Mansard -->
split(x){ 1 + Overhang : RoofCovering
| { ~tile_width : MansardWindows }*
| 1 + Overhang : RoofCovering }

```

Regola di modellazione delle coperture. La scelta da parte del programma è effettuata secondo percentuali: 30% tetto gambrel, 30% tetto gable, il restante tetto hip.

```
MansardWindows -->
RoofCovering
alignScopeToAxes(y)
split(y){'0.03 : NIL
|'0.9 : split(x)
{(tile_width):
split(x){~0.3: NIL
|~2: DormerInserter
|~0.3: NIL}}
|'0.07 : NIL}}

const DormerSetter =
fileRandom("/Example_Paris__2012_1/assets/parisianRoofs/comble_4.obj
")

# s dimensione asse x,y,z
# t spostamento su asse x,y,z
# i inserimento window_asset

DormerInserter -->
i(DormerSetter)
#####

Ridges -->
comp(e) {hip:Ridge |valley: Ridge | ridge: Ridge}
Ridge -->
s('1,0.1,0.1)
center(y)
i("builtincube")
RoofCovering

#####
Chimneys

Chimney -->
case p(0.55) | geometry Rectangular (45) :
  NIL
else:
  set(trim.vertical, false)
  alignScopeToAxes(y)
  i("builtin:cube")
  texture(chimneyTexture)
  ChimneyMass

chimneyTexture = "facedes/textures/grey.jpg"

const chimneyWidth = rand(0.4,0.6)

ChimneyMass -->
comp(f){side: ChimneyWall |top: alignScopeToGeometry(zUp, auto)
ChimneyCornice ChimneyAssets }

ChimneyWall -->
setupProjection(0, scope.xy, 8, 8) projectUV(0)
translateUV(0, rand, 0)

ChimneyCornice --> # Top body of chimneys
s(scope.sx+0.2, scope.sy+0.2, 0.25) center(xy)
```

Determinazione degli
abbaini, come nella
Rules precedente.

```

i("builtin:cube") texture("textures/brown.jpg")

ChimneyAssets -->
t(0,0,0.25)
split(x){~0.60: alignScopeToGeometry(yUp,auto) ChimneyAsset }*

ChimneyAsset -->
40%:
s('1, (rand(0.50,1)), '1)
i("fut1.obj")
texture("textures/light grey.jpg")
33%:i("fut1.obj")
s('1, (rand(0.75,1.5)), '1)
i("fut2.obj")
texture("textures/abbaini.jpg")
else:
NIL

#####

RoofProps -->
case scope.sx < 3:
    NIL
else:
split(x){~rand(3,6)      : NIL
          | (rand(1,2))   : NIL
          | chimneyWidth : Chimney
          | ~rand(1,2)    : NIL }*
    
```

La modellazione ottenuta è gestita nella quasi totalità dalle scelte casuali del programma, secondo procedure definite nelle regole.



Figura 62 – Modellazione di un edificio dell' isolato, in particolare il numero civico 9 di rue du Mouton, contenuto nel file dei rilievi di Davioud denominato 528.jpg. Nella finestra *inspector* sulla destra dell' area di lavoro è presente l' unico attributo dell' oggetto selezionato, inseriti nell' indagine GIS precedente.



Figura 63 – Modellazione di un edificio dell' isolato, in particolare il numero civico 9 di rue du Mouton, contenuto nel file dei rilievi di Davioud denominato 528.jpg. Nella finestra *inspector* sulla destra dell' area di lavoro sono elencati gli attributi dello shape, determinati dalla rules assegnata.



Figura 64 – Vista degli edifici modellati in rue de la Tixeranderie tramite dati minimi, dal numero civico 2 al 22.



Figura 65 – Vista degli edifici modellati in rue du Mouton tramite dati minimi, dal numero civico 1 al 13.



Figura 66 – Vista degli edifici modellati in rue Jean de l'Épine tramite dati minimi, dal numero civico 2 al 22.

10.6 Confronto dei risultati in base ai dati inseriti

Eseguire l'indagine su CityEngine, ha permesso di capire come le sue funzionalità possano essere utili in caso di modellazione di ambienti urbani vasti, in cui le informazioni non sono reperibili per ogni singolo elemento e si vuole creare una visione di insieme del territorio. Il programma della ESRI, permette di caricare direttamente la base dal GIS, con ogni informazione ricercata, in modo tale da non

ripetere tutte le operazioni di ricerca e controllo di elementi geometrici per la modellazione. La rapidità e sinteticità della descrizione della rules è in base all'abilità dell'utente; un'utile metodo di organizzazione del lavoro è quello di descrivere l'elemento per passaggi, suddividendo la stesura in macroargomenti.

Secondo aspetto importante riguarda i singoli elementi caricati negli Assets, perché determinano la qualità del 3D finale in base al livello di dettaglio con cui sono stati realizzati.

Le tre indagini della tesi hanno come modelli base gli stessi, per questo motivo l'aspetto degli edifici è simile, ma se si entra nel dettaglio dei volumi è quasi impossibile trovare corrispondenze nelle facciate. Le variazioni sono dovute alla difficile gestione delle regole determinate direttamente dal programma. Gli attributi precedentemente inseriti sul GIS sono invece oggetto di semplici modifiche, anche una volta realizzato il modello.

Sono riportate in seguito una serie di immagini che mostrano due edifici rilevati da Davioud e gli stessi rappresentati in 3D in base al numero di attributi presenti. Si nota che le differenze non si trovano solamente nelle altezze e nelle dimensioni, ma anche nelle aperture, negli apparati decorativi e nei dettagli che formano il disegno. Come scritto in precedenza, anche il modello ottenuto tramite utilizzo di attributi completi, presenta differenze nella coperture rispetto al disegno di Davioud, fattore che è dovuto principalmente alla difficoltà di determinare regole per la tipologia di tetto, l'inserimento di abbaini e corrispondenza con le falde e le pendenze.

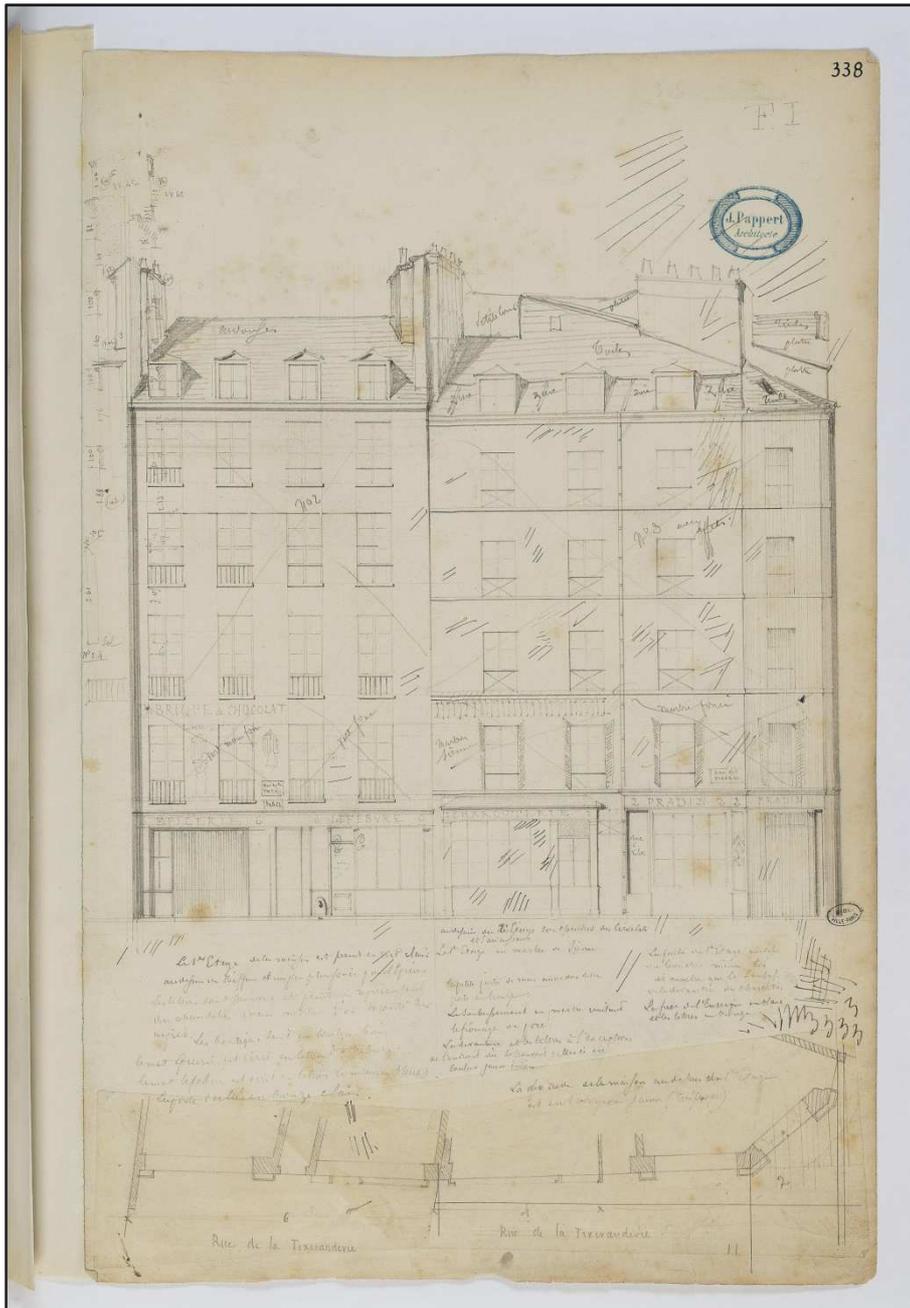


Figura 67 – Disegni di Davioud, immagine denominata 667.jpg nella cartella di lavoro, rappresentante gli edifici in rue de la Tixeranderie, numeri civici 2 – 4 – 6.



Figura 68 – Modello 3D degli edifici in Rue de la Tixeranderie, civici 2 – 4 – 6, realizzati con CityEngine tramite dati completi.



Figura 69 – Modello 3D degli edifici in Rue de la Tixeranderie, civici 2 – 4 – 6, realizzati con CityEngine tramite dati parziali.

Rispetto alla precedente, le altezze cambiano in modo netto, non solo quella totale, ma anche quelle di ogni singolo piano. Sono state determinate dal programma tramite valore casuale tra due misure limite.

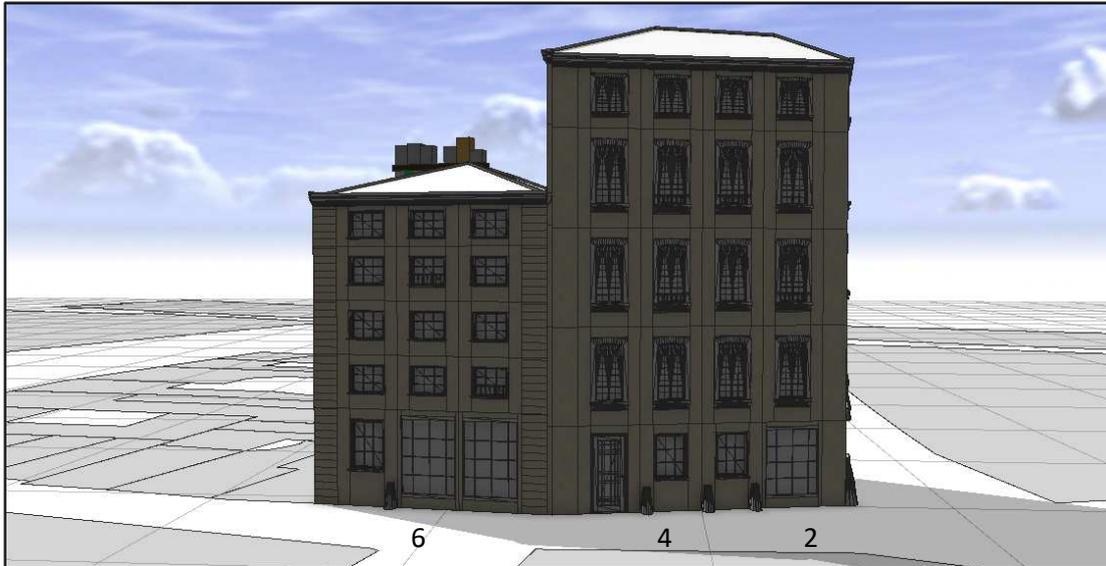


Figura 70 – Modello 3D degli edifici in Rue de la Tixeranderie, civici 2 – 4 – 6, realizzati con CityEngine tramite dati minimi. Rispetto all’ immagine 68, le variazioni sono notevoli. Le altezze sono differenti, soprattutto per quanto riguarda il piano terra. Sulle facciate, il programma ha inserito automaticamente il bugnato. Le coperture sono di tipologia differente, in particolare sono assenti gli abbaini.

Utilizzare CityEngine per rappresentare un’ ambiente realmente esistito in un’ epoca passata o un territorio presente attualmente, richiede uno studio approfondito degli elementi che devono essere modellati in termini di attributi spaziali e geometrici, altrimenti si rischia di ottenere un risultato dissimile al vero. Problema che non si pone se si utilizza il programma per realizzare città virtuali inventate o ambienti futuri su un territorio.

È certo che, più informazioni si riescono a reperire tramite ricerca sull’ elemento, più l’ oggetto rappresentato è simile alla realtà. L’ affidabilità del modello deve essere quindi ricercata nel numero e nella qualità degli attributi presenti in partenza nella scena creata; il programma è utile a gestire le mancanze e sostituirle con regole generali, ma la potenzialità primaria deve essere quella di mettere insieme gli attributi reali e tradurli in un modello tridimensionale.

Conclusioni

Nella stesura delle varie fasi dell' elaborato di tesi, si è cercato di valutare il livello di funzionalità di programmi GIS in ambito di ricerca sul patrimonio culturale.

Le lavorazioni permettono di capire la notevole capacità di interoperabilità e collaborazioni con differenti software. Molti progetti, infatti, sono iniziati su un programma per poi essere esportati su uno successivo.

Il numero elevato di formati che i GIS consentono di importare, offre la possibilità di eseguire lavorazioni puntuali su programma appositi, per poi comporre l' indagine finale. Si pensi alla raccolta delle informazioni e alla stesura degli attributi, che può essere effettuata su programmi esterni, o alla realizzazione di primitive geometriche di uno shapefile creato su programmi di progettazione e successivamente importato.

Un riscontro positivo si è avuto nella collaborazione tra il programma GIS open source e il programma GIS commerciale. L'interoperabilità è completa, fatta eccezione per alcune procedure di modellazione che, ad oggi, risultano possibili solo sulla piattaforma della ESRI, o tramite un programma ESRI come nel caso di CityEngine.

Sistemi di ricerche storiche basate sull' utilizzo di programmi GIS, offrono la possibilità non solo di raccogliere i dati e le informazioni, ma di poterle elaborare in rapporto al contesto territoriale del mondo reale e alla rappresentazione delle forme degli elementi interessati. È il caso dell' indagine dei Rilievi dell' architetto Davioud, che sono stati studiati all' interno del contesto urbano tramite la cartografia del tempo, modellati in base alle misure delle altezze ed infine inseriti all' interno della Parigi attuale, in modo da avere un confronto diretto delle variazioni urbane avvenute.

L' utilizzo e l' interoperabilità concessa dai software deve essere gestita e organizzata in base ad un ordine preciso e stabilito in fase preliminare, in modo da indirizzare le funzionalità dei programmi verso l'obiettivo imposto.

Elemento principale di ogni indagine è il materiale ricercato sul caso studio che si vuole affrontare. La completezza dell'elaborato, al di là dei modelli creati, è valutata in base al numero di dati e di informazioni autentiche che un utente riesce a ricercare. Il procedimento di analisi territoriale, di georeferenziazione e di stesura degli attributi per ogni primitiva geometrica determinata su uno shapefile, non presenta differenze elevate se affrontato su un programma GIS open source o su piattaforma commerciale. I risultati che si possono ottenere in termini di qualità e tempistiche di lavorazione sono analoghi, e le mappe tematiche ricavate da essi offrono le stesse chiavi di lettura.

Per un'indagine che vuole inglobare anche la fase di modellazione degli elementi, è consigliato l'utilizzo di ArcGIS, della ESRI. Risultati minimi (in termini di estrusioni) possono essere raggiunti anche tramite QGIS, ma per un livello di dettaglio maggiore e per una possibilità di gestione completa all'interno del software, la differenza tra i due programmi ad oggi è notevole.

Interessante integrazione tra GIS e modellazione è data da CityEngine, programma sviluppato dalla Esri. Il software permette la diretta collaborazione con il progetto GIS, in termini di lettura di attributi e di importazione completa. È in grado di gestire pienamente lo shapefile importato, senza causare limitazioni delle proprietà, inoltre, i dati inseriti costituiscono il primo passaggio per realizzare l'elemento tridimensionale, che è basato su una modellazione procedurale.

Bibliografia

I testi riportati in seguito, sono in ordine rispetto ai capitoli affrontati nella tesi.

- TAMBORRINO R., *Parigi nell' Ottocento: cultura architettonica e città*, Marsilio, Venezia 2005.
- CHAPMAN B., *Baron Haussmann and the Planning of Paris*, Liverpool University Press 1953.
- LAZARE F., LAZARE L., *Dictionnaire administratif et historique des rues de Paris et de ses monuments*, Parigi 1844-1849.
- PINON P., *Les Plans de Paris. Histoire d' une capital, Parigi*, Le Passage Editeur, Parigi 2004.
- VON LÜNEN A., TRAVIS C., *History and GIS – Epistemologies, Considerations and Reflections*, Springer Verlag 2013.
- KNOWLES A. K., HILLIER A., *Placing History: How Maps, Spatial Data, and GIS are Changing Historical Scholarship*, ESRI 2008.
- IAN N. G., ALISTAIR G., *Toward Spatial Humanities: Historical GIS and Spatial History*, Indiana University Press 2014.
- GENOVESIO G., *La tecnica GIS per la documentazione del patrimonio costruito*, Tesi di Laurea Magistrale in Architettura, relatore Rinaudo F., Torino 2009.
- GIORCELLI F., *Tecniche integrate per la generazione speditiva di GIS 3D*, Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria, relatori Lingua A. M., CHIABRANDO F., Torino 2015.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, *Understanding GIS: The ARC / INFO Method*, ESRI editore 1999.

Studio di piattaforme GIS, attraverso un corpus di documenti di rilievo della Parigi Ottocentesca.

- TOMLIN C. D., *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*, Prentice Hall 1990.

- ARONOFF S., *Geographic information systems: A Management Perspective*, WDL Publications, Ottawa 1989.

- ATZENI P., CERI S., PARABOSCHI S., TORLONE R., *Basi di dati. Modelli e linguaggi di interrogazione*, McGraw-Hill Companies 2002.

- CETRARO F., *GIS per la cartografia e l'analisi territoriale - come scegliere il GIS più adatto alle tue esigenze. Guida pratica all'uso dei GIS più diffusi QGIS, GRASS, SAGA, ArcGis®, MapInfo Pro®, Autocad Map 3D® con riferimento alla pubblicazione sul WebGIS*, EPC editore, Roma 2015.

- CASAGRANDE L., CAVALLINI P., FRIGERI A., FURIERI A., MARCHESINI I., NETELER M., *GIS open source – Grass GIS, Quantum GIS e SpatialLite, elementi di software libero applicato al territorio*, Dario Flaccovio Editore 2012.

- GUANDALINI B., SALERNO G., *Manuale ArcGIS 10. Guida pratica con esercizi svolti*, Dario Flaccovio Editore 2013.

- MANTOANELLI M., *Tecniche di modellazione procedurale per la ricostruzione di ambienti urbani: il caso di Bologna Medievale, dall'acquisizione delle fonti storiche al rendering per un cortometraggio 3D*, Tesi di Laurea in informatica, Bologna 2013.

Sitografia

- Gabriel Davioud (1824 - 1881) | Structurae,
<https://structurae.info/personnes/gabriel-davioud>.

- Plan Alpage – Vasserot, <http://alpage.huma-num.fr/fr/frdocumentation/plan-alpage-vasserot>

Studio di piattaforme GIS, attraverso un corpus di documenti di rilievo della Parigi Ottocentesca.

- <https://gallica.bnf.fr>
- <http://archives.paris.fr/>
- <https://bibliotheques.paris.fr/>
- QGIS, <https://www.qgis.org/it>.
- ESRI, <https://www.esri.com>.
- Arches, <https://www.archesproject.org/>
- ArcMAP, <http://desktop.arcgis.com>
- ArcSCENE, <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/3d-analyst/3d-analyst-and-arcscene.htm>
- ESRI CityEngine, <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/esri-cityengine/overview>