

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

**DOTTORATO DI RICERCA IN
STORIA E INFORMATICA**

Ciclo XXIV

Settore Concorsuale di afferenza: 01/B1

Settore Scientifico disciplinare: INF/01

**La Ricostruzione 3D di Bologna
nel XVI Secolo**

Presentata da: Marco Orlandi

Coordinatore Dottorato

Prof.ssa Fiorenza Tarozzi

Relatore

Prof.ssa Rosa Smurra

Esame finale anno 2012

INDICE

| | |
|---|----|
| Introduzione..... | 6 |
| CAPITOLO I - | 10 |
| Le ricostruzioni virtuali in ambito storico | 10 |
| 1.1. La Computer Grafica tridimensionale: dall'intrattenimento alle ricostruzioni storiche | 10 |
| 1.2. Computer Grafica: dal digital entertainment all' <i>edutainment</i> | 13 |
| 1.3. Virtual cultural heritage: le ricostruzioni storiche ed il valore aggiunto delle fonti | 15 |
| 1.4. Ricostruzioni storiche e digital entertainment: problematiche e rischi | 17 |
| 1.5. Lo stato dell'arte nella Computer Grafica..... | 20 |
| 1.6. Esperienze di ricostruzioni storiche tridimensionali | 28 |
| 1.6.1. Rome Reborn | 29 |
| 1.6.2. Il progetto Nu.M.E. per la città di Bologna | 35 |
| 1.6.3. Byzantium 1200..... | 40 |
| 1.6.4. Nantes en 1757..... | 46 |
| 1.6.5. Mapping Medieval Chester..... | 53 |
| 1.6.6. Il monastero di Dordrecht | 58 |
| CAPITOLO II - | 63 |
| La <i>Veduta prospettica della città di Bologna</i> come fonte per la ricostruzione 3D: storia e attendibilità..... | 63 |
| 2.1. Le vicende relative alla <i>Veduta prospettica della città di Bologna</i> | 63 |
| 2.2. Gli autori ed il committente | 67 |
| 2.3. Analisi e studi precedenti | 69 |
| CAPITOLO III - | 78 |
| La ricostruzione tridimensionale di Bologna tardo rinascimentale | 78 |
| 3.1. Il software usato: Blender come soluzione opensource | 78 |
| 3.2. L'impostazione del lavoro in Blender: importazione ed utilizzo del catasto pontificio..... | 82 |
| 3.3. La modellazione architettonica | 84 |

| | | |
|---|--|-----|
| 3.4. | La definizione dei materiali | 96 |
| 3.5. | Il terreno: modellazione | 101 |
| 3.6. | Il terreno: testurizzazione..... | 103 |
| 3.7. | Il confronto con i dati GIS: la compensazione delle altezze | 110 |
| CAPITOLO IV – | | 114 |
| Analisi della <i>Veduta vaticana</i> e utilizzo del modello virtuale per la ricerca e l' <i>edutainment</i> | | 114 |
| 4.1. | L'analisi del tessuto urbano di Bologna sul finire del XVI secolo: alcuni dati ricavati dalla <i>Veduta vaticana</i> | 114 |
| 4.1.1. | Gli edifici religiosi | 118 |
| 4.1.2. | Gli edifici civili..... | 134 |
| 4.1.2.1. | Torresotti | 136 |
| 4.1.2.2. | Torri..... | 136 |
| 4.1.3. | I canali ed il porto | 144 |
| 4.1.4. | Le distorsioni topografiche | 146 |
| 4.2. | Ricerca ed <i>edutainment</i> : possibili usi del modello virtuale della <i>Veduta vaticana</i> | 149 |
| 4.2.1. | La ricostruzione virtuale della <i>Veduta vaticana</i> come strumento per la ricerca: l'integrazione del modello 3D in un sistema GIS..... | 151 |
| 4.2.2. | La ricostruzione virtuale della <i>Veduta vaticana</i> per l' <i>edutainment</i> : l'uso del <i>game engine</i> per la creazione di un ambiente interattivo..... | 158 |
| 4.2.3. | La ricostruzione virtuale della <i>Veduta vaticana</i> per l' <i>edutainment</i> : la creazione di un'app per i sistemi mobili | 165 |
| Conclusioni..... | | 174 |
| BIBLIOGRAFIA..... | | 176 |
| SITOGRAFIA | | 182 |

Introduzione

Il lavoro di tesi presentato nelle pagine seguenti ha come oggetto la ricostruzione virtuale tridimensionale della città di Bologna nel tardo XVI secolo così come è rappresentata nella *forma urbis* che è presente nella cosiddetta *Veduta prospettica della città di Bologna*. Questa è una fonte iconografica di grandissimo valore sulla quale sono stati svolti importanti lavori¹ e sulla cui storia ed analisi si tornerà più avanti in questa tesi (si veda il capitolo 2).

Il primo obiettivo della tesi è quello di ricreare una modellazione tridimensionale dell'assetto urbano di Bologna all'interno della sua terza cerchia di mura, *Circla*, così come esso è raffigurato nell'affresco vaticano. La visualizzazione tridimensionale permette infatti una percezione maggiore del tessuto urbano come si presentava in epoca rinascimentale; potersi muovere all'interno di uno spazio virtuale per esplorare la città rende possibile, già ad un primo livello autoptico, un'analisi dello sviluppo cittadino ed un primo confronto con lo stato attuale, mettendone in evidenza le analogie e le differenze.

La riproposizione virtuale si presenta sotto questo aspetto attraverso una forte connotazione comunicativa. L'immediatezza del mezzo visivo tridimensionale favorisce infatti una percezione ed un'assimilazione più rapida dei concetti storici anche nei confronti di un pubblico non specialistico. Al fine di rendere la ricostruzione tridimensionale maggiormente accessibile ad una utenza non esperta sono state create due soluzioni: un ambiente virtuale interattivo della Bologna del tardo Cinquecento all'interno del quale il fruitore può muoversi liberamente per esplorare lo spazio urbano così come è rappresentato nell'affresco ed un'applicazione per smartphone e tablet tramite la quale l'utente può accedere in mobilità ad informazioni sulle architetture raffigurate nella *Veduta vaticana* ed alle ricostruzioni 3D sotto forma di rendering o filmati virtuali.

Un ulteriore obiettivo del lavoro di tesi consiste nell'utilizzo della ricostruzione tridimensionale a fini di ricerca storica. L'uso della grafica 3D vuole essere un mezzo privilegiato per l'analisi del tessuto urbano rappresentato nella *Veduta vaticana*; lo spazio virtuale consente maggiori libertà di visualizzazione rispetto ad una riproduzione bidimensionale, permettendo anche di "sezionare"

¹ Ci si riferisce in particolare alle tesi di Dottorato di Ricerca di Manuela Ghizzoni, *Analisi storica e informatica di fonti iconografiche: la pianta prospettica di Bologna in Vaticano (1575)*, discussa nel 2002 presso l'Università degli Studi di Bologna (relatore prof.ssa Francesca Bocchi) e di Elisa Paselli, *La città di Bologna e la sua storia: diffusione e condivisione delle conoscenze attraverso WebGis opensource e WebMapping*, discussa nel 2009 presso l'Università degli Studi di Bologna (relatore prof.ssa Rosa Smurra), consultabile al sito <<http://amsdottorato.cib.unibo.it/1566/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

virtualmente, isolare o evidenziare determinati aspetti. Un esempio in tal senso si ha con l'identificazione e la separazione dell'edilizia religiosa da quella civile, permettendo di quantificare il numero degli edifici appartenenti all'una o all'altra categoria. In questo modo si ha già un primo dato analitico sul tessuto sociale estratto in maniera semi-automatica.

Un ulteriore obiettivo, sempre inerente la ricerca, consiste nel collegare la modellazione storica tridimensionale della rappresentazione vaticana con altre fonti storiche. Questo aspetto è particolarmente importante e delicato in quanto ci si vuole relazionare sia con le fonti documentarie coeve al periodo trattato sia con documenti antecedenti e posteriori, al fine di aggiungere informazioni a quelle già interne all'affresco vaticano. Per questo motivo ci si è orientati soprattutto verso fonti di natura catastale così da ricostruire, ove possibile, la proprietà, la destinazione d'uso e le eventuali trasformazioni degli edifici. Per questa fase della ricerca l'uso del GIS (Sistema Informativo Geografico) è stato essenziale; il software utilizzato -nello specifico ArcGIS 10- consente infatti di gestire e relazionare tra loro documenti di diversa natura come i rilievi digitalizzati dei catasti storici, le fonti documentarie organizzate in tabelle alfanumeriche ed in ultimo anche oggetti tridimensionali come edifici ricostruiti attraverso software di modellazione virtuale.

Il modello virtuale di Bologna ricostruito a partire dall'affresco vaticano si vuole porre in sostanza come una base di accesso virtuale verso la storia della città. La fonte sulla quale si basa presenta infatti caratteristiche uniche. La *Veduta vaticana* è la rappresentazione affidabile più antica della città felsinea (prima di essa ritroviamo solo raffigurazioni simboliche); vi è riprodotto tutto il tessuto urbano interno alle mura; la rappresentazione prospettica a volo d'uccello ci restituisce inoltre la raffigurazione dei fronti stradali mostrando elementi come l'altezza (in proporzione) e l'aspetto delle architetture; il grado di dettaglio si spinge al singolo edificio, in alcuni casi sono presenti perfino rifiniture ed ornamenti architettonici. Per questi motivi la ricostruzione tridimensionale della Bologna rinascimentale si presta anche come collegamento con altre restituzioni tridimensionali di parti della città, anche per periodi storici differenti.

L'obiettivo finale ideale, che per mole di lavoro richiesta travalica i limiti temporali dell'*iter* dottorale ma che è stato parzialmente trattato in questa tesi, è dunque un sistema virtuale che avendo come base la modellazione vaticana dell'intera città possa permettere di scendere al dettaglio del singolo edificio o della porzione di territorio permettendo di esaminare le fonti ed i documenti ad esso correlati, muovendosi cronologicamente in avanti e indietro. A questo si aggiunge la capacità di correlare le ricostruzioni tridimensionali eseguite su specifiche zone od

edifici, come ad esempio le molte presenti all'interno del progetto Nu.M.E. per piazza di Porta Ravegnana nel Duecento o per la parte medievale di porta Stiera. Solo in questo modo si può avere una visione globale diacronica dei mutamenti della città nel corso dei secoli fino ad oggi; all'interno di questo sistema la modellazione vaticana rappresenta la base ed il tassello di partenza e di accesso.

Necessaria premessa al lavoro di ricostruzione tridimensionale è però una riflessione sulla natura delle ricostruzioni virtuali in campo storico, fenomeno sempre più in espansione anche in conseguenza di una maggiore 'facilità' di ricostruzioni virtuali in 3D.

CAPITOLO I

CAPITOLO I -

Le ricostruzioni virtuali in ambito storico

1.1. La Computer Grafica tridimensionale: dall'intrattenimento alle ricostruzioni storiche

Il "3D" è ormai presente a molti livelli nella vita quotidiana sia a livello di svago sia in molti ambiti professionali.

"3D" sono i film che si vedono al cinema, "3D" sono molti loghi e animazioni presenti all'interno di siti web, "3D" sono molte applicazioni usate dai moderni apparati elettronici come Iphone, Ipad ecc, "3D" sono le immagini dei progetti per la costruzione di un edificio, "3D" è la progettazione della cucina che viene proposta oramai in tutti i grandi punti vendita. Ma "3D" sono anche molti esami clinici ai quali ci sottoponiamo e molte applicazioni "3D" si ritrovano anche in campi culturali come mostre o siti archeologici.

Il termine "3D" è quindi usato in un gran numero di contesti e, nonostante sia adoperato apparentemente con la stessa valenza, nondimeno identifica dei rami del "3D" in realtà molto diversi tra loro, come Realtà Virtuale, Realtà Aumentata o Computer Grafica Tridimensionale le quali, seppur condividono una base metodologica iniziale, presentano peculiarità e finalità differenti.

È necessario dunque fare una precisazione terminologica a priori che, lungi dall'esaurire l'argomento, possa almeno chiarire dei punti fondamentali per creare un sostrato semantico comune.

La Computer Grafica (CG) rappresenta l'insieme delle tecniche di manipolazione delle immagini attraverso il computer. Le immagini possono essere sia in grafica raster, come per il fotoritocco, sia vettoriale, come per il disegno tecnico CAD, sia misti come accade nei sistemi GIS. All'interno della Computer Grafica trova spazio anche la Computer Grafica Tridimensionale; questa nasce principalmente come evoluzione del CAD attraverso l'introduzione di uno spazio virtuale in tre dimensioni. Attraverso la grafica 3D si possono ottenere immagini statiche (cosiddetti *rendering*) o in movimento (*animazioni virtuali*) di oggetti o scenari, arricchiti con materiali per le definizioni

delle superfici, luci, camere ecc. Entrambe queste tipologie rientrano già nel campo della Realtà Virtuale (Virtual Reality – VR), la quale fa riferimento alla simulazione virtuale di un oggetto; questa simulazione può essere *immersiva* o *non immersiva*.

L'immersività consiste appunto nell'*immergere* il più possibile la persona all'interno dello spazio virtuale cercando di trasportarne i sensi di percezione. Per questo vengono utilizzati sistemi come occhiali o guanti con speciali sensori. Un esempio tipico di immersione in uno spazio virtuale si ha con l'effetto stereoscopico tramite occhiali, che permette di percepire realmente la profondità all'interno di uno spazio tridimensionale. Alla luce di questo si può quindi affermare che non tutto quello che è Computer Grafica è tridimensionale (vedi ad esempio un file cad per la planimetria di un edificio) e ancora non tutto quello che viene comunemente definito 3D è immersivo; in quest'ottica si può considerare l'immersione come un valore aggiunto del 3D.

Un'ulteriore e recente ramificazione è data dalla Realtà Aumentata (Augmented Reality – AR). Essa consiste nell'arricchire (o *aumentare*) una scena reale con dei contenuti informativi aggiuntivi virtuali. Mentre per la Realtà Virtuale lo scenario può essere interamente inventato e non avere alcun riscontro nella realtà, per la Realtà Aumentata la base di partenza è sempre una scena reale alla quale si sovrappone una interazione con contenuti virtuali, i quali possono essere semplici dati alfanumerici legati al territorio come veri e propri oggetti o filmati 3D. Caratteristica essenziale della Realtà Aumentata è il fatto di agire in tempo reale; attraverso appositi dispositivi, infatti la scena viene elaborata *al momento* ed il fruitore percepisce in maniera immediata le informazioni. Questo è possibile sfruttando dei *trackers*, o sensori di tracciamento, che identificano il soggetto all'interno della scena. Un'altra caratteristica fondante della Realtà Aumentata è l'interattività che permette al fruitore di compiere una serie di azioni ed intervenire all'interno dello spazio virtuale. Questa tecnica nasce in ambiente militare per simulazioni belliche e vede nell'ambito medico uno dei suoi campi più proficui. Infatti l'Augmented Reality è usata anche per pianificare e simulare interventi chirurgici complessi, fare esercitare i medici prima di un intervento in maniera ripetuta così da evitare errori ed imprevisti.

Gli ultimi sviluppi vedono applicazioni anche in campo commerciale e di marketing, in virtù del forte impatto spettacolare che questa tecnica garantisce nonché una prima serie di sperimentazioni anche nei Beni Culturali, dove potrebbe effettivamente avere ottimi riscontri².

² Veltman K., *New Media and Transformations in Knowledge*, in Gemmeke C., Hartmut J., Harald K. (a cura di), *Euphorie Digital? Aspekte der Wissensvermittlung in Kunst, Kultur und Technologie*, Bielefeld, 2001, pp. 35-62, 131-166; Veltman K., *Development and Challenges in Digital Culture*, in *Electronic Imaging & the Visual Arts Conference* (EVA Conference 2001, Mosca, 3-8 dicembre 2001), pp. 33-39; Veltman K., *Historical Heritage and Future Creativity*

In queste ultime due casistiche il più delle volte si ha un dispositivo video (come una normale webcam) ed un apposito marker stampato anche su un semplice foglio di carta il quale, una volta inquadrato, viene riconosciuto attivando il contenuto 3D; il risultato è una combinazione di reale/virtuale che viene visualizzata su schermo. I più recenti sviluppi hanno portato la realtà aumentata anche sui dispositivi mobili di ultima generazione, come smartphone o tablet; in questo modo sia la camera sia lo schermo coincidono, rendendo l'esperienza ancora più immediata³.

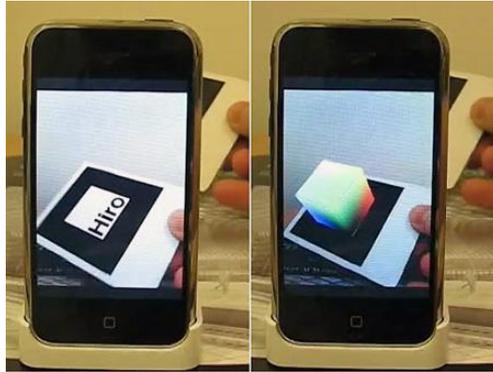


Figura 1 - Esempi di Realtà Aumentata

(fonte: <http://www.realareal.com/artoolkit-v4-4-augmented-reality-comes-to-the-iphone>)



Figura 2 - Esempi di Realtà Aumentata

(fonte: <http://thecubelondon.com/blog/2010/05/31/augmented-reality-workshop/>)

(Atti del First International Workshop on ICTs, Arts and Cultural Heritage with Special Emphasis on Applications, Local Development and Local Learning, San Sebastian, 5 maggio 2003); Veltman K., *New Technologies in the Communication of Cultural Heritage*, in *Recupero di Emergenze Storico-Artistiche e Effetti Positivi di marketing Territoriale* (Congresso internazionale, Albenga, 9-10 maggio 2008).

³ Difficilmente il fenomeno della Realtà Aumentata è pienamente comprensibile attraverso immagini, per questo si propongono di seguito dei video esemplificativi rimandando anche alla sitografia:

<http://www.youtube.com/watch?v=Q_xF8ujj7ko> [Ultimo accesso: marzo 2012]

<<http://www.youtube.com/watch?v=yFwzFby2eNo>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

<<http://www.youtube.com/watch?v=D-A114Jn6EY>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

1.2. Computer Grafica: dal digital entertainment all'*edutainment*

La Computer Grafica è oggi diventata una parte naturale delle discipline visive ed è stata assimilata oramai in maniera totale a quasi ogni livello della vita quotidiana. Le immagini ed i filmati tridimensionali non stupiscono più per la loro originalità come fino a pochi anni orsono, essi sono entrati a far parte dell'uso di molti media. Al contempo il "mondo virtuale" rimane in un continuo e vorticoso sviluppo, alla ricerca di innovazioni e miglioramenti. Nel corso di questi stessi tre anni in cui è stato svolto il percorso dottorale sono avvenuti sostanziali cambiamenti e la grafica 3D ha subito concrete modifiche; ad esempio si sta affermando molto rapidamente la visualizzazione stereoscopica attraverso la produzione di molti film in 3D da vedere tramite appositi occhiali, i quali permettono la percezione della profondità ed un maggior grado di immersione. Proprio in quest'ultimo anno inoltre cominciano ad essere introdotti sul mercato nuovi dispositivi per far percepire all'utente l'immersione tridimensionale senza l'ausilio di alcun dispositivo, a "occhio nudo".

Accanto al cinema un grande impulso arriva anche dal mondo dei videogiochi. La diffusione di massa di piattaforme ludiche sempre più potenti ha permesso di creare giochi sempre più realistici e coinvolgenti. La maggior parte di questi si svolge in prima persona perché il giocatore possa immedesimarsi con il protagonista della storia, rimanere coinvolto, divertirsi ed acquistare l'immane seguito che verrà successivamente presentato. Al fine di aumentare questo proficuo coinvolgimento del giocatore vengono creati mondi tridimensionali sempre più realistici, spingendo al limite, e spesso oltrepassando, le potenzialità della grafica computerizzata. Vi è quindi una sempre maggior cura dei dettagli, che vanno dalla resa dei personaggi (resa della pelle, vestiti, armi ecc.) alla resa fisica degli ambienti attraverso la riproduzione della fisica della natura. Ecco quindi che la resa dell'acqua si arricchisce di fenomeni come la riflessione e la rifrazione della luce, fenomeni particellari come il fumo sembrano molto più naturali ed i materiali presentano caratteristiche come lucentezza, cromatura, riflessione, ruvidezza delle superfici in modo del tutto analogo alla realtà.

L'uso della Computer Grafica si è progressivamente diffuso anche in ambiti esterni al semplice intrattenimento; pian piano si è introdotto anche in ambiti professionali di alto livello nonché di studio e ricerca sia scientifici che umanistici. Nel campo delle scienze umane soprattutto l'archeologia e la ricerca storica hanno intuito -e stanno sviluppando- le potenzialità che la visualizzazione grafica tridimensionale può offrire. Negli ultimi anni è stato anche coniato il

termine di *edutainment*⁴ (crasi di education ed entertainment) per indicare in senso lato tutte quelle applicazioni di intrattenimento che mirano ad avere anche uno scopo didattico: utilizzare il mezzo televisivo e soprattutto del gioco interattivo non solo come distrazione ma come mezzo propedeutico all'insegnamento. Il ramo che utilizza come mezzo per l'*edutainment* il videogame sfocia poi in un gruppo di applicazioni di più ampio respiro che prende il nome di Serious Game.

I Serious Games sono una serie di applicazioni che usano la metodologia classica del videogame ma accantonando completamente l'elemento puramente ludico. Si possono considerare come vere e proprie simulazioni virtuali interattive che sfruttano la tecnologia portata avanti dall'industria dei videogames. Questo tipo di prodotti viene usata ad esempio per creare simulatori di volo o di navigazione, in ambito medico e per creare previsualizzazioni di tipo architettonico. Un ulteriore impiego che sta portando a nuove sperimentazioni è nell'ambito delle ricostruzioni storiche nel campo dei Beni Culturali⁵.

⁴ Veltman K., *Edutainment, Technotainment e cultura*, in Valentino P. A., Delli Quadri L. M. (a cura di), *Cultura in gioco: le nuove frontiere di musei, didattica e industria culturale nell'era dell'interattività*, Firenze, 2004, pp. 165-205.

⁵ Falk Anderson E., McLoughlin L., Liarakapis F., Peters C., Petridis P., de Freitas S., *Serious Games in Cultural Heritage*, in *VAST2009 – Future Technologies to Empower Heritage Professionals*, (Atti del 10th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage, Malta, 22-25 Settembre 2009), 2009.

1.3. Virtual cultural heritage: le ricostruzioni storiche ed il valore aggiunto delle fonti

Ricostruzioni tridimensionali, rendering, filmati virtuali, applicazioni di Realtà Aumentata e Serious Game impiegati nel campo dei Beni Culturali hanno visto complessivamente in questi anni un progressivo aumento di casi di sperimentazione, al punto da andare verso la definizione di una disciplina che al momento viene definita col termine virtual heritage, come a sancire una graduale affermazione dell'uso del mondo tridimensionale per la comunicazione storica.

Per virtual heritage -o virtual cultural heritage- si intendono infatti le ricostruzioni 3D di realtà storiche o archeologiche non più esistenti; attraverso immagini 3D o filmati virtuali, storici ed archeologi propongono visivamente le sintesi dei loro studi, interpretazioni e tesi di come un manufatto, un'architettura o una porzione di territorio antico fosse in origine.

È facile intuire come la Computer Grafica tridimensionale si ponga nel solco delle tecniche di rappresentazione grafica classiche e già in passato utilizzate in questi campi, e di come possa esserne considerata una naturale evoluzione tecnologica. Quello che nelle decadi precedenti veniva proposto sotto forma di illustrazione grafica o plastico oggi può essere rappresentato in 3D attraverso l'uso di uno qualsiasi dei dispositivi multimediali comunemente a disposizione.

Rispetto poi ai mezzi sopracitati ed utilizzati fino a pochi anni fa la grafica computerizzata presenta alcuni aspetti vantaggiosi di cui lo studioso può avvantaggiarsi. Primo fra tutti anche se apparentemente scontato è la possibilità di aggiungere la tridimensionalità: la realtà ci appare -oggi come ieri- in tre dimensioni ed il rappresentarla attraverso illustrazioni bidimensionali ha significato una semplificazione resa necessaria dai mezzi a disposizione dello storico.

Un secondo punto è costituito dalla capacità di ritornare con facilità sulle proprie conclusioni. L'uso di un dato digitale permette infatti infinite modifiche della rappresentazione tridimensionale lasciando allo studioso la possibilità di intervenire altrettante volte sulle proprie conclusioni e modificarle con relativo poco sforzo. In questo modo la scoperta di una nuova fonte che aggiunge informazioni o modifica quelle esistenti può agevolmente essere tradotta ed integrata nella ricostruzione virtuale. Un ulteriore aspetto innovativo risiede infine nella facilità di trasmissione e comunicazione: il dato tridimensionale è facilmente replicabile per farne copie a scopo di distribuzione o condivisione scientifica; si presta altresì a molteplici usi senza bisogno di modificarne la struttura originaria. Questo significa che la ricostruzione 3D di un territorio urbano

medievale piuttosto che di un sito archeologico di età classica può essere allora rappresentato sia come filmato virtuale sia essere inserito all'interno di un'installazione o chiosco museale sia proposto come un insieme di rendering o inserito in un Serious Game.

Va aggiunto anche che le ricostruzioni virtuali di ambito scientifico utilizzano e sfruttano le medesime tecniche -spesso anche i software- in uso nel campo commerciale dell'intrattenimento; questo significa che, in potenza, la qualità delle rese tridimensionali visibili al cinema e nei videogames è applicabile anche alle ricostruzioni del passato. Risultato di questo processo sono ricostruzioni esteticamente più "belle" e quindi molto più appetibili anche per un pubblico non tecnico, il quale viene avvicinato con minor sforzo a studi ed analisi accademiche.

La comunicazione insomma della ricerca storica viene estremamente agevolata, l'aspetto didattico aiutato per garantire una ampia diffusione degli studi effettuati.

1.4. Ricostruzioni storiche e digital entertainment: problematiche e rischi

La ricostruzione virtuale diventa quindi fruibile esattamente come un qualunque prodotto di intrattenimento, aumentandone a dismisura le capacità di diffusione e di fascino: questo tuttavia comporta anche la generazione di qualche rischio derivato.

Ricostruzioni scientifiche e prodotti di intrattenimento digitale condividono le stesse metodologie di creazione e di fruizione; questo fa sì che apparentemente una ricostruzione storica appaia del tutto simile ed analoga ad una qualsiasi animazione 3D.

Il rischio in questo senso sta proprio nel pericolo di perdere la distinzione dei due prodotti.

Se infatti la metodologia che porta alla creazione degli oggetti tridimensionali è comune, le finalità di una ricostruzione storico-archeologico-scientifica sono molto differenti da un prodotto per il solo intrattenimento; inoltre queste stesse finalità influenzano profondamente le fasi di creazione della ricostruzione e rischiano al contempo di non essere viste e comprese. In una ricostruzione storica paradossalmente il ricorso al 3D può essere l'ultimo di una serie di processi metodologici.

Lo storico deve infatti essere innanzitutto padrone della materia che va ad analizzare; questo significa aver svolto preventivamente un lavoro di individuazione dei documenti, di vaglio delle fonti, di studio e di analisi delle stesse per conoscere adeguatamente il problema che sta considerando. Solo allora potrà valutare se e in che modo fare ricorso alle tecniche 3D.

Il fine dello storico è per l'appunto indagare il passato, sciogliere un nodo per chiarire un aspetto o una vicenda storica; in quest'ottica il ricorso al 3D si presenta come una *possibilità* non sempre applicabile proprio perché dipendente dalle fonti e dai documenti a disposizione. Lo studio del passato è profondamente vincolato a quello che di quel passato è giunto fino a noi, ed oltre il quale vi sono solo ipotesi più o meno verificabili. Sta allo storico scoprire, studiare e mettere in relazione fonti diverse così che possano chiarire aspetti di vita di un passato di cui abbiamo solo qualche fermo immagine. Per questo motivo la restituzione tridimensionale è completamente subordinata alle informazioni a disposizione, le quali purtroppo non sono sempre in numero sufficiente o sufficientemente dettagliate.

L'aspetto discusso poc'anzi si ripercuote profondamente sul tipo di restituzione 3D che si può ottenere in campo storico; in questo senso il limite di una ricostruzione storica non è rappresentato dal grado di tecnologia che un software o una postazione computer può offrire -e che paradossalmente supera già ampiamente le necessità- ma da quante informazioni ho realmente a

disposizione ed alle quali sono costretto riferirmi per poter avere un prodotto scientifico e non di inventiva.

Al contrario quando vengono creati videogames o film di animazione 3D il limite posto è semplicemente quello dell'immaginazione e conseguentemente la frontiera della ricerca e dello sviluppo viene posta tutta sul versante tecnologico, portando a potenziare le rese realistiche o l'immersione avvolgente all'interno dello spazio 3D per raggiungere quei risultati altamente spettacolari di cui si è testimoni in questi anni.

Il rischio conseguente è dunque quello di accostare acriticamente una ricostruzione storica ed un filmato di intrattenimento. Nella quasi totalità dei casi la ricostruzione storica apparirà più povera e di minor impatto scenico, proprio per l'impossibilità di poter riproporre nei minimi particolari e nei profondi dettagli una realtà distante nel tempo che per sua stessa natura giunge a noi frammentata.

La ricostruzione storica va correttamente divulgata e spiegata affinché possa essere compresa nel verso giusto e vista sotto la corretta prospettiva, ossia quella di uno studio storico che ha un fine: quello di indagare e riproporre un frammento di passato.

Un esempio di quanto descritto poc'anzi lo si può riscontrare per il videogame "Assassin's Creed: brotherhood". Questo è il terzo capitolo della saga prodotta dalla Ubisoft, che in questa fase (e in quella precedente) vede il protagonista -Ezio Auditore- muoversi all'interno dei principali centri del Rinascimento italiano, lottando ed alleandosi con esponenti dei Medici e dei Pazzi, degli Sforza e dei Borgia, relazionandosi con personaggi del calibro di Leonardo da Vinci. Le ambientazioni (Roma, Firenze, Venezia e altre ancora) hanno un grado di dettaglio altissimo e di ottima qualità e, pur contenendo qualche elemento storico (non potrebbe del resto essere altrimenti) non possono certo considerarsi ricostruzioni storiche. Nonostante questa precisazione possa sembrare un'ovvietà, non sono pochi i casi in cui, nel web soprattutto, ci si imbatte in discussioni dove vengono elogiate le pregevoli e dettagliatissime ricostruzioni storiche del gioco definite anche *nel particolare*. Questo disagio è probabilmente involontariamente alimentato dal fatto che la casa di produzione ha fatto ricorso a consulenze di tipo storico anche se appare lampante che, laddove anche queste ci fossero state, sarebbero state subalterne alle esigenze del gioco (cosa che in una ricostruzione storica non può accedere). Si è dunque di fronte ad un malinteso che, se non chiarito repentinamente, può generare la percezione che quello della Roma e delle altre ambientazioni di Assassin's Creed sia uno standard di ricostruzione storica invece che un prodotto in massima parte di fantasia.

Lo stesso pericolo si può presentare anche sul versante della ricerca.

L'aver a disposizione strumenti tanto performanti e potenti può portare alla tentazione di "completare" una fonte. La relativa facilità di utilizzo e l'immediatezza che i software di grafica 3D oggi garantiscono possono infatti indurre lo studioso a integrare, per amor di completezza, con informazioni non verificabili o semplicemente supposte e senza segnalarlo in alcun modo; si crea così una falsa informazione nonché una prospettiva distorta; l'insegnamento che filtra diventa dunque che il passato -o una parte di esso- è sempre e completamente riproducibile nei suoi dettagli.

Questo danneggia fortemente le ricostruzioni storiche, specialmente oggi, mentre è in corso un delicato processo di affermazione di queste tecniche come strumento affidabile anche per la ricerca e utilizzabile con fiducia dal mondo accademico come tramite per la comunicazione con il grande pubblico.

1.5. Lo stato dell'arte nella Computer Grafica

I prodotti del campo cinematografico che fanno uso di tecniche digitali tridimensionali insieme ai più recenti prodotti dei videogames formano la moderna concezione di intrattenimento digitale. Questi campi hanno contribuito allo sviluppo delle più avanzate tecniche di Computer Grafica, forti anche di cospicui investimenti alla ricerca a loro volta giustificati da fortissimi profitti alla distribuzione e alla vendita.

Nel campo cinematografico le tecniche 3D sono adoperate sia come integrazione di pellicole con attori reali (per ricreare effetti speciali altrimenti non riproducibili o eccessivamente costosi), come ad esempio le serie Matrix, Pirati dei Caraibi o Harry Potter o ancora Il Signore degli Anelli, sia per la produzione *in toto* di pellicole di animazione tridimensionale (si veda il successo di film come UP, Walle, Toy Story ecc.).

Nel campo dei giochi la resa tridimensionale viene spinta verso il massimo fotorealismo, così da aumentare il grado di coinvolgimento del giocatore e proiettarlo il più possibile all'interno del mondo virtuale dove si svolge l'azione; cresce in questo modo l'immersione nello spazio virtuale, sia attraverso scene e oggetti che appaiono sempre più reali sia mediante la resa di effetti speciali. Spesso inoltre il videogioco è preceduto o intervallato da veri e propri cortometraggi animati in cui viene narrato il prologo della vicenda o particolari momenti e che avvicinano il mondo del videogame al quello del cinema. Un esempio in tal senso è rappresentato ancora da "Assassin's Creed: brotherhood"; questo prodotto, come già affermato, presenta una estrema qualità della resa tridimensionale, inoltre il suo lancio è stato preceduto da una serie di tre veri e propri cortometraggi realizzati *ad hoc* per fini promozionali e pubblicitari (ad esempio attraverso YouTube) con durata di oltre trenta minuti⁶.

⁶ Assassin's Creed Lineage < http://www.youtube.com/watch?v=RzzzMoO70_Y > [Ultimo accesso: marzo 2012]



Figura 3 - Assassin's Creed brotherhood: esempio del livello qualitativo raggiunto
(fonte: <http://www.otaku610.it/?p=8066>)



Figura 4 - Assassin's Creed brotherhood: esempio del livello qualitativo raggiunto
(fonte: <http://www.tecnogames.net/2011/01/news-giochi-presto-annunciato-il-nuovo-assassins-creed/>)

Dato il massivo utilizzo di tecniche 3D in questi campi di eccellenza dell'intrattenimento le immagini ed i filmati tridimensionali hanno potuto raggiungere una qualità ed un grado di fotorealismo tali da rendere difficoltoso in molti casi la stessa distinzione tra un'immagine o una ripresa reale ed una creata a computer.

La Computer Grafica 3D come accennato precedentemente ha visto negli ultimi anni un progresso vertiginoso in termini di sviluppo tecnologico, provocato ed al contempo alimentato da una diffusione capillare in tutti i livelli di intrattenimento. Questa si presenta ai suoi albori come evoluzione del disegno tecnico bidimensionale (il CAD), con finalità progettuali in campi ingegneristici ed architettonici. Dapprima si sviluppano le tecniche di modellazione, come semplici estrusioni, creazioni di forme geometriche di base e solidi come il cerchio, il piano, il cubo o il cilindro; queste sono rese modificabili agendo sull'insieme di vertici, edge e facce che li compongono permettendo così la creazione di molte forme architettoniche. Quindi l'introduzione di solidi di rotazione e rivoluzione ha permesso la realizzazione di forme più complesse in maniera semplice così da meglio rappresentare le geometrie reali. Questo tipo di metodologia è anche denominato "Box Modelling" in quanto, per arrivare alla modellazione dell'oggetto desiderato (un edificio, una colonna ecc. -quasi sempre comunque forme architettoniche-) si parte da un cubo di partenza (o comunque un solido di base) che viene editato e modificato dividendo, aggiungendo ed estraendo le sue facce piuttosto che i suoi vertici fino ad ottenere la forma voluta. Attraverso questa metodologia sono diventati famosi programmi come 3ds Max⁷ nelle sue prime versioni, Maya e le prime versioni 3D di AutoCad.

Quella del Box Modelling è tuttora una tecnica di modellazione estremamente utilizzata anche se, negli ultimi anni ha visto affiancarsi una nuova metodologia che meglio si presta per un altro tipo di modellazione, non più prettamente architettonica ma organica: il "Digital Sculpting".

Questa avanzata tecnica prende spunto non dal disegno tecnico ma dalla scultura e si basa sulla modellazione attraverso l'aggiunta, la sottrazione o la manipolazione di strati di creta virtuali. Questo permette di raggiungere dettagli che sfuggono alla normale modellazione di stampo parametrico e di replicare o inventare forme "imperfette" e asimmetriche come un viso, un animale o un elemento naturale. Attraverso questa tecnica la modellazione 3D arriva a coprire oggi con ottimo livello di dettaglio ogni tipologia di forma presente in natura.

⁷ Nella versione della Discreet, ora assorbita dalla Autodesk così come Maya e molti altri applicativi del mondo tridimensionale.



Figura 5 - Esempio di modellazione tramite Digital Sculpting

(fonte: <http://www.scott-eaton.com/>)

Oltre alla creazione delle forme un altro aspetto coperto dai software grafici 3D riguarda il texturing delle forme, ossia quell'insieme di informazioni legate alla cromia e ad i suoi effetti. Generalmente ad ogni oggetto 3D viene attribuito uno o più materiali: ogni singolo materiale può consistere di un semplice colore solido o di una o più texture, ossia un'immagine che viene applicata alle facce dell'oggetto. Attraverso l'evoluzione che questa tecnica ha avuto è possibile sfruttare varie modalità per applicare l'immagine alle facce, secondo le necessità. Una prima ed elementare tecnica consiste nel ripetere (tiling) l'immagine nelle sue dimensioni naturali tante volte all'interno di ogni singola faccia dell'oggetto. Questo causa però effetti di distorsione laddove le superfici variano in modo repentino. In seguito si è potuto scalare l'immagine in modo da cercare di far coincidere i bordi della texture con quelli dell'oggetto 3D in modo da evitare "sbavature".

Un enorme passo in avanti è stato compiuto con l'introduzione e il perfezionamento della tecnica cosiddetta di *UV mapping*. Questa consiste nello svolgere (*unwrap*) la superficie tridimensionale dell'oggetto su di un piano bidimensionale attraverso l'individuazione e la creazione di "cuciture". All'immagine vengono assegnate delle coordinate (*coordinate UV*) per creare una corrispondenza

tra l'oggetto 3D e la sua proiezione bidimensionale. L'immagine bidimensionale creata può essere quindi esportata all'esterno del programma di modellazione come semplice file immagine e trattata all'interno di un software di fotoritocco, come Photoshop o The Gimp. Qui attraverso i layers si può creare e sovrapporre in maniera precisa la texture desiderata e reimportare il tutto nel software 3D, il quale provvederà a ravviluppare il file immagine nello spazio tridimensionale correttamente attorno all'oggetto in virtù delle coordinate assegnate in fase di unwrapping.

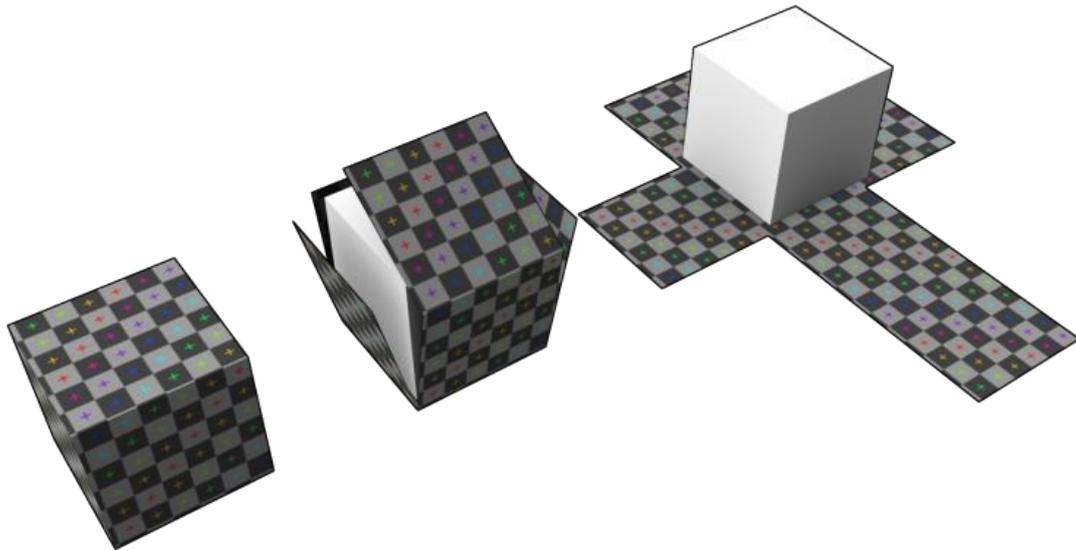


Figura 6 - Esempio di *unwrapping* di un cubo

(fonte: http://www.modwiki.net/wiki/DrVertexBlend_%28tutorial%29)

La cooperazione e l'integrazione tra software di modellazione tridimensionale e programmi per la gestione professionale delle immagini spinto il fotorealismo percepito dei modelli 3D decisamente in avanti. A questo si è aggiunta la capacità di agire sulle textures non solo per la parte cromatica ma anche per le proprietà legate al tipo di superficie, attraverso l'introduzione di mappe di rugosità (*bump maps*). Queste utilizzano file immagine in bianco e nero, spesso mappe procedurali, che alterano lievemente la percezione altimetrica dell'oggetto 3D simulando asperità ed irregolarità della superficie; creano ad esempio l'effetto "buccia d'arancia" evitando che la texture colore risulti troppo piatta, come ad esempio per il derma umano. Inoltre queste mappe vengono calcolate solo in fase di rendering, non vanno cioè ad appesantire la geometria dell'oggetto.

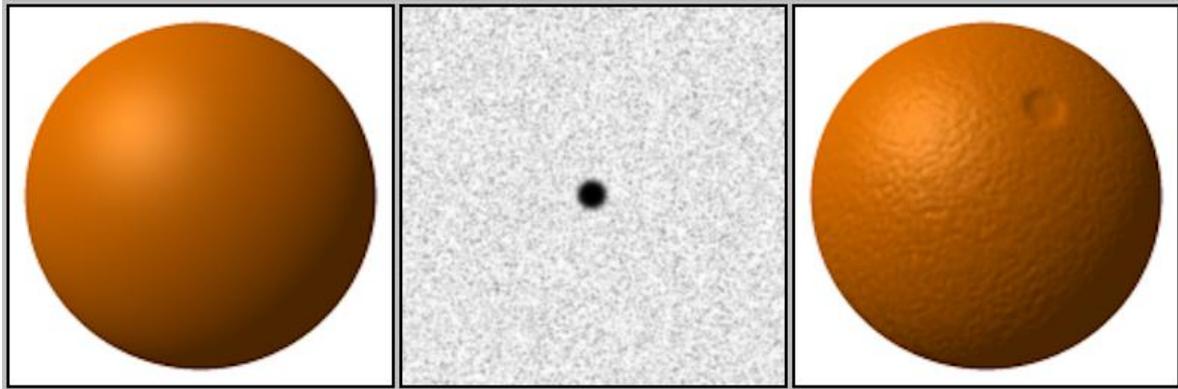


Figura 7 - Effetto dell'applicazione di una mappa di rugosità ad una semplice sfera

(fonte: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bump-map-demo-full.png>)

Oggi poi sono ulteriormente evolute nelle mappe di *displacement*, attraverso le quali si può modificare anche la geometria dell'oggetto in maniera più efficace e precisa.

Sempre riguardo i materiali, all'interno degli applicativi di modellazione 3D vengono anche gestite particolari caratteristiche come fenomeni di interazione dei materiali con la luce, in particolar modo trasparenza, riflessione e rifrazione.

Un materiale vetroso ad esempio non dovrà limitarsi ad essere trasparente e far passare la luce ma, a seconda del valore dell'indice di rifrazione che si assegna, dovrà riportare gli effetti di distorsione così come farebbe nel mondo naturale. Analogamente un materiale oro dovrà non solo presentare la tonalità cromatica adatta ma riflettere una certa quantità di luce che lo colpisce, così come accadrebbe realmente.

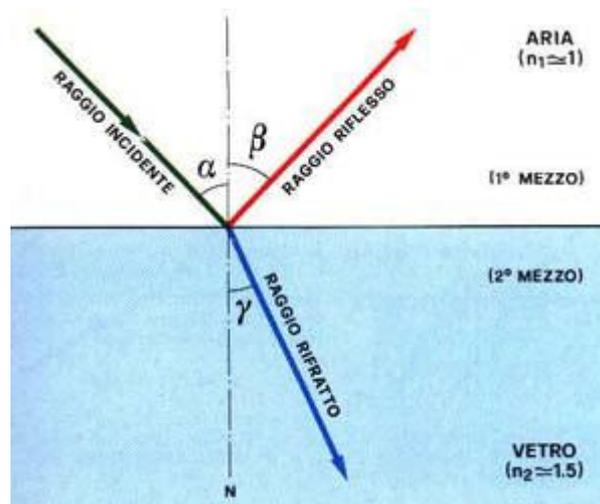


Figura 8 - Schema del principio di rifrazione

(fonte: http://www.openfisica.com/fisica_ipertesto/onde/rifrazione.php)



Figura 9 - Effetto del fenomeno di rifrazione

(fonte: http://www.openfisica.com/fisica_ipertesto/onde/rifrazione.php)

Allo stato attuale i punti verso cui l'avanzamento tecnologico della Computer Grafica 3D è rivolto sono la resa di fenomeni fisici e particellari e l'illuminazione o *shading*.

I primi riguardano la creazione e la gestione di effetti fisici come corpi morbidi (ad esempio tessuti e vestiario), fluidi, fumo e la loro interazione all'interno dello spazio tridimensionale con forze come gravità, collisioni o venti in modo mimetico rispetto al mondo naturale.

Un fiume che scorre ad esempio dovrà tenere conto di eventuali ostacoli sul suo cammino, come la presenza di rocce che ne devino il corso; le medesime rocce dovranno avere, a loro volta, delle proprietà di collisione così da non venire attraversate dall'acqua come se fossero prive di consistenza.

I fenomeni particellari invece gestiscono le particelle prodotte da fenomeni fisici. Così un fluido che impatta una superficie produce delle particelle di acqua o degli schizzi; Spesso dietro a queste impostazioni risiedono particolari e complicati algoritmi matematici che, se impostati correttamente, concorrono a far sì che un fenomeno naturale di difficile riproduzione come un fuoco, un corso d'acqua siano riprodotti nello spazio virtuale in modo quasi perfetto.

Anche l'illuminazione di una scena tridimensionale influisce molto più di quanto si pensi sulla resa finale e sul grado di realismo che si può raggiungere. L'illuminazione nel mondo reale è infatti un procedimento fisico alquanto complesso e composto da un alto numero di variabili. Inizialmente nel campo della grafica 3D vi era l'*illuminazione diretta*, secondo la quale si assume che la luce viaggi in maniera diretta e senza intoppi dalla sorgente all'oggetto, e lì si esaurisca completamente. A questa si è aggiunta negli anni l'*illuminazione Globale o Global Illumination*. Questa è un insieme

di tecniche -Ray Tracing, Radiosity, Photon Mapping, Ambient Occlusion⁸ ecc.- che si basa su principi fisici; secondo queste procedure in sintesi un oggetto tridimensionale subisce anche molti effetti di illuminazione indiretta: la luce infatti rimbalza da un oggetto ad un altro fino ad esaurire la propria energia e con cambi cromatici dovuti al colore degli oggetti con cui è venuta in contatto. Le tecniche di Global Illumination concorrono al raggiungimento di traguardi di fotorealismo estremamente elevati seppur dilatando, in certi casi moltissimo, i tempi di rendering di immagini e animazioni.

Tutto questo per ampliare il realismo percepito dalle riproduzioni virtuali, aumentare il grado di immersione e coinvolgere maggiormente il fruitore di turno.

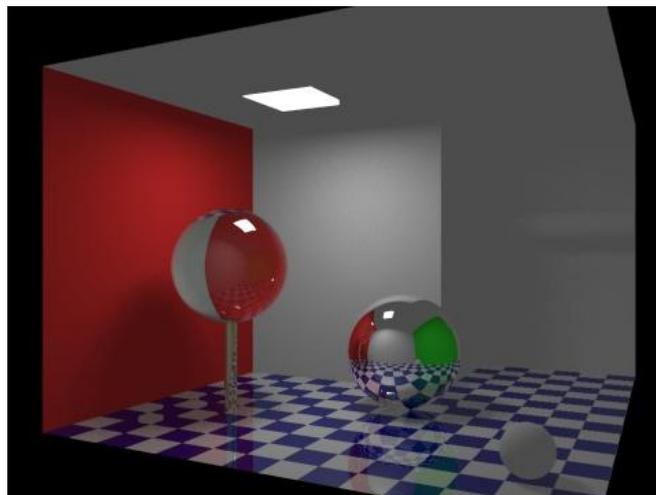


Figura 10 - Illuminazione diretta

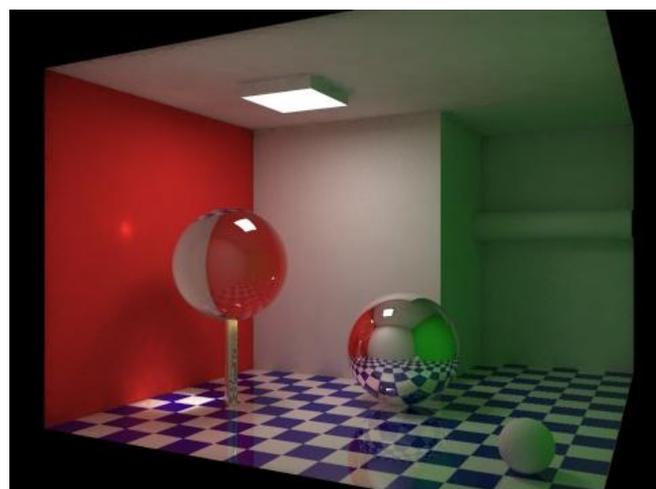


Figura 11 - Rendering con Global Illumination: la luce viene riflessa da una superficie all'altra
(fonte: http://www.cs.berkeley.edu/~sequin/CS184/TOPICS/GlobalIllumination/Gill_0.html)

⁸ Quest'ultima in realtà approssimativa, al fine di ridurre i tempi di rendering.

1.6. Esperienze di ricostruzioni storiche tridimensionali

Di seguito vengono presentate alcune ricostruzioni storiche in 3D a mio parere particolarmente interessanti e significanti, esemplificative di come si possa coniugare a buon livello contenuti, frutto di una ricerca storica, ed una resa grafica esteticamente accattivante e che possa al meglio illustrare le tematiche affrontate dai ricercatori.

In molti casi questi prodotti multimediali sono frutto di un lavoro interdisciplinare, che vede un'istituzione di matrice umanistica (come un archivio cittadino, un museo o dipartimento di storia) collaborare con professionisti provenienti da ambiti più prettamente scientifici, sia in campo universitario (ad esempio dipartimenti di ingegneria o architettura) sia completamente esterni (come studi professionali di grafica).

In molti altri lavori la separazione dei compiti è comunque molto netta; gli storici non sempre entrano nel merito delle competenze informatiche e vice versa; in pochi esempi vi è un reale scambio di saperi. Ciò rappresenta, a mio parere, un'occasione persa per chi lavora nel campo delle scienze umane, in quanto molte delle tecnologie oggi usate nelle ricostruzioni 3D, tralasciando le applicazioni più complesse per le quali *si deve* cercare un contributo scientifico, sono alla portata di tutti. Con uno sforzo moderato il bagaglio metodologico dello storico e dell'archeologo potrebbe essere arricchito, migliorando anche la comunicazione tra l'umanista e lo scienziato in quei casi complessi e di ampia portata in cui l'interdisciplinarietà si ponga come uno strumento utilissimo per il progresso delle frontiere della ricerca. La comunicazione tra i due ambiti non è infatti sempre semplice; muovendo da posizioni differenti, essi pongono l'attenzione su aspetti e quindi finalità differenti. Lo storico porrà principalmente l'accento sui contenuti storici vedendo la metodologia informatica semplicemente come mezzo -privilegiato- per l'analisi delle fonti; il ricercatore di ambito scientifico d'altro canto porrà al centro dei suoi sforzi la parte più tecnica, ponendo meno interesse sul *cosa* viene studiato rispetto al *come* viene studiato. È giocoforza che le due figure, in ambito di cooperazione, abbiano in certi momenti difficoltà nel fare capire le necessità che li muovono e i principali problemi da affrontare, ed è appunto in quest'ottica che una generazione di ricercatori già avvezzi alle metodologie informatiche può meglio porsi all'interno di una cerchia multidisciplinare di professionisti, agevolare la comprensione tra i due ambiti e favorire una migliore prassi metodologica.

1.6.1. Rome Reborn

Rome Reborn⁹ è un progetto internazionale volto alla ricostruzione tridimensionale della città di Roma nelle sue diverse fasi storiche dagli insediamenti della tarda età del bronzo fino alla progressiva contrazione della città in epoca altomedievale.

Il progetto vede coinvolte numerose istituzioni universitarie e gruppi di lavoro a livello internazionale tra Stati Uniti, Francia e Italia.

A capo del progetto è il prof. Bernard Frischer, direttore del Virtual World Heritage Laboratory, Università della Virginia al quale si affiancano come partners principali l'UCLA Experiential Technology Center (Università della California), Il Laboratorio di Virtual Prototyping e Reverse Modeling (INDACO) del Politecnico di Milano, l'Université de Caen e l'istituto Ausonius del CNRS e Université Michel-de-Montaigne Bordeaux-3.

Le fasi iniziali del progetto risalgono al 1997 anche se la prima fase pubblicamente divulgata si ha solo nel 2007. Nonostante non si avvalga di finanziamenti diretti da parte di istituti universitari, il progetto Rome Reborn vede la partecipazione di sponsor esterni legati in particolar modo al mondo della tecnologia, come il colosso dell'informatica IBM o l'azienda leader nella produzione di schede grafiche per gaming e 3D, NVIDIA.

Rome Reborn, pur contemplando un arco cronologico amplissimo (circa 2000 anni di stratificazione archeologica ed urbanistica), al momento ha visto la ricostruzione di un unico e preciso periodo storico di riferimento: l'anno 320 d.C., nel quale Roma si presenta all'apice dello sviluppo urbano, mostrando anche le prime architetture cristiane.

L'intento è quello di muoversi da questo punto cronologico preciso a ritroso ed in avanti nella linea del tempo per completare quello che è il programma completo del progetto. Il periodo a cavallo della tarda antichità è stato scelto come punto di partenza del progetto anche per la disponibilità di fonti a cui gli studiosi hanno potuto far riferimento; fonti che inesorabilmente si assottigliano più si va a ritroso e che aumentano dunque il grado di speculazione ed incertezza interpretativa.

Nello specifico le fonti principali che hanno influenzato poi la ricostruzione 3D delle architetture sono di tre tipi:

⁹ <<http://www.romereborn.virginia.edu/>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

1. Fonti archeologiche: fonti di tipo diretto derivanti dalle documentazioni di scavo a disposizione.
2. Fonti documentarie: derivanti dai *Cataloghi Regionari (Curiosum urbis Romae regionum XIII e Notitia urbis Romae)* e dai dipinti dal Rinascimento fino al XIX secolo.
3. Il plastico di Roma Antica realizzato da Italo Gismondi tra il 1937 ed il 1943 e basato principalmente sulla *Forma Urbis* elaborata agli inizi del Novecento da Filippo Lanciani.

Sulla base di queste diverse tipologie di fonti sono state predisposti livelli diversi di modellazione: una prima classe presenta architetture modellate più in dettaglio grazie ad una più accurata documentazione di tipo archeologico e grafico; la seconda classe prevede invece architetture ed edifici tradotti da fonti documentarie – i cataloghi regionari. Questi infatti presentano semplicemente un conto numerico di edifici all'interno delle varie *insulae*, senza entrare nei particolari descrittivi ed architettonici.

È stato inoltre effettuato un rilievo tridimensionale del plastico di Italo Gismondi¹⁰, i cui modelli 3D sono stati in seguito semplificati e usati a completamento della modellazione.

È stato stimato che i modelli di classe I siano approssimativamente 200 mentre quelli in classe II attorno alle 7-10000 unità. Ovviamente i modelli in classe I appartengono soprattutto a strutture di edilizia pubblica e monumentale mentre alla classe II appartiene in gran parte l'edilizia residenziale comune.

Nel 2007 è avvenuta la presentazione pubblica di questa prima fase del progetto, nella quale è stata compiuta un'integrazione dei modelli all'interno di Google Earth. Nel motore geografico di Google è possibile attivare come livello informativo la modellazione 3D della Roma ricostruita dell'anno 320, sotto il nome di Ancient Rome¹¹. Qui vengono accesi sia i livelli architettonici che topografici e sovrapposti ai layers raffiguranti la città attuale. Pur presentando -in termini informatici- una certa pesantezza nella gestione, l'importazione in Google Earth risulta un'intuizione particolarmente efficace in termini di comunicazione; Earth è infatti una piattaforma estremamente diffusa e

¹⁰ Guidi G., Frischer B. et al., *Virtualizing Ancient Rome: 3D Acquisition and Modeling of a Large Plaster-of-Paris Model of Imperial Rome*, in Beraldin J. A., El-Hakim S. F., Gruen A., Walton J. S. (a cura di), *Videometrics VIII* (Atti del Convegno Videometrics - Electronic Imaging 2005, 18-20 gennaio 2005, San Jose, California, USA), 2005, pp. 119-133.

¹¹ Wells S., Frischer B., Ross D., Keller C., *Rome Reborn in Google Earth*, in *CAA 2009. Making History Interactive* (Atti della Trentasettesima Conferenza CAA - Computers Applications in Archaeology 2009, Williamsburg, Virginia, 22-26 marzo 2009), 2010, pp. 373-379.

consultata, non solo su dispositivi fissi ma facilmente gestibile anche da piattaforme mobili. La modellazione 3D è stata accuratamente arricchita di schede informative (o *balloons*) al fine di fornire, oltre ad una ricostruzione architettonica, anche delle informazioni storiche¹². Questo accorgimento ne predispone la consultazione e l'utilizzo anche a fini didattici; all'interno dei segnaposto si trovano infatti informazioni scritte, immagini e link a pagine esterne più ricche di contenuti. In questo modo l'utente ha la possibilità di approfondire a livelli differenti determinati argomenti, inizialmente sulla piattaforma Google ed eventualmente indirizzandosi verso siti e pagine web maggiormente specializzati.



Figura 12 - Rome Reborn 1: arco di Costantino

(fonte: http://www.romereborn.virginia.edu/gallery-archive.php#images_2_0)

¹² Smurra R., Paselli E., *Bologna medievale, GIS e Google Earth: nuove forme di pubblicazione e fruizione per la ricerca*, in *Intelligenza artificiale e Scienze della Vita* (Atti del Decimo Convegno dell'Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale AI*IA 2008, Cagliari, 11-13 settembre 2008), 2008, pp. 92 – 100.

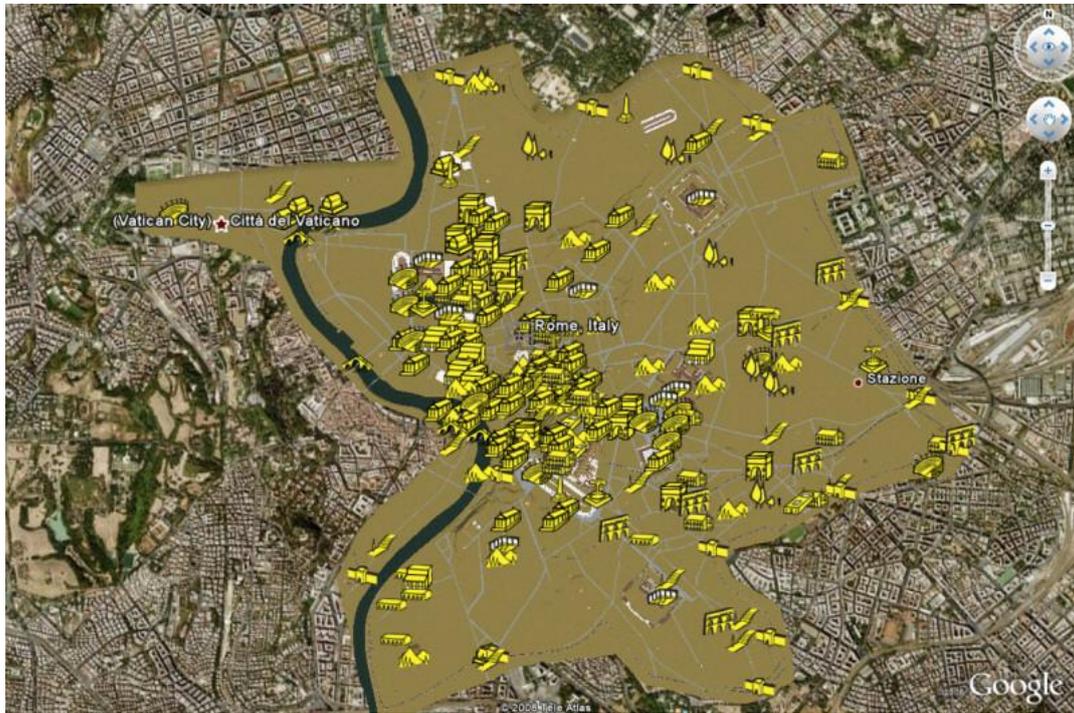


Figura 13 - Rome Reborn: visualizzazione dei layers attivati su Google Earth
 (fonte: <http://www.virtualtripping.com/google-earths-rome-reborn/>)



Figura 14 - Rome Reborn 1: esempio di *ballon* informativo consultabile direttamente all'interno di Google Earth
 (fonte: <http://www.techsavvyed.net/archives/500>)

La seconda ed attuale fase del progetto -versione 2.0- ha invece il fine dichiarato di portare la modellazione all'interno di un sistema di navigazione interattivo di tipo *game*. La quantità e qualità

dei modelli è stata aumentata, passando da 7 milioni di poligoni circa a oltre 650 milioni di poligoni. Un'attenzione particolare è stata rivolta agli edifici appartenenti alla II classe: infatti la disparità di dettaglio tra le due classi di edifici (una più accurata dell'altra) è stata sentita come priorità fondamentale da affrontare e da limitare il più possibile. Per questo è stata usata una tecnica denominata *modellazione procedurale*. Questa prevede la generazione di forme in maniera automatica o semi-automatica a partire da specifici algoritmi: immettendo alcuni parametri di tipo architettonico avviene la creazione o la modifica multipla degli edifici tridimensionali¹³. In questo modo anche gli edifici più poveri di informazioni vengono arricchiti di particolari, seppur introducendo un certo grado di soggettività.

Rome Reborn si presenta come un esempio interessante di ricostruzione storica tridimensionale in quanto cerca di coniugare diverse tipologie di fonti storiche con le più moderne tecniche di visualizzazione tridimensionale prefiggendosi uno scopo divulgativo e didattico.

Uno stadio importante e probabilmente più complesso riguarderà comunque le fasi storiche precedenti -e successive- a quella finora presa in esame. La minor disponibilità di informazioni a disposizione spingerà inevitabilmente gli studiosi verso una maggiore arbitrarietà interpretativa; le modalità rappresentative e la distinzione tra parti ricostruite a diverso grado di attendibilità diventeranno dunque fondamentali per garantire uno standard di affidabilità e di fiducia verso questa ricostruzione storica tridimensionale.

¹³ Dylla K., Frischer B., Mueller P., Ulmer A., Haegler S., *Rome Reborn 2.0: A Case Study of Virtual City Reconstruction Using Procedural Modeling Techniques*, in *CAA 2009. Making History Interactive* (Atti della Trentasettesima Conferenza CAA - Computers Applications in Archaeology 2009, Williamsburg, Virginia, 22-26 marzo 2009), 2010, pp. 62-66.



Figura 15 - Rome Reborn 2.1: esempio di modellazione della seconda fase
 (fonte: http://www.romereborn.virginia.edu/gallery-current.php#images_2_1)

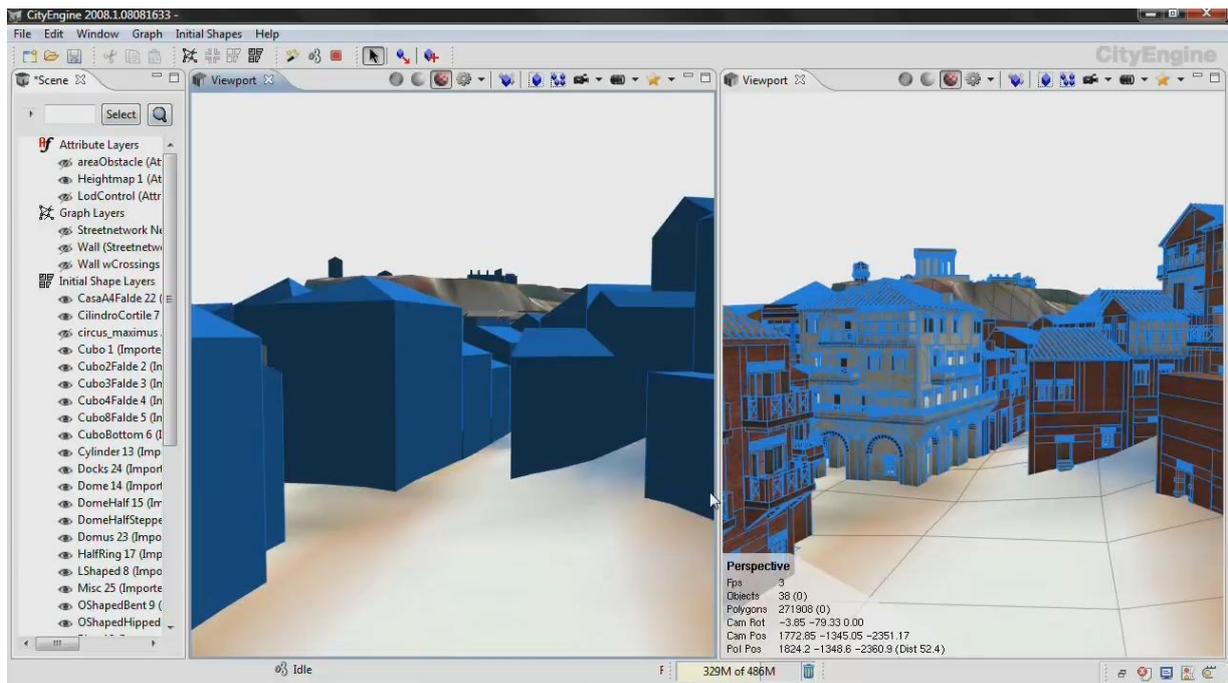


Figura 16 - Rome Reborn: la modellazione procedurale dei dettagli applicata a edifici di classe II
 (fonte: http://www.romereborn.virginia.edu/rome_reborn_2_documents/papers/Dylla2_Frischer_Rome_Reborn.pdf)

1.6.2. Il progetto Nu.M.E. per la città di Bologna

Il progetto Nu.M.E. nasce nella seconda metà degli anni novanta sotto la direzione della prof.ssa Francesca Bocchi nell'ambito dell'Università di Bologna. Scopo del progetto è creare uno strumento che possa oltrepassare il concetto canonico di museo della città. Convenzionalmente infatti questo si caratterizza per la presenza di oggetti e reperti archeologico-storici, di modelli o plastici del tessuto urbano rappresentanti una determinata fase storica o architetture di spicco civili e religiose; tuttavia questi rappresentano frammenti della storia della città e mancano spesso di una visione generale, di un *continuum* storico. Nu.M.E. invece vuole proporre una lettura continua dell'evoluzione della città dalle sue origini romane fino all'età contemporanea sfruttando le capacità messe a disposizione dalle tecnologie virtuali¹⁴.

Fondamento del progetto è il concetto secondo il quale attraverso le ricostruzioni storiche tridimensionali è possibile, partendo dall'età attuale, presentare la città nelle sue diverse fasi aggiungendo alle tre dimensioni canoniche una quarta dimensione: il tempo.

Base del lavoro è una approfondita analisi della documentazione storica, a seconda di come essa si presenta per i diversi periodi: resti di natura archeologica e documentazione di scavo per le fasi romane, fonti documentarie per la fase medievale, fonti iconografiche e documentarie per l'età moderna ed un'insieme di tutte queste per il periodo contemporaneo.

Un'operazione fondamentale del flusso di lavoro verte proprio sulle fonti per le quali, dopo un'attenta disamina, viene stabilito un grado di attendibilità; questo permette attraverso un raffronto incrociato, di comprendere quanto di queste ci si possa fidare ai fini della ricostruzione. Non tutto quello che giunge fino a noi è infatti attendibile totalmente.

Dalle fonti, una volta compiuta la verifica sull'attendibilità, vengono estrapolate tutte le informazioni utili alla ricostruzione del territorio. Una volta compiuto questo passo avviene la modellazione tridimensionale degli spazi e delle architetture.

In ultimo in Nu.M.E. avviene l'implementazione dei modelli 3D creati all'interno di uno spazio virtuale navigabile dall'utente, così che il fruitore possa muoversi liberamente all'interno del tessuto urbano sia della fase storica esplorata che tra le fasi di diverse epoche. In questo modo si agevola la

¹⁴ Bonfigli M. E., *La Realtà Virtuale applicata alla storia della città: il progetto Nu.M.E.*, in Bocchi F. e Smurra R. (a cura di), *La storia della città per il Museo Virtuale di Bologna. Un decennio di ricerche nel Dottorato in Storia e Informatica*, Bologna, 2010, pp. 51-66.

comprensione guidata delle trasformazioni che, nelle varie età storiche hanno prodotto la città che oggi conosciamo.

Finora il progetto Nu.M.E. ha preso in esame diversi periodi storici, molti dei quali sono stati recentemente riassunti all'interno di una pubblicazione per il decennale del dottorato in "Storia e Informatica"¹⁵. Le tecniche utilizzate hanno compreso tutti gli strumenti utili ad una analisi approfondita del territorio urbano, dall'uso dei GIS per lo studio del territorio romano, all'impiego di database relazionali per la documentazione medievale alla modellazione 3D per le restituzioni architettoniche nelle diverse epoche¹⁶.

Una fase importante del progetto Nu.M.E. per l'epoca medievale ha riguardato la ricostruzione di piazza di Porta Ravegnana nel XIII secolo¹⁷. Lo studio ha preso inizio dall'analisi profonda della documentazione comunale sull'organizzazione dello spazio pubblico urbano in epoca comunale. Il problema è infatti stato affrontato dalle amministrazioni cittadine fin dalla metà del Duecento, in virtù della crescita ed espansione della città e della conseguente contrazione degli spazi all'interno dei nuclei più antichi. Non era raro infatti che i proprietari affaccianti sulle strade pubbliche tendessero ad 'espandersi' cercando in qualche modo di privatizzare il suolo pubblico. Per combattere questa tendenza il comune compì diverse campagne di ricognizione e rilievo, apponendo dei *termini* che delimitassero in maniera chiara ed inequivocabile fino a dove il suolo di pertinenza pubblica non poteva essere ingombrato.

Risultato di queste ricognizioni sono i *Libri Terminorum*, una serie di elenchi redatti e modificati a più riprese (a partire dal 1245 e fino al 1294) nei quali si trovano numerati i termini apposti dal comune unitamente ad una descrizione spaziale (con misure in piedi bolognesi) utile a rintracciarli. Tale descrizione -puramente testuale- prevede indicazioni anche sulle proprietà delle case davanti alle quali i termini erano stati posti, configurandosi così come una fonte preziosissima per la definizione di architetture oggi in larga parte scomparse e per una riflessione di tipo sociale sulla Bologna del Duecento.

¹⁵ *La storia della città per il Museo Virtuale di Bologna*, cit.

¹⁶ Valenti V., *La modellazione architettonica per il progetto Nu.M.E.*, in *La storia della città per il Museo Virtuale di Bologna*, cit., pp. 153-175; Berretta M., *Un contributo di modellazione alla fase medievale di Nu.M.E.*, in *La storia della città per il Museo Virtuale di Bologna*, cit., pp. 227-232.

¹⁷ Smurra R., *Spazio e società nel comune medievale: la ricostruzione virtuale di Porta Ravegnana a Bologna*, in *La storia della città per il Museo Virtuale di Bologna*, cit., pp. 25-49.

Le informazioni testuali presenti nei *Libri terminorum* relative a piazza di Porta Ravegnana -spazio particolarmente significativo allora come oggi- sono state tradotte dapprima in un database relazionale, poi attraverso la realizzazione della planimetria ed infine in una ricostruzione tridimensionale -particolarmente suggestiva- dello spazio di Porta Ravegnana così come riportata nei *Libri Terminorum*.

È importante sottolineare come questa rimanga quindi aderente alle fonti, presentandosi come una ricostruzione attendibile di ciò che a noi è giunto della realtà duecentesca.

Una parte sostanziale della metodologia alla base di Nu.M.E. è, come si è detto, la verifica sull'attendibilità della fonte. Un lavoro svolto in tal senso è stato compiuto sull'affresco raffigurante Bologna sul finire del XVI secolo presente in Vaticano e voluto da Gregorio XIII, bolognese di nascita¹⁸. La pianta -fonte anche del presente lavoro- infatti è estremamente dettagliata e si configura come una fonte di estrema importanza. Era importante però verificare fino a che punto essa corrispondesse ad una obiettiva operazione di rilievo topografico, per comprendere in che misura fosse possibile utilizzarla come base per una ricostruzione. Dell'analisi, specialmente dei raffronti con i catasti posteriori, se ne parlerà approfonditamente più avanti in questa sede.

Un ultimo esempio delle metodologie e dei campi di indagine in Nu.M.E. è rappresentato dalla creazione della metapianta del 1715 sulla base del *Campione* delle strade di Bologna commissionato dall'Assunteria dell'Ornato¹⁹. All'interno del *Campione* commissionato dal Senato bolognese sono registrati in maniera descrittiva gli edifici, con misure, prospettanti le strade; il motivo dietro alla sua redazione consiste nella necessità delle autorità cittadine di provvedere alla ripartizione delle spese di mantenimento e livellamento delle strade tra i proprietari, a seconda della parte di edificio che su di esse si affacciava. Dall'analisi delle informazioni contenute è stato possibile ricavare una metapianta della disposizione urbana nel secondo decennio del settecento e nel contempo di compiere un'analisi di tipo sociale sulla tipologia di fabbricato e sulla sua destinazione d'uso; nel campione vengono infatti riportate anche una serie di informazioni come il proprietario (privato cittadino, senatore o nobile, ente ecclesiastico o assistenziale ecc.) e la larghezza del fronte stradale dell'edificio.

¹⁸ Ghizzoni M., *La pianta prospettica di Bologna nel 1575: attendibilità della fonte*, in *La storia della città per il Museo Virtuale di Bologna*, cit., pp. 85-98; Paselli E., *La città di Bologna e la sua storia: diffusione e condivisione delle conoscenze attraverso WebGis opensource e Web Mapping*, in *La storia della città per il Museo Virtuale di Bologna*, cit., pp. 201-216.

¹⁹ Lugli F., *La ricostruzione della cartografia: la mappa di Bologna del 1715*, in Bocchi F. (a cura di), *I portici di Bologna e l'edilizia civile medievale*, Bologna, 1990, pp. 277-281.

Il lavoro di Nu.M.E. ha coinvolto anche il lavoro di alcuni studenti del Dottorato di Ricerca in “Storia e Informatica” dell’Università di Bologna. Una connotazione che ha contribuito in larga misura all’ottenimento dei risultati fin qui raggiunti è stato un forte carattere di interdisciplinarietà fra l’ambito storico e quello scientifico-informatico, attraverso anche il lavoro di architetti ed ingegneri provenienti da dipartimenti dello stesso ateneo, da altri atenei italiani e stranieri ed importanti centri di ricerca.

Importante è anche la considerazione che viene posta in molti lavori di Nu.M.E. verso le tecnologie opensource²⁰. Questo non si traduce in un accanimento ideologico o in un rigetto totale nei confronti delle piattaforme proprietarie; al contrario si caratterizza in un’attenzione verso un ambito di sviluppo che in molti casi garantisce una possibilità di diffusione maggiore dei contenuti. Un software opensource infatti non solo non richiede costi di utilizzazione ma cerca di favorire la portabilità dei suoi prodotti in contesti molteplici, facendo in modo che i suoi formati di files siano leggibili da più software o piattaforme possibili. Inoltre non richiede costi di licenza nemmeno per la fruizione, accademica o commerciale che sia. Una ricostruzione virtuale infatti necessita in alcuni casi di un software specifico anche per essere vista, specie se interattiva. Questo presuppone che un museo od una istituzione che voglia proporla all’interno dei propri percorsi debba acquistare un certo numero di licenze per l’utilizzo. In questo il software opensource, quando ben sviluppato, consente di conseguire gli stessi risultati senza dover per forza gravare in maniera consistente sui bilanci interni.

Il maggiore punto di forza del progetto Nu.M.E. è però quello di essere riusciti a trasformare uno dei principali difetti delle applicazioni tecnologiche nelle scienze umane in una risorsa, vale a dire l’obsolescenza tecnologica. Molte ricostruzioni create una decina di anni fa e più, oggi risultano praticamente inservibili in quanto software, piattaforme e formati usati all’epoca sono o estinti o difficilmente leggibili dagli strumenti in uso oggi. Al contrario i lavori di Nu.M.E., anche quelli della prima ora, sono mantenuti costantemente in sviluppo; i progetti in corso infatti partono dal lavoro svolto dai ricercatori negli anni passati costringendo in tal modo ad un adeguamento costante dei dati. Così la ricostruzione di piazza di Porta Ravegnana dei *Libri Terminorum* è stata ripresa nel 2009 per essere integrata in un game engine opensource di ultima generazione e gli stessi *Libri Terminorum* vengono ancora utilizzati per ampliare le aree di ricostruzione ad altre parti di Bologna.

²⁰ Lercari N., *Nuove forme di comunicazione per Nu.M.E. (2010)*, in *La storia della città per il Museo Virtuale di Bologna*, cit., pp. 217-225.

Allo stesso modo le indagini sulla attendibilità della pianta vaticana e la sua implementazione in un WebGIS hanno rappresentato la base fondamentale per chi sta scrivendo, senza la quale questo lavoro non avrebbe potuto prendere corpo.

Questa illuminata metodologia preserva l'enorme mole di lavoro fatto finora da un rischio molto comune per le ricostruzioni virtuali di ambito storico, l'incapacità di durare nel tempo, in quanto difficilmente esse riescono a tenere il passo veloce che invece contraddistingue lo sviluppo tecnologico. Inoltre il metodo usato in Nu.M.E. predispone un legame tra i vari lavori creando quel *continuum* che permette la lettura e la navigazione diacronica delle età cittadine. Ogni lavoro dunque non si pone come sintesi di quelli precedenti ma, auspicabilmente, come base per gli sviluppi a venire.

Riuscire a vedere il territorio bolognese come appariva nelle diverse età determina davvero dunque una evoluzione del concetto di museo della città.

1.6.3. Byzantium 1200

Il progetto Byzantium1200²¹ si caratterizza come uno degli esempi di maggior qualità estetica riscontrato nel campo delle ricostruzioni virtuali in campo storico.

Il progetto si prefigge la ricostruzione della città di Costantinopoli in uno degli ultimi momenti di prosperità della sua storia, ovvero il periodo subito antecedente il tremendo saccheggio avvenuto durante la quarta crociata, nel 1204. La crociata bandita da Papa Innocenzo III nel 1202 dirottata sulla città di Costantinopoli con conseguenti lotte e saccheggi efferati ebbe difatti per la città conseguenze nefaste, condannandola ad un lento declino demografico, urbanistico e politico fino alla definitiva presa ottomana due secoli e mezzo dopo.

L'intento dunque è quello di riproporre un'immagine della Costantinopoli più fiorente, teatro e crocevia di stili e culture che sfociano in edifici ed opere pubbliche di rara bellezza. L'autore, Tayfun Öner, di origine turca, non sembra appartenere al mondo accademico ma ha sicuramente svolto diverse attività nel campo della Computer Grafica. Egli è partito da alcune planimetrie degli edifici principali arrivando ad oggi a modellare più di 60 edifici, alcuni di essi estremamente particolareggiati. Di seguito l'impressionante elenco delle strutture finora ricostruite da T. Öner:

1. AKATALEPTOS MONASTERY
2. 19 AKKUBITA
3. PALACE of ANTIOCHOS
4. AQUAEDUCT of VALENS
5. ARCH of THEODOSIOS
6. ATİK MUSTAFA PAŞA CAMİİ
7. AUGUSTAION
8. BALABAN AĞA MESCİDİ
9. BASILICA on top of YEREBATAN SARAYI
10. BEYAZIT CHURCHES
11. BLACHERNAE PALACE
12. BLACHERNAE WALLS
13. BOUKOLEON PALACE
14. BYZANTION

²¹ <<http://www.byzantium1200.com/>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

15. BYZANTIUM LAND MODEL
16. CAPITOLIUM
17. CHALKE (GATE of the GREAT PALACE)
18. CHORA MONASTERY
19. CHRYSOTRIKLINOS
20. CISTERN of AETIOS
21. COLUMN of JUSTINIAN
22. COLUMN of MARCIANOS
23. COVERED HIPPODROME
24. DAPHNE
25. The DELPHI TRIPOD
26. ENTRANCE TO THE SENAT HOUSE (MAGNAURA)
27. FORUM of CONSTANTINE
28. FORUM of THEODOSIOS
29. GREAT PALACE
30. GÜL CAMİİ
31. HAGIA EIRENE
32. HAGIA SOPHIA
33. HAGIOI PANTES
34. HIPPODROME

34. HIPPODROME BOXES
35. HOLY APOSTLES
36. HOSPITAL of SAMPSON
37. KYRIOTISSA MONASTERY
38. LIPS MONASTERY
39. MANGANA MONASTERY
40. MILION
41. MOSAIC PERISTYLE
42. MONASTERY of SAINT JOHN of STOUDIOS
43. MYRELAION
44. NEA EKKLESIA
45. OLD GOLDEN GATE
46. PALACE of BOTANEIATES

47. PALACE near MYRELAION
48. PAMMAKARISTOS MONASTERY
49. PANTOKRATOR MONASTERY
50. PORTA AUREA (GOLDEN GATE)
51. PORTUS THEODOSIACUS
52. PÜRKUYU MESCİDİ
53. SAINT JOHN the BAPTIST EN TO TRULLO
54. SAINTS KARPOS and POPYLOS
55. SAINT PROKOPIOS
56. SAINTS SERGIOS and BACCHOS
57. SEA WALLS
58. SEKBANBAŞI MESCİDİ
59. SUBSTRUCTURE under KUKULAOĞLU BUILDING
60. SENAT HOUSE (MAGNAURA)
61. SENAT HOUSE in FORUM CONSTANTINE
62. ŞEYH SÜLEYMAN MESCİDİ
63. TEKFUR PALACE
64. TETRAPHYLON
65. THEODOSIAN LAND WALLS
66. TOKLU DEDE MESCİDİ
67. ZEUXIPPOS

Non essendo storico di professione già in fase iniziale di progetto Tayfun Öner prese contatti con storici dapprima locali ed in seguito con professionisti ed accademici internazionali.

Il supporto principale per la validazione delle fasi storiche delle ricostruzioni ora viene dal prof. Albrecht Berger, della Ludwig Maximilians-Universität di Monaco, bizantinista di fama internazionale. Il contributo del prof. Berger serve dunque a validare da un punto di vista contenutistico le ricostruzioni edilizie proposte da T. Öner, già qualitativamente impressionanti.

Il progetto, dalle poche notizie desumibili dal sito web, è un progetto no profit al quale sembra lavorare solamente lo stesso T. Öner; il software che utilizza sembra, ancora per le scarse notizie,

essere solamente 3ds Max della Autodesk; per alcune di queste rese potrebbe avvalersi, tuttavia, di un motore di rendering *unbiased* esterno, come Vray²², Maxwell Render²³ o FryRender²⁴.

Materiali, textures, illuminazione sono riportati magistralmente, anche se è ovvio che non tutto il costruito può derivare in maniera puntuale da documenti storici. Tuttavia all'interno dei rendering presenti sul sito sono dichiarati, in maniera estremamente corretta da un punto di vista metodologico, quali parti dell'architettura derivano esattamente da evidenze archeologiche o documentazione diretta, quali ancora sono desunti da esempi paralleli e quali ancora frutto di interpretazioni più personali.

A mio avviso questo modo di impostare i diversi gradi di attendibilità di un modello storico ricostruito rivela una metodologia di lavoro che sarebbe auspicabile per tutte le ricostruzioni virtuali in campo umanistico; adottata in maniera estremamente naturale nel mirabile lavoro di un appassionato questa non sempre si ritrova anche in lavori di natura accademica.

Per il momento il progetto non sembra avere un termine, forse proprio perché nato dalla passione di un privato; inoltre il formato finale non è finora un ambiente virtuale interattivo. Dal sito sono visibili i molti rendering di alta qualità eseguiti per ogni singola architettura; è presente anche un canale YouTube²⁵ nel quale sono presenti diversi filmati in HD relativi ad alcune delle architetture ricostruite.

Sicuramente sarebbe interessante cercare di contestualizzare il lavoro svolto finora da T. Öner all'interno di un game engine, così da rendere navigabile interattivamente (e magari in maniera stereoscopica) l'intero modello in prima persona. In questo modo verrebbero appieno sfruttate le ottime atmosfere che al momento possono solamente essere visualizzate in maniera passiva.

²² <<http://www.chaosgroup.com/en/2/index.html>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

²³ <<http://www.maxwellrender.it/>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

²⁴ <<http://www.randomcontrol.com/fryrender>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

²⁵ <<http://www.youtube.com/user/Byzantium1200>> [Ultimo accesso: marzo 2012]



Figura 17 - Byzantium 1200: veduta aerea della città
(fonte: T. Öner - Byzantium1200 project)



Figura 18 - Byzantium 1200: Portus Theodosiacus
(fonte: T. Öner - Byzantium1200 project)

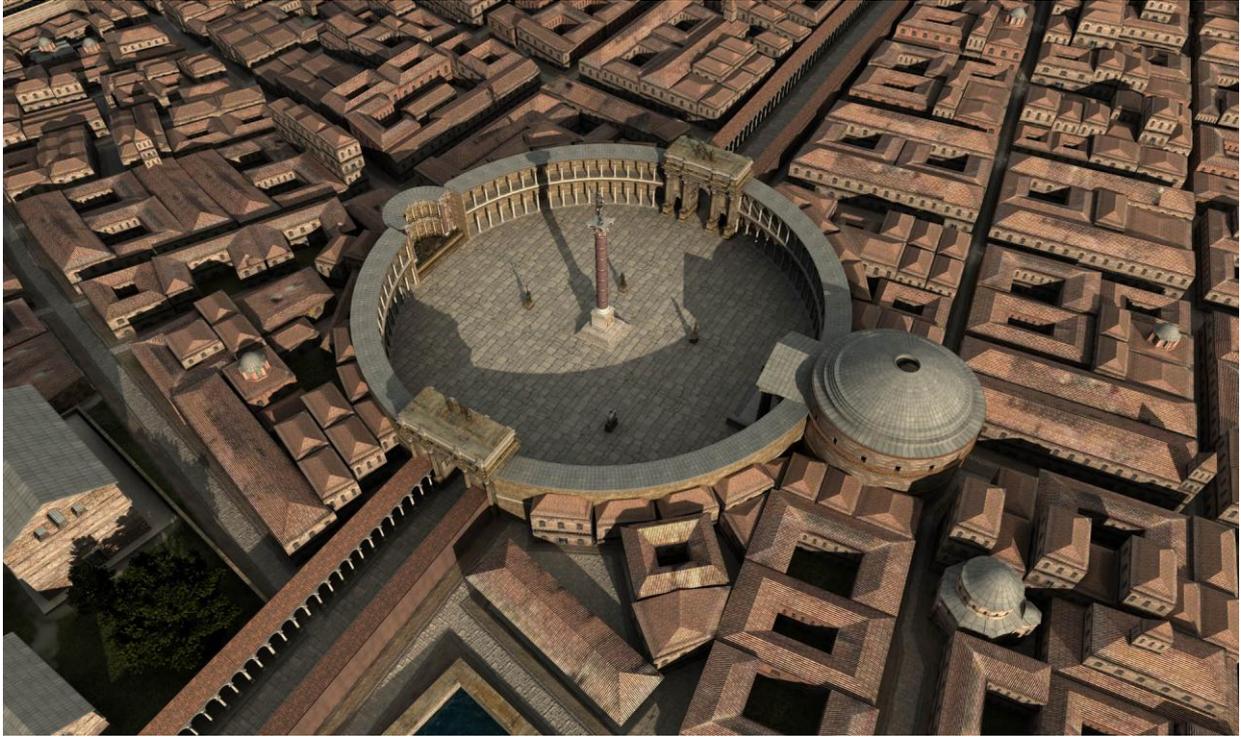


Figura 19 - Byzantium 1200: foro di Costantino
(fonte: T. Öner - Byzantium1200 project)

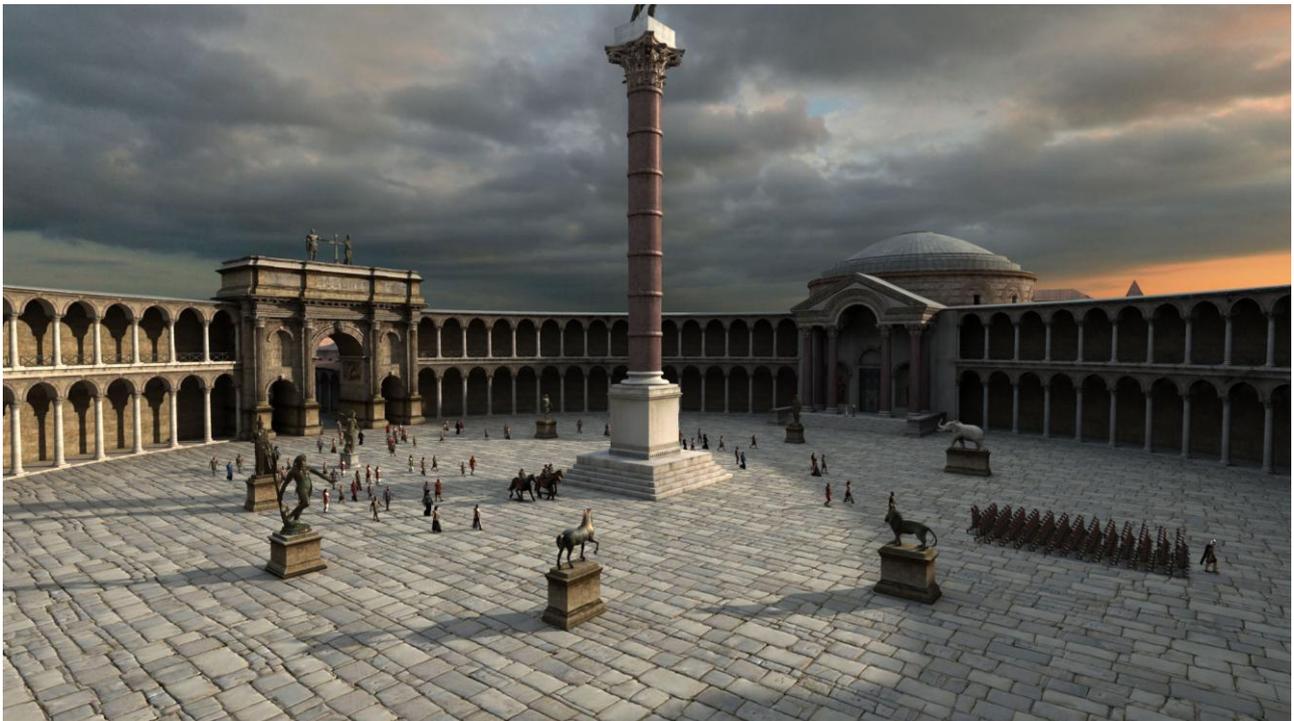


Figura 20 - Byzantium 1200: foro di Costantino (particolare)
(fonte: T. Öner - Byzantium1200 project)

1.6.4. Nantes en 1757

Nantes en 1757 è il nome dato ad un progetto per la ricostruzione tridimensionale della città di Nantes nel 1757. Il progetto vede la collaborazione del museo della città insieme ad una società di visualizzazione multimediale molto attiva in Francia nel campo delle applicazioni immersive anche in campo storico, la Axyz²⁶.

La ricostruzione è posta all'interno del museo della città sito nel castello dei Duchi di Bretagna ed è composta di una sala dotata di numerose postazioni PC grazie alle quali è possibile navigare interattivamente la città come appariva nel tardo Settecento.

Alla base della ricostruzione di Nantes vi è una mappa redatta nel 1757 da Françoise Cacault e denominata *Plan de la ville de Nantes et de ses fauxbourg*. Questa è una grande mappa topografica che ritrae Nantes unitamente al territorio circostante in un momento storico di particolare importanza per la città.

Nel corso del Settecento infatti Nantes vive un momento florido dovuto all'importanza geografica che la città si trova ad avere. Posta sull'ultimo tratto del percorso della Loira verso l'Oceano Atlantico la città si pone in posizione strategica nell'ambito del mercato degli schiavi da e verso il nuovo mondo²⁷. I commerci e le ricchezze che da questo derivarono portarono la città a crescere economicamente e ad espandersi dal punto di vista urbanistico.

A questo periodo risale infatti la creazione di un nuovo e maggiormente attrezzato scalo portuale, quai de Bouffay, ed alla creazione di una nuova zona residenziale, Île Feydeau. Queste trasformazioni sono puntualmente riportate sulla mappa Cacault. L'aspetto che rende importante la raffigurazione della mappa settecentesca risiede nel fatto che oggi il tessuto urbano risulta profondamente modificato. Nel corso dei secoli XIX e XX infatti l'importanza marittima della città è andata progressivamente scemando portando alla chiusura progressiva di molti bracci fluviali interni alla città. La maggior parte delle isole presenti e facilmente individuabili nella mappa Cacault come l'Île Feydeau, Île Gloriette, Prairie de la Madeline, Île Prairie-au-Duc, sono state unite all'entroterra per agevolare lo sviluppo edilizio contemporaneo e creare un *continuum* territoriale sul quale risulta difficoltoso leggere l'antico tessuto della città.

²⁶ <<http://www.axyz.fr>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

²⁷ Durand Y., *Nantes de la Renaissance a la Révolution*, in Bois P. (a cura di), *Histoire de Nantes*, Toulouse, 1984, pp 155-164.

La ricostruzione tridimensionale parte dunque dalla riproposizione della mappa Cacault dalla quale si può accedere ad alcune parti della città. La struttura è quella tipica del videogioco per livelli; vi è dunque una navigazione in tempo reale ed in prima persona dell'utente, che può muoversi liberamente all'interno dei confini creati per la ricostruzione. La mappa Cacault è riproposta in 3D per sommi capi, con delle semplici estrusioni degli edifici principali; essa infatti serve esclusivamente per fornire una visuale complessiva del territorio urbano. Attraverso una navigazione *flythrough* si ha la possibilità di entrare e visitare in maniera più particolareggiata le principali zone della Nantes settecentesca.

Gli undici isolati ai quali si accede (Place du Bouffay, Le Puy Lory, Rue de la Poissonnerie, Quai Brancas, Port Saint-Nicolas, Place du Port-au-Vin, Île Feydeau, La Fosse, Place Saint-Pierre, Place de l'Oratoire, Chambre des Comptes) sono navigabili in maniera *walkthrough* e trattati in maniera minuziosa. La modellazione delle architetture ma ancora di più la testurizzazione e gli effetti di ambiente sono resi con particolare cura e l'effetto che ne si ha è di una riproposizione estremamente fotorealistica per una ricostruzione storica.

In particolare gli effetti di illuminazione con uso di Global Illumination e le rese dei materiali architettonici concorrono ad aumentare sensibilmente il grado di immersività dell'applicazione, rendendola particolarmente adatta per fini didattici. In special modo l'acqua dei rami della Loira interni alla città, simulata con fenomeni di riflessione e rifrazione è resa in maniera estremamente efficace.

Nel febbraio del 2010 ho personalmente visitato il castello dei Duchi di Bretagna all'interno del quale si trova la ricostruzione appena descritta ed ho provato direttamente la navigazione. Le impressioni ricavate, anche a seguito del colloquio con M. Christophe Courtin, responsabile del settore nuove tecnologie del museo, sono le seguenti:

1. La ricostruzione si basa su una fonte topografica storica (la Mappa Cacault), ma solo per la sua parte generale.
2. La ricostruzione degli isolati ha un ottimo bilanciamento tra qualità e prestazioni, rendendo la navigazione intuitiva ed estremamente piacevole.
3. La fase di modellazione è stata totalmente demandata esternamente alla società Axyz; da qui probabilmente la predisposizione all'aspetto comunicativo della ricostruzione.

4. Sebbene l'aspetto della città abbia subito negli ultimi duecento anni grosse modificazioni, molti degli edifici raffigurati sono (anche solo tipologicamente) ancora presenti. Questo aspetto ha sicuramente facilitato il processo di indagine e resa architettonica.
5. La ricostruzione delle parti più antiche -medievali specialmente- non si basa su dati certi ma su tipologie standard derivate da studi generali e riproposte per ricreare le ambientazioni.
6. Un utilissimo strumento è stato aggiunto sotto forma di finestra e posta all'interno degli isolati. Da questa si può vedere, come attraverso una webcam, lo stato attuale della zona ricostruita. Questo permette un raffronto diretto tra le due fasi storiche -quella odierna e quella settecentesca-.

Il sistema è stato reso necessario dalla difficoltà anche per gli stessi residenti (come confermatomi da M. Courtin) di identificare a cosa esattamente corrispondessero attualmente le zone rappresentate.

Si denota dunque una volontà nel riproporre e contestualizzare i molti dati storici in possesso del museo (ad esempio la posizione dei lampioni è correttamente desunta dai contratti per l'illuminazione cittadina ancora presenti) con qualche concessione o licenza per gli aspetti storicamente più poveri di documentazione (soprattutto per il periodo medievale), al fine di riproporre una più accattivante ricostruzione.

I passi futuri della Nantes del 1757 sono orientati, sempre secondo M. Courtin, ad un collegamento di documenti storici al mondo virtuale, aspetto finora inspiegabilmente trascurato.



Figura 21 - Cacault F., *Plan de la ville de Nantes et de ses faubourgs*
 (fonte: http://cartanciennes.free.fr/liste_marine.php)



Figura 22 - Cacault F., *Plan de la ville de Nantes et de ses faubourgs* (particulare)
 (fonte: http://cartanciennes.free.fr/liste_marine.php)



Figura 23 - Nantes: immagine satellitare
(fonte: Google Earth)



Figura 24 - Nantes en 1757: applicazione in tempo reale
(fonte: NANTES EN 1757 1280x800p H264 Hi.mov)

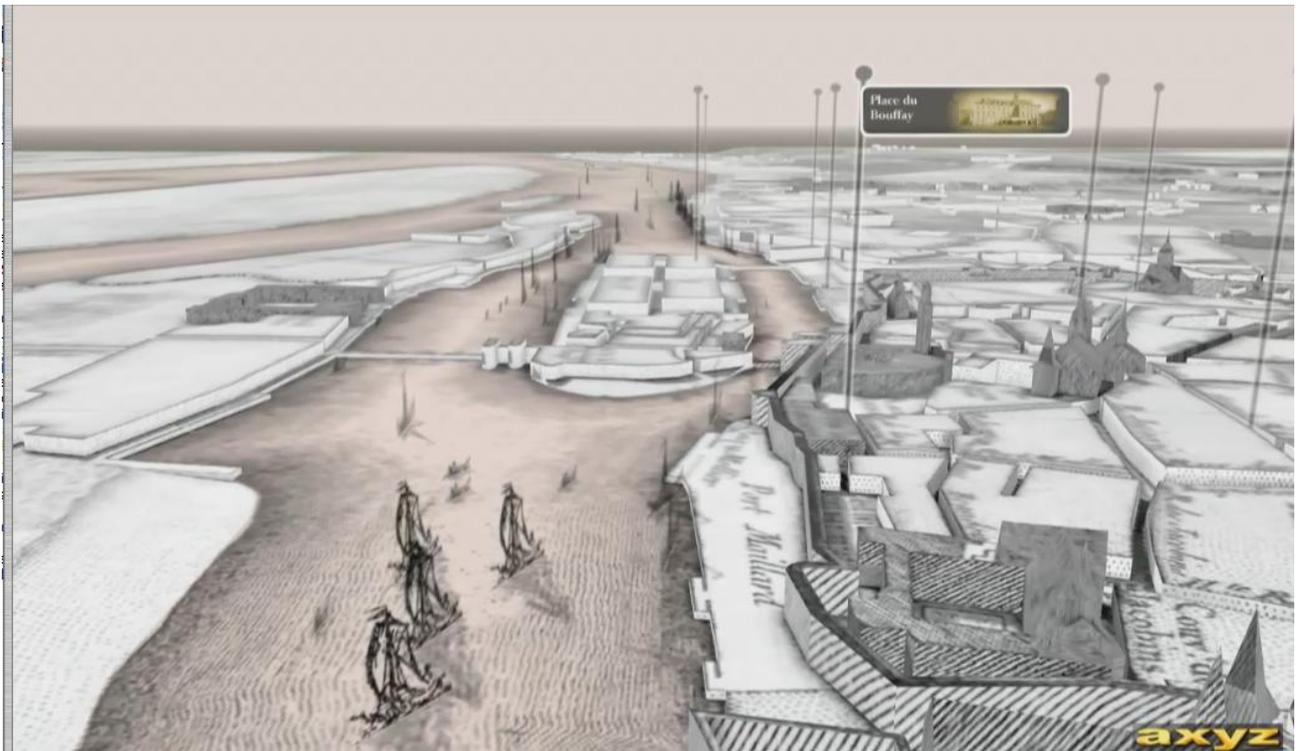


Figura 25 - Nantes en 1757: volo virtuale sulla città
(fonte: NANTES EN 1757 1280x800p H264 Hi.mov)

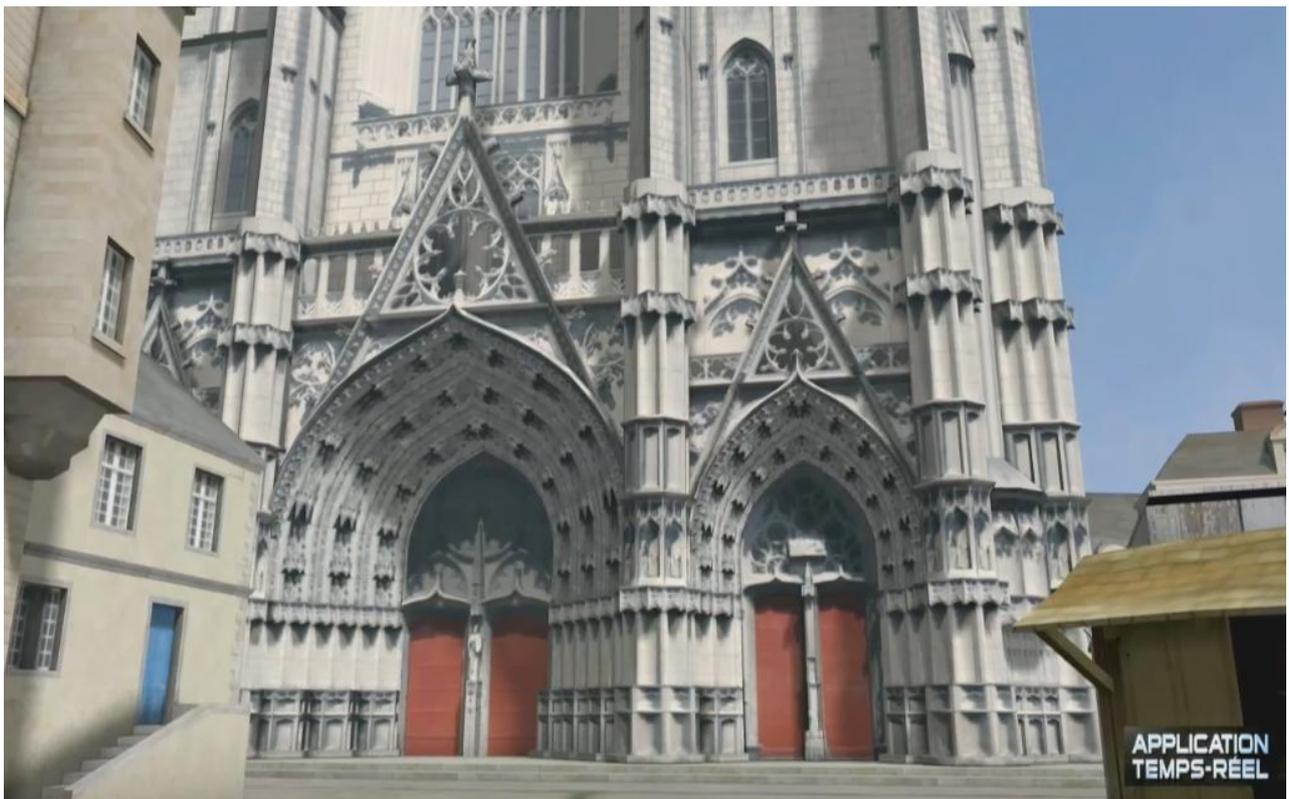


Figura 26 - Nantes en 1757: cattedrale di Saint-Pierre e Saint-Paul
(fonte: NANTES EN 1757 1280x800p H264 Hi.mov)



Figura 27 - Nantes en 1757: Place du Bouffay
(fonte: NANTES EN 1757 1280x800p H264 Hi.mov)



Figura 28 - Nantes en 1757: Place du Port-au-Vin
(fonte: NANTES EN 1757 1280x800p H264 Hi.mov)

1.6.5. Mapping Medieval Chester

*Mapping Medieval Chester*²⁸ è un progetto che vede coinvolti l'Arts & Humanities Research Council, il King's College di Londra, la Queen's University di Belfast e la Swansea University Prifysgol Abertawe e che analizza la fase tardo-medievale della città di Chester, nella parte ovest dell'Inghilterra al confine col Galles.

Il team di ricercatori che prendono parte al progetto è formato da storici, geografi e archeologi i quali, attraverso lo studio dello sviluppo urbano di una città inglese di confine, vogliono indagare sul concetto di spazialità così come inteso nel medioevo, su come il cittadino interpretava lo spazio intorno a sé e di come si sia formata un'identità culturale comune.

Le fonti che i ricercatori utilizzano per il progetto sono di varia natura, sia documentarie che archeologiche che iconografiche. Tutte confluiscono in un Sistema Informativo Geografico (GIS), attraverso l'uso del quale è stata creata una mappa della città di Chester al 1500 ca.

Non avendo a disposizione mappe risalenti all'epoca medievale, situazione del resto comune, i ricercatori hanno intrapreso un percorso a ritroso mettendo inizialmente in relazione tutte le fonti cartografiche disponibili. La base cartografica più antica e attendibile allo stesso tempo è una mappa risalente al 1871-73 che descrive la città in epoca vittoriana, riportando la topografia urbana, gli edifici religiosi e quelli civili sia pubblici che privati con risoluzione all'edificio (scala 1:500). Su questo riferimento, opportunamente georeferenziato, hanno potuto sovrapporre la cartografia antecedente disponibile allo scopo di aggiungere, vettorializzandoli in layers separati, tutti quegli elementi scomparsi o mutati nel corso dei secoli. Procedendo in questo modo sono riusciti ad arrivare per via cartografica fino al tardo Cinquecento.

Da qui in poi si sono affidati alle indagini archeologiche, le quali hanno permesso di aggiungere i rilievi e la posizione di alcune strutture scomparse; un esempio in questo senso è rappresentato da alcuni complessi monastici, obliterati in seguito alla Riforma ma dei quali è stato possibile stabilire posizione e planimetrie attraverso scavi archeologici.

In questo modo il progetto *Mapping Medieval Chester* è riuscito a delineare visivamente lo sviluppo dello spazio urbano nel corso dei secoli, combinando documentazioni di varia natura in un unico insieme creando uno strumento utile ed aggiornabile anche per sviluppi e studi futuri.

²⁸ <<http://www.medievalchester.ac.uk/index.html>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

La mappa è resa disponibile per consultazione anche online (un WebGIS in versione limitata) presso il loro sito; oltre alla topografia urbana sono messi a disposizione una serie di layers sulle principali caratteristiche fisico-politiche del territorio e che hanno agito sullo sviluppo della città: il fiume Dee che attraversa la città in epoca romana e lo sviluppo del suo corso nelle età medievali, le principali strutture fisiche ed i loro toponimi, i confini delle parrocchie ecc.

Il progetto, in questa sua prima fase datata 2007-2008, non ha riguardato di per sé una ricostruzione tridimensionale ma solo l'elaborazione dei dati geografici all'interno di un GIS; tuttavia dalla sezione riguardante i possibili sviluppi futuri del sito si evince la volontà di allargare le potenzialità anche ad una restituzione tridimensionale della Chester medievale. In questo modo si ribadisce lo stretto collegamento che il dato tridimensionale sta allacciando i questi anni con i sistemi GIS; l'implementazione di un 3D reale, e non solo frutto di estrusioni semplici, permetterebbe di aggiungere un nuovo livello di lettura e di analisi dei dati, utile anche per una diffusione comunicativa e chiara delle informazioni.

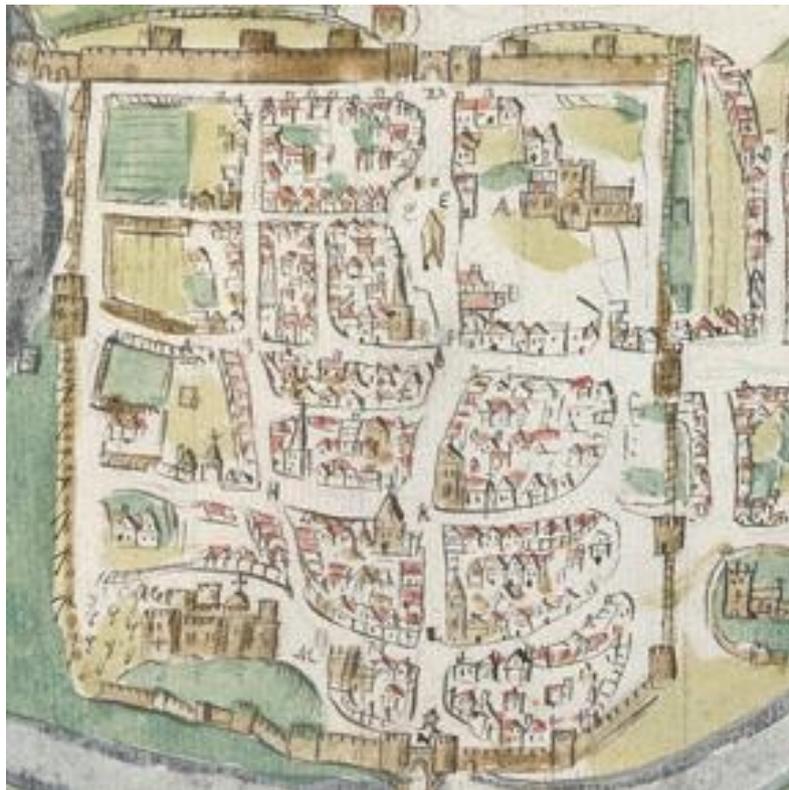


Figura 29 - Mapping Medieval Chester : Smith, *The Particular Description of England. With the portraiture of certaine of the cheiffest citties & townes* (particolare)

(fonte: <http://www.bl.uk/onlinegallery/onlineex/unvbrit/c/largeimage82963.html>)



Figura 30 - Mapping Medieval Chester : particolare della mappa 1:500 di Chester redatta dall'Ordinance Survey (Istituto Cartografico Nazionale Britannico), 1871-73
 (fonte: <http://www.medievalchester.ac.uk/mappings/mapintro.html>)

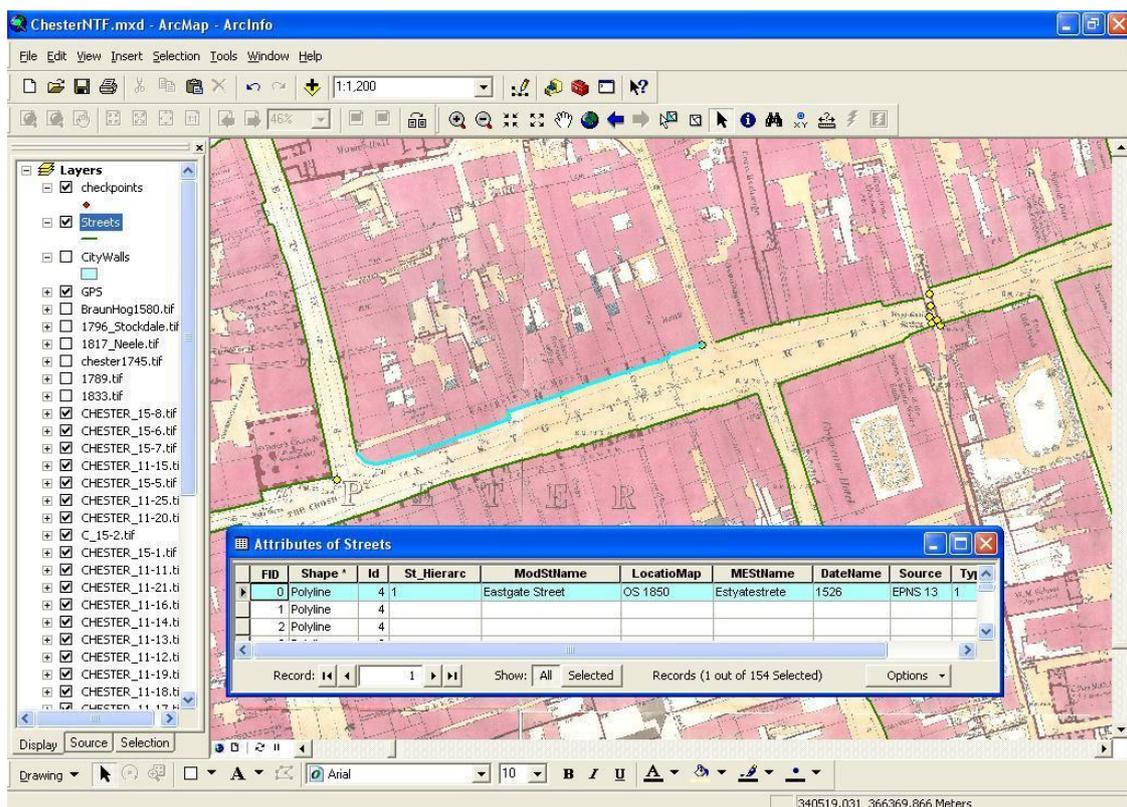


Figura 31 - Mapping Medieval Chester: digitalizzazione tramite GIS della mappa di Chester redatta dall'Ordinance Survey nel 1871-73
 (fonte: <http://www.medievalchester.ac.uk/mappings/mapintro.html>)

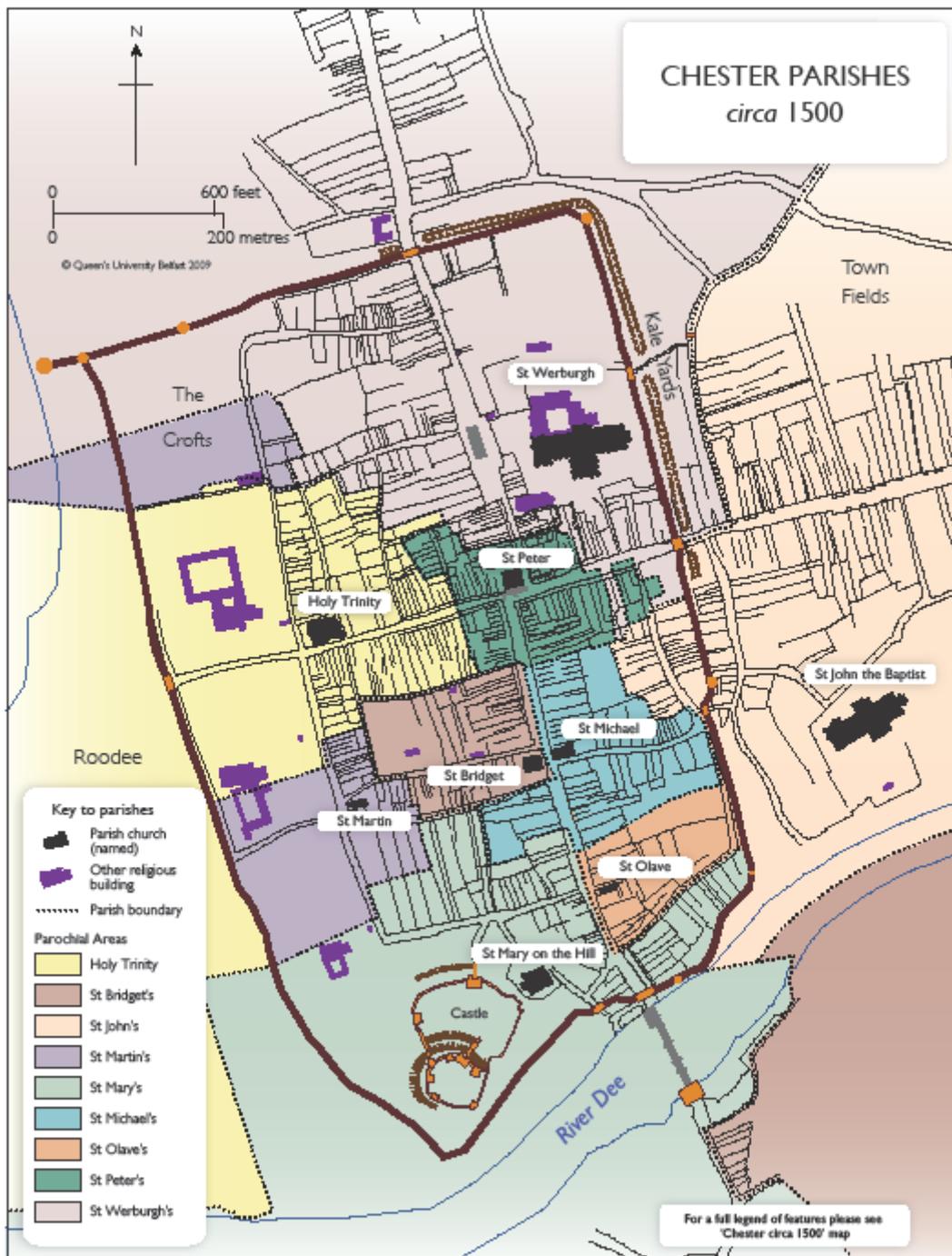


Figura 32 - Mapping Medieval Chester: mappa tematica sulla distribuzione delle chiese parrocchiali
(fonte: <http://www.medievalchester.ac.uk/redist/pdf/chesterparishes1500.pdf>)

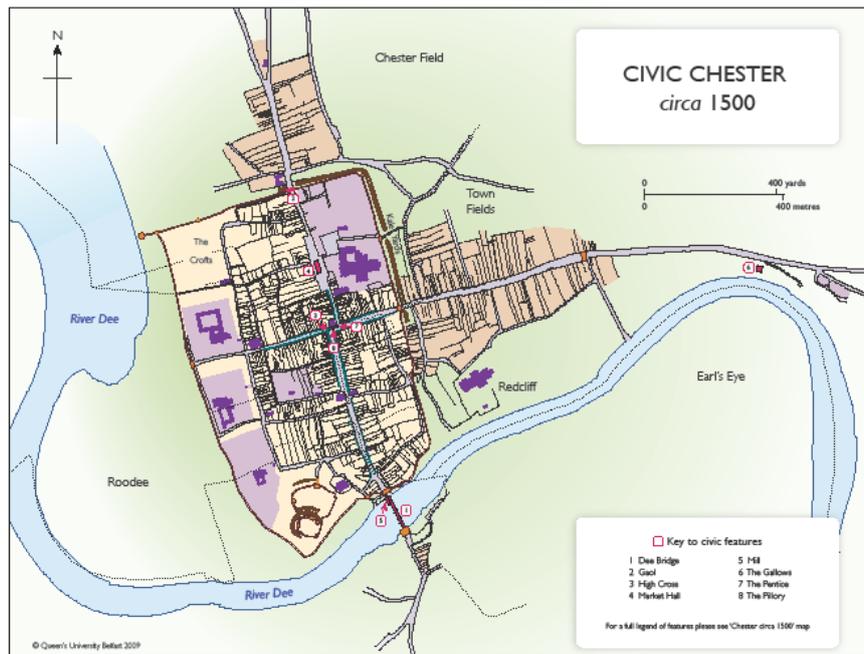


Figura 33 - Mapping Medieval Chester: mappa tematica sulla distribuzione dei principali edifici e strutture
(fonte: <http://www.medievalchester.ac.uk/redist/pdf/chesterparishes1500.pdf>)

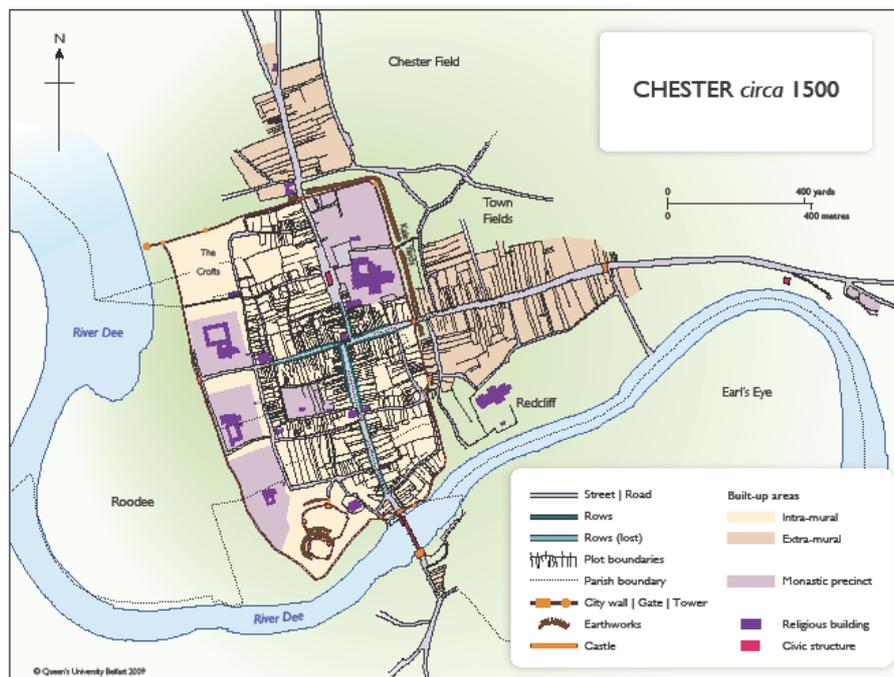


Figura 34 - Mapping Medieval Chester: mappa tematica relativa alla topografia della città in epoca tardo-medievale
(fonte: <http://www.medievalchester.ac.uk/redist/pdf/chesterparishes1500.pdf>)

1.6.6. Il monastero di Dordrecht

The Monastery of Dordrecht è un progetto che, come per Nantes, vede la compartecipazione di una istituzione di natura storico-umanistica e di una società tecnologica. L'archivio della città di Dordrecht in Olanda, DiEP, in collaborazione con lo studio grafico Paladin Studios²⁹ ha predisposto la ricostruzione 3D del monastero di Dordrecht. Il monastero in questione riveste un ruolo importante all'interno della storia olandese; fu teatro infatti, nel 1572, della nascita del regno d'Olanda, partita dall'insurrezione olandese contro la Spagna.

Per questo motivo è stata creata, come allestimento museale, la ricostruzione dell'architettura del monastero e delle sue modificazioni nel corso dei secoli fino ai giorni nostri.

La ricostruzione vede la partecipazione di storici ed archeologi, ai quali è stata demandata la supervisione per la parte documentaria e la correttezza dei contenuti; la parte tecnica, invece è curata *in toto* dai grafici dello studio olandese Paladin.

La ricostruzione non è un ambiente virtuale interattivo in senso stretto: infatti l'utente non può muoversi liberamente all'interno dello spazio tridimensionale; al contrario gli spostamenti sono vincolati da determinati punti di stazionamento dai quali il fruitore può osservare lo spazio circostante a 360 gradi.

Sono inoltre presenti due tipologie di visualizzazione: la prima a livello del suolo, che permette di osservare in dettaglio le architetture nei particolari come finestre, arredi interni (minimi), testurizzazione dei muri e delle finestre ecc.; l'altra permette invece una visione dall'alto del complesso e delle strutture del monastero, come il corpo principale o i chiostri. Quest'ultima risulta particolarmente efficace per cogliere le trasformazioni strutturali occorse nel tempo.

Una timeline posta nella parte inferiore permette lo spostamento temporale a nove intervalli prestabiliti; saltando in avanti o all'indietro nel tempo l'architettura del monastero di Dordrecht muta nella sua composizione.

La resa della luce in HDR e i materiali conferiscono alla ricostruzione un aspetto estremamente realistico, che è valso allo studio Paladin anche un riconoscimento da parte della società produttrice

²⁹ <<http://www.paladinstudios.com>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

del motore grafico utilizzato per la modalità game, Quest3D³⁰ (come evidenziato anche nel loro sito web³¹).

Quello che, a mio avviso, manca è una più approfondita contestualizzazione della documentazione storica. La ricostruzione, gradevole nella sua navigazione, risulta in qualche modo ‘muta’, non mettendo a disposizione del navigatore alcuna informazione sulla storia del monastero nelle varie epoche in cui è stato riproposto. Nonostante dunque un’ottima propensione degli elementi visivi e per l’aspetto didattico (l’ambiente semi-interattivo è molto comunicativo), manca completamente una spiegazione guidata delle fasi edilizie. Si perde in questo modo un po’ della finalità che solitamente spingono alla creazione di ricostruzioni tridimensionali in ambito storico, ossia la comunicazione facilitata di informazioni sulla storia dei luoghi, delle vicende e dei personaggi del passato.

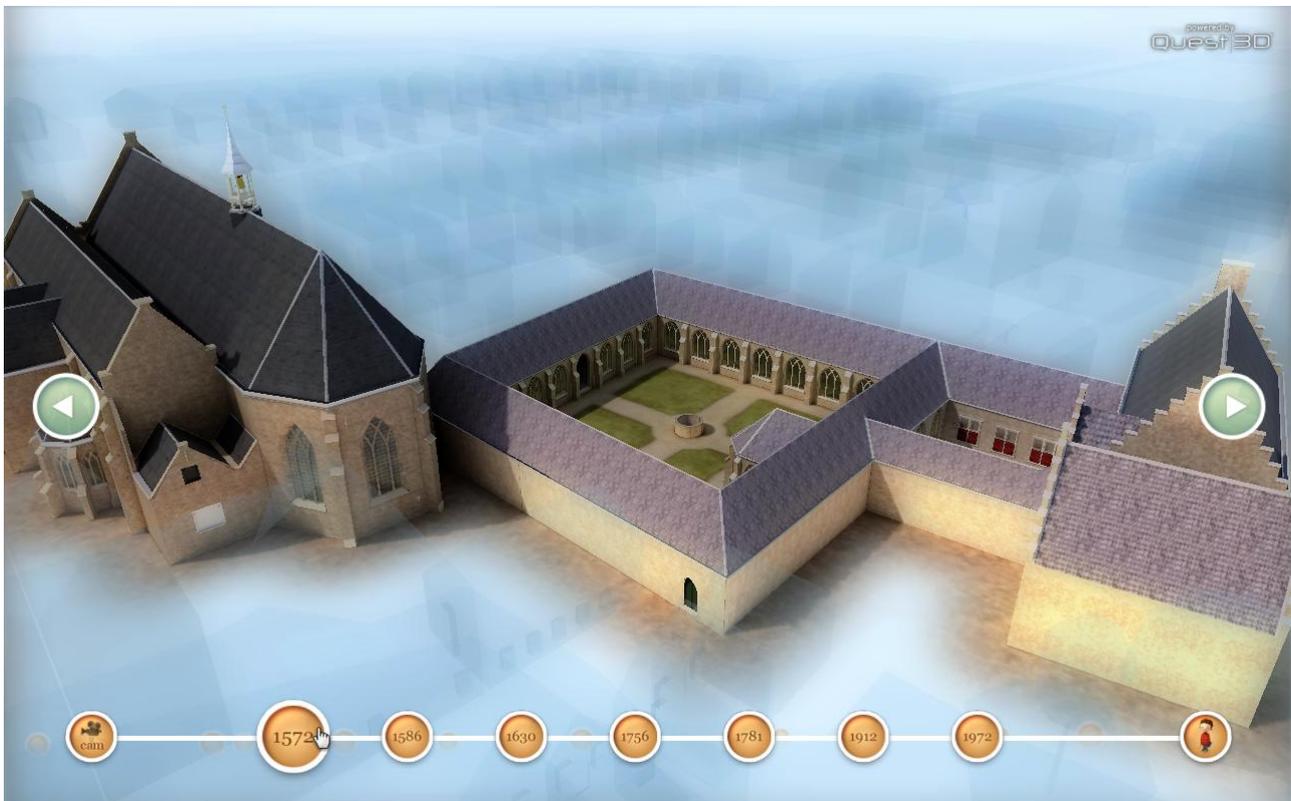


Figura 35 - Hof van Dordrecht: visualizzazione del complesso architettonico nel 1572
(fonte: The Monastery of Dordrecht.exe)

³⁰ <<http://www.quest3d.com/>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

³¹ <<http://www.paladinstudios.com/cms/case-studies/hof-van-dordrecht/>> [Ultimo accesso: marzo 2012]



Figura 36 - Hof van Dordrecht: visualizzazione del complesso architettonico nel 1630
(fonte: The Monastery of Dordrecht.exe)

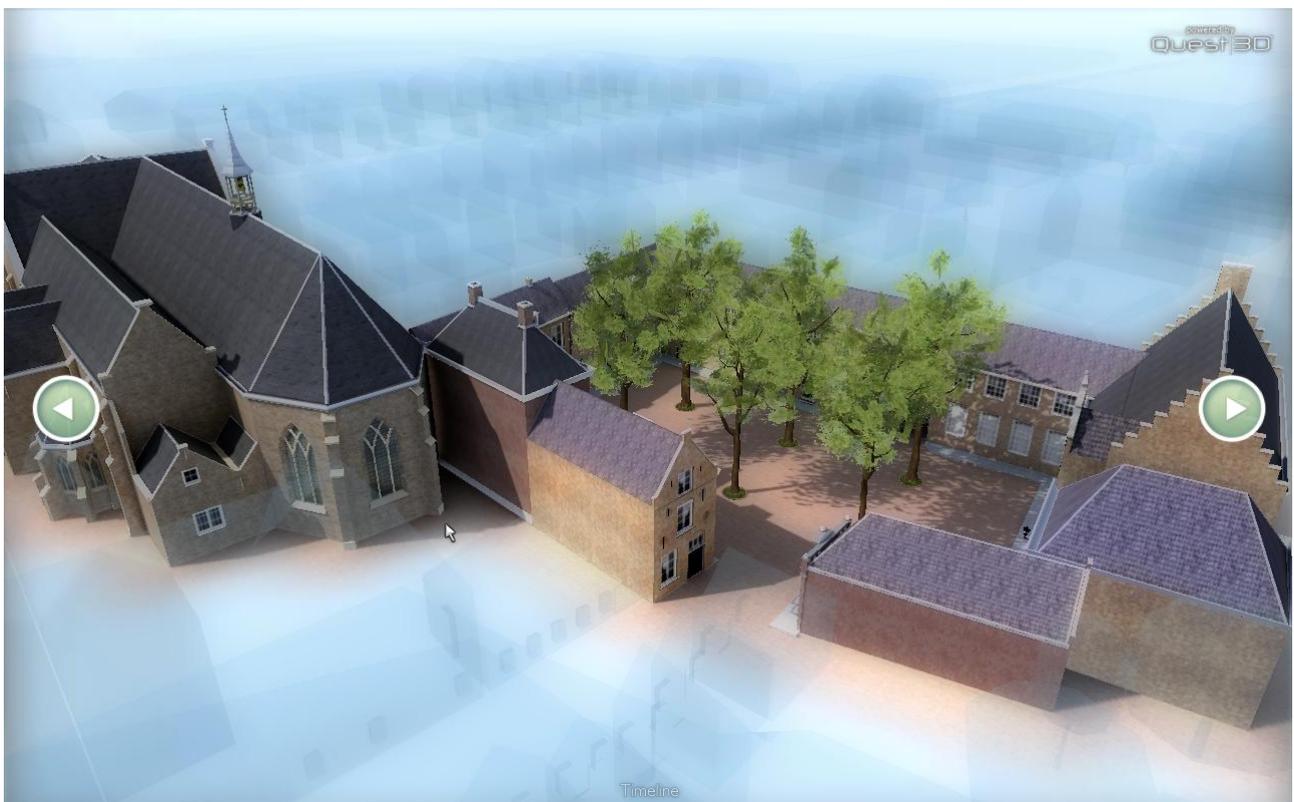


Figura 37 - Hof van Dordrecht: visualizzazione del complesso architettonico nel 1912
(fonte: The Monastery of Dordrecht.exe)



Figura 38 - Hof van Dordrecht: visualizzazione del chiostro nel 1572
(fonte: The Monastery of Dordrecht.exe)

CAPITOLO II

CAPITOLO II -

La Veduta prospettica della città di Bologna come fonte per la ricostruzione 3D: storia e attendibilità

Nei capitoli che seguono verranno descritte le fasi di lavoro che hanno portato alla ricostruzione tridimensionale di Bologna nel tardo Cinquecento.

È necessario d'altronde illustrare e descrivere dapprima la fonte iconografica sulla quale tutto il lavoro è basato, le sue vicende storiche, le caratteristiche e peculiarità. Imprescindibile è anche riproporre sinteticamente alcuni dei lavori di analisi e studio inerenti l'affresco vaticano precedenti al mio e che sono stati indispensabili per il mio lavoro. Quindi, nel terzo e quarto capitolo, verranno presentate le metodologie ed i software utilizzati per la ricostruzione tridimensionale (Blender 3D), per una proposta di utilizzo del dato tridimensionale a scopi di ricerca in ambiente GIS (ArcGIS) e con finalità didattica e di *edutainment*, attraverso la creazione di un ambiente virtuale interattivo (Unity) e di un'applicazione per dispositivi mobili.

2.1. Le vicende relative alla *Veduta prospettica della città di Bologna*

L'affresco raffigurante Bologna e denominato *Veduta prospettica della città di Bologna* fu commissionato da papa Gregorio XIII per il Giubileo del 1575. Il pontefice, al secolo Ugo Boncompagni, era di origini bolognesi ed apparteneva ad una delle famiglie più in vista della città.

Il pontefice volle rappresentata all'interno di una delle sale di rappresentanza dei Palazzi Apostolici in Vaticano una grande raffigurazione della propria città natale –era la seconda città dello Stato Pontificio per dimensioni– che mettesse in evidenza il tessuto urbano, ponendo una particolare attenzione nella rappresentazione delle chiese ed dei principali complessi monastici.

Il risultato è un affresco di grandi dimensioni che nella sua massima estensione misura oltre sei metri e mezzo per quasi cinque metri, occupando di fatto una intera parete di quella sala che dall'affresco prenderà poi il nome, rimanendo nota come Sala Bologna.

La rappresentazione vaticana è una grande veduta assonometrica a volo di uccello raffigurante la città di Bologna nel suo sviluppo urbano entro la terza cerchia di mura: la *Circla*. L'orientamento segue la tradizione della cartografia antica, presentando il nord geografico in basso.

Il tessuto edilizio è raffigurato con grande dovizia di particolari, soprattutto in virtù delle grandi dimensioni che hanno permesso agli esecutori di riprodurre, in alcune parti, anche particolari architettonici decorativi, come lesene, colonne, marcapiani ecc.

Il primo aspetto che colpisce della raffigurazione è l'illustrazione delle chiese e dei complessi monastici, in cui i tetti, ricoperti con la foglia d'oro, evidenziano in maniera immediata la quantità, la presenza e la dislocazione degli edifici ecclesiastici all'interno della città.

Un altro aspetto importante della veduta è rappresentato dalla colorazione e dalla raffigurazione delle aree cortilive interne agli isolati e delle aree ortive poste soprattutto a ridosso delle mura; questa è infatti una informazione non facilmente riscontrabile in altre tipologie di fonti, sia documentarie sia iconografiche. La presenza in questo caso di una veduta prospettica unita al dato coloristico permette infatti una chiara e subitanea identificazione delle aree verdi interne alla città.

La prospettiva a volo d'uccello ci restituisce un dato fondamentale: l'elevazione e la rappresentazione delle facciate e di molti fronti stradali. Osservando in dettaglio la vaticana si nota immediatamente come siano documentati con dovizia di particolari i fronti stradali "a favore di vista". Portici, archi, porte e finestre sono accuratamente riportati conferendo dunque un altissimo valore documentario all'affresco bolognese.

Il carattere che più di ogni altro rende importante la rappresentazione prospettica vaticana risiede però nella data di realizzazione: si può a ragione ritenere che, per la città di Bologna, sia la più antica rappresentazione accurata ed affidabile. Prima di essa infatti l'iconografia bolognese era soprattutto un'iconografia di tipo simbolico, come è rappresentato dalla Madonna del Terremoto, il mirabile affresco del pittore bolognese Francesco Francia. Questa, dipinta in seguito al disastroso terremoto che nel 1505 devastò grandemente Bologna, non ha infatti alcuna pretesa documentaria. La città è riconoscibile attraverso i suoi attributi architettonici più famosi, quali le torri Garisenda e Asinelli, S. Petronio o la cattedrale ma nessuna attenzione è posta a riportare una corretta disposizione spaziale. La *Veduta vaticana*, al contrario, manifesta la presenza di uno studio sapiente degli spazi urbani ed una volontà nel voler riproporre un'immagine quanto più fedele possibile alle corrette proporzioni delle città.

L'affresco vaticano si pone dunque in posizione intermedia tra le vedute simboliche precedenti il Cinquecento e la tradizione successiva che sviluppa cartografie urbane sempre più precise³².



Figura 39 - Francesco Francia: la Madonna del terremoto del 1505
(fonte: Palazzo Comunale, Bologna)



Figura 40 - La sala Bologna
(fonte: Musei Vaticani, Roma)

³² Per Bologna si veda a titolo di esempio: Blaeu, *Bononia docet mater studiorum* del 1663 e anche De' Gnudi, *Disegno dell'Alma città di Bologna* del 1702.



Figura 41 - La Veduta prospettica della città di Bologna
(fonte: Musei Vaticani, Roma)

2.2. Gli autori ed il committente

Il committente del grande affresco, come accennato precedentemente, è Ugo Boncompagni, salito al soglio pontificio nel 1572 con il nome di Gregorio XIII. Il pontefice dimostrò, nei suoi anni di pontificato, un'attenzione particolare verso l'aspetto territoriale ed urbanistico. A lui infatti si deve la realizzazione della Galleria delle Carte Geografiche in Vaticano; questa è una collezione di mappe topografiche ad alta precisione e di grandi dimensioni raffiguranti tutte le regioni italiane e fatte realizzare da Egnazio Danti, geografo tra i più rinomati del Cinquecento.

Inoltre sempre a Gregorio XIII si deve la promulgazione delle *Constitutiones de Aedificiis* del 1574, una serie di norme urbanistiche volte alla modernizzazione della città di Roma. Gregorio XIII, riprendendo una tendenza già iniziata con Sisto V, intendeva contribuire ad apportare ordine e razionalizzazione degli spazi all'interno di Roma attraverso l'allargamento delle strade, l'eliminazione di aggiunte edilizie deturpanti, la costruzione di piazze ed altro ancora sancendo in tal modo il passaggio tra una concezione medievale della città basata su un'edilizia a largo uso di legno, spazi stretti e senza rigide regolamentazioni dello sviluppo ad un concetto di città più propriamente rinascimentale, basato su un'edilizia in pietra, spazi ampi e ben definiti all'interno di una vera e propria progettazione urbana³³.

Anche se le *Constitutiones de Aedificiis* furono promulgate effettivamente solo per l'Urbe, una loro derivazione concettuale può essere rintracciata anche nella *Veduta vaticana* di Bologna. In essa infatti sono presenti quei concetti ora accennati e che caratterizzano la modernizzazione della città rinascimentale.

Riguardo agli autori veri e propri non vi sono invece certezze definitive. Studi precedenti³⁴ hanno ricostruito quelli che, con maggiore probabilità, sono le maestranze che presero parte a diverso titolo alla realizzazione della *Veduta prospettica di Bologna*. Il principale autore fu Lorenzo Sabbatini: questi era infatti un pittore bolognese presente a Roma al servizio di Gregorio XIII

³³ Ghizzoni M., *L'immagine di Bologna nella veduta vaticana del 1575*, in Bocchi F., Smurra R. (a cura di), *Imago urbis. L'immagine della città nella storia d'Italia*, Atti del convegno internazionale, Bologna 5-7 settembre 2001, Roma, 2003, pp. 140, 141, 156-158; Ceccarelli F., *Lorenzo Sabbatini (probabilmente su disegno di Domenico Tibaldi). Pianta prospettica di Bologna, 1575*, in Ceccarelli F., Aksamija N. (a cura di), *La sala Bologna nei Palazzi Vaticani*, Venezia, 2011, pp. 104-109.

³⁴ Ghizzoni M., *L'immagine di Bologna nella veduta vaticana del 1575*, cit., p. 145; Ghizzoni M., *La pianta prospettica di Bologna del 1575*, cit., p. 91; Ceccarelli F., *Lorenzo Sabbatini*, cit.

proprio negli anni della realizzazione della Vaticana; inoltre, essendo bolognese, poteva disporre di una conoscenza diretta della città.

Accanto agli artisti devono altresì aver lavorato anche periti agrimensori. La rappresentazione vaticana è difatti senz'altro frutto di una approfondita campagna di misurazioni. La presenza degli alzati, la raffigurazione degli isolati con annesse aree cortilive richiese indubbiamente la compresenza di esperti specializzati in questo campo. Tra essi spiccano i nomi di Scipione Dattili e Domenico Tibaldi. Essi, con tutta probabilità, realizzarono diverse campagne di rilevamento direttamente nella città di Bologna, producendo disegni preparatori i quali saranno serviti in seguito a Roma per la stesura della veduta direttamente sulla parete della sala Bologna³⁵.

³⁵ Ghizzoni M., *L'immagine di Bologna nella veduta vaticana del 1575*, cit., p. 152-153.

2.3. Analisi e studi precedenti

Come si è detto la raffigurazione vaticana è una fonte di estrema importanza per una lettura del tessuto urbano di Bologna nel tardo Cinquecento. Essa rappresenta infatti un ‘fermo immagine’ della città sul finire del Cinquecento. Per poter utilizzare questa fonte per una ricostruzione virtuale occorre però che la sua attendibilità storica sia confermata. Il solo fatto di possedere una fonte iconografica tanto dettagliata non costituisce di per sé una motivazione plausibile per potersene fidare in maniera assoluta.

Bisogna ricordare che le rappresentazioni iconografiche in passato rappresentavano in molti casi uno strumento politico volto a confermare una supremazia del potere centrale sul territorio, una volontà propagandistica o anche solo l’espressione di un punto di vista particolare della committenza. Per questi motivi la precisione della rappresentazione poteva di fatto venire subordinata ad altri fattori secondari.

Appurato che l’affresco vaticano poggia sicuramente su operazioni di rilievo territoriale è stato però necessario verificare fino a che punto il grado di precisione della rappresentazione della veduta fosse attendibile.

I lavori precedenti al mio³⁶ si sono occupati dunque di stabilire il grado di affidabilità topografica della *Veduta vaticana*. Per questo hanno proceduto ad una comparazione della rappresentazione vaticana con la cartografia più recente e affidabile. In particolare Elisa Paselli ha effettuato una georeferenziazione della raffigurazione vaticana sulla Carta Tecnica Comunale (CTC), operando attraverso la definizione di punti di controllo.

Attraverso uno specifico software (MapAnalyst³⁷) infatti sono stati individuati dei punti riscontrabili sia sulla *Veduta vaticana* sia presenti nella cartografia attuale. In seguito il programma, sovrapposte le immagini, ha fatto combaciare i punti di controllo. Le distorsioni prodotte in questa operazione determinano il grado di discrepanza tra l’immagine di riferimento (la CTC in questo caso) e quella posta a confronto (l’affresco vaticano).

Il risultato ha confermato una sostanziale correttezza della prospettiva vaticana, con circoscritti

³⁶ Lugli F., *L’affresco vaticano: un metodo di utilizzazione*, in Donarini R., De Angelis C., *Da una crisi all’altra (secoli XIV-XVII)*, *Atlante Storico delle città italiane, Bologna*, Vol. 3, Bologna 1997, pp. 107-110; Ghizzoni M., *L’immagine di Bologna nella veduta vaticana del 1575*, cit.; Paselli E., *La città di Bologna e la sua storia*, cit., pp. 60-66.

³⁷ <<http://mapanalyst.org/>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

fenomeni di distorsione concentrati perlopiù nella parte meridionale. Questo si spiega con ogni probabilità per il dislivello che il territorio di Bologna presenta e che declina da sud a nord per circa 33 metri di dislivello in altitudine e che doveva in qualche modo essere reso pittoricamente.

Un'altra approfondita analisi è stata effettuata precedentemente da Manuela Ghizzoni. Nello specifico la veduta pontificia è stata messa a confronto, in relazione alla lunghezza delle strade, con una metafonte. La metafonte è una pianta con valore topografico ricavata dall'analisi dei dati contenuti nel *Campione delle strade* redatto nel 1715. Questo è un documento descrittivo di natura fiscale fatto compilare dall'organo cittadino preposto, l'Assunteria dell'Ornato, per la ripartizione delle spese di manutenzione delle strade³⁸. Queste spese erano infatti calcolate in base alla grandezza del fronte prospiciente la strada che ogni proprietario possedeva. Il *Campione* è quindi un lungo elenco nel quale venivano registrate le misure dei fronti-strada unitamente al nome del proprietario. Da questa fonte documentaria, grazie ad un lungo lavoro che ha visto la partecipazione di Francesca Bocchi e Fernando Lugli è stata prodotta una mappa, utile per una comparazione con la *Veduta vaticana*.

Il risultato del confronto tra la lunghezza delle strade rappresentate in queste due piante ha posto in evidenza due aspetti fondamentali: innanzitutto la buona aderenza al reale della *Veduta vaticana*, dato che conferma definitivamente la possibilità di utilizzarla come fonte per una ricostruzione tridimensionale; in secondo luogo l'individuazione di cinque scale di rappresentazione, spiegate come la necessità di adattare la *forma urbis* bolognese al supporto dell'affresco: il muro della Sala Bologna.

Il raffronto ha inoltre messo in evidenza che vi è nella *Veduta vaticana* una dilatazione nella rappresentazione delle strade della parte nord-occidentale.

³⁸ Archivio di Stato di Bologna, *Assunteria d'Ornato, Campione di tutte le strade della città di Bologna e de' possidenti*, 1715; rilevatori del *Campione* furono i periti Monari e Laghi.

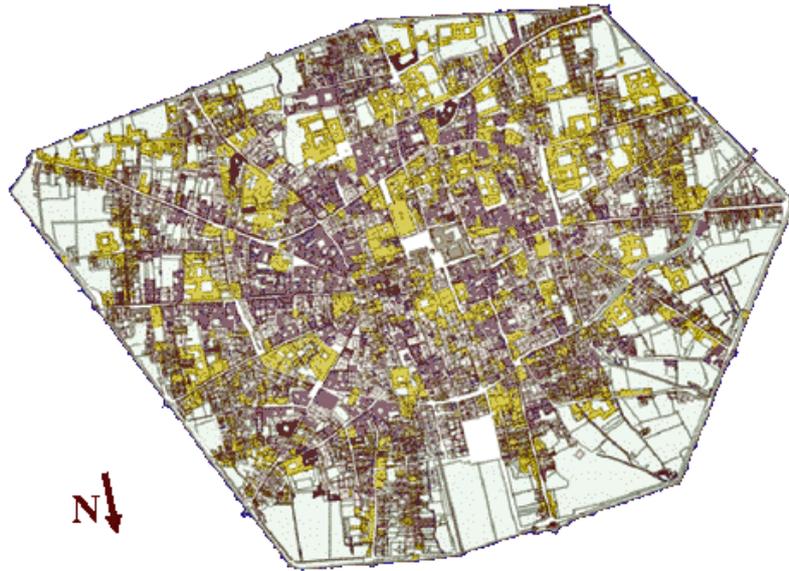


Figura 42 - Metapianta derivata dal *Campione delle strade*
(fonte: *Bologna, Atlante storico delle città italiane*, IV, Bologna 1998, pp. 12-14)



Figura 43 - *Veduta vaticana*: analisi della dilatazione stradale
(fonte: http://www.centrofasoli.unibo.it/nume/italiano/metodologia_fonti_icon_3.html)

Un altro aspetto fondamentale messo in luce nel corso di questi confronti riguarda il deliberato allargamento delle strade presente in molti punti della *Veduta vaticana*. Questo piccolo artificio pittorico ha permesso infatti agli esecutori cinquecenteschi di poter dipingere anche gli edifici in secondo piano, che altrimenti sarebbero stati completamente oscurati da quelli posti davanti. Inoltre è stato evidenziato come il corso del canale Reno, che taglia la parte settentrionale di Bologna da

ovest a est, sia stato in molti punti rettificato rispetto al suo reale andamento, sì da metterlo in evidenza in maniera immediata davanti agli occhi di un ipotetico osservatore. Nonostante questi piccoli scostamenti dalla realtà la rappresentazione prospettica è stata tuttavia giudicata come complessivamente attendibile.

Una volta stabilita l'aderenza topografica della *Veduta vaticana* è stato preso in considerazione un altro elemento di raffronto, di tipo architettonico, con lo scopo di verificare l'attendibilità delle architetture rappresentate e vedere in che misura ciò che viene proposto nell'affresco sia veramente rispondente all'aspetto reale degli edifici.

Per ottenere questo tipo di raffronto, nel lavoro di Manuela Ghizzoni, sono stati messi a confronto una serie di evidenze architettoniche presenti nella *Pianta prospettica vaticana* e tutt'ora riscontrabili nel tessuto edilizio della città. Un primo gruppo di edifici utili a questa comparazione è stato individuato nei punti più rilevanti del tessuto cittadino.

Le torri Asinelli e Garisenda di piazza di Porta Ravegnana, i Palazzi Pubblici, il palazzo dei Notai e la basilica di S. Petronio hanno permesso un confronto diretto con il costruito ancora esistente. Oltre a queste architetture sono stati osservati i complessi ecclesiastici di S. Domenico (sito nella parte sud-orientale della città), di S. Francesco (in quella sud-occidentale); un caso peculiare riguarda la cattedrale di S. Pietro, in quegli anni oggetto di rifacimenti ed ampliamenti architettonici documentati in fonti d'archivio ed efficacemente rappresentati nell'affresco vaticano.

In aggiunta a questi, un ulteriore gruppo di edifici privati e civili è stato preso come campione utile a verificare se le architetture dipinte nell'affresco potessero essere considerate attendibili: si tratta di alcuni palazzi eretti nel corso del XVI -come palazzo Vizzani- dalle principali famiglie senatorie bolognesi o già presenti sul territorio cittadino -come palazzo Pepoli-. Anche in questo caso si è riscontrata una notevole affinità nella riproduzione vaticana dell'architettura, fino alla rappresentazione dei dettagli maggiormente identificativi, come i merli dello stesso palazzo Pepoli. Da questo primo raffronto è stato dunque possibile validare le raffigurazioni delle architetture presenti nella rappresentazione vaticana in quanto in larga parte riconducibili a quelle reali.

Sono presenti inoltre nella *Veduta prospettica di Bologna* alcuni dettagli architettonici cronologicamente molto vicini alla stesura dell'affresco, che di fatto confermano quanto la rappresentazione di Bologna sia estremamente attenta anche ai particolari prossimi al momento della composizione. In particolare si tratta della presenza della famosa fontana del Nettuno eseguita dal Giambologna nel 1567 per la nuova piazza contigua a Piazza Maggiore; della "Fontana Vecchia", posta sul lato settentrionale del Palazzo Pubblico ed eseguita da Tommaso Laureti tra il

1564 ed il 1565 e tutt'ora *in situ*. Ancora nella *Veduta vaticana* è raffigurata dettagliatamente Porta Pia, denominazione che nel 1568 sostituiva Porta S. Isaia e la cui difformità stilistica rispetto alle porte urbane di stampo medievale è fedelmente documentata.

Tutti questi particolari denotano dunque una documentazione diretta degli esecutori, che indubbiamente tentarono di riportare, nella più dettagliata maniera a loro possibile, lo stato effettivo dello sviluppo architettonico ed urbanistico della città all'ultimo quarto del Cinquecento.

Sussistono tuttavia alcune incongruenze all'interno della *Veduta vaticana*: alcune di esse sono in tutta probabilità riconducibili alle difficoltà che le operazioni di rilievo e di riproposizione dovettero indubbiamente comportare. Non bisogna dimenticare che i rilievi vennero fatti a Bologna e riportati probabilmente a Roma attraverso annotazioni; quindi in caso di incertezze non vi fu certo la possibilità di un controllo accurato. A questo forse si devono alcune imprecisioni su palazzi di grande pregio architettonico che nella *Pianta prospettica vaticana* non sono fedelmente caratterizzati³⁹. Un esempio in tal senso è palazzo Sanuti Bevilacqua di via d'Azeglio, dipinto con un portico che in realtà non ha mai avuto; lo stesso può dirsi di palazzo Fantuzzi, la cui peculiare facciata non è riprodotta nell'affresco.

La mancanza totale -o quasi- di sporti e supporti lignei è apparsa invece come un gesto consapevole. Forse esso rispecchia la mentalità di Gregorio XIII così come espressa nelle *Constitutiones* ed esprime il gusto tipico rinascimentale della città come luogo ordinato, dalle lunghe teorie regolate di portici lapidei e dove il legno -simbolo dell'edilizia medievale- ha ceduto il passo alle più moderne e solide costruzioni in pietra.

È verosimile pensare che il pontefice volesse, attraverso la presentazione di una moderna città, favorevolmente impressionare gli ospiti o i dignitari in visita presso la sala Bologna. In quest'ottica rientra anche la sostituzione di alcuni portici medievali giunti fino ai giorni nostri -come quelli ancora visibili in via Marsala o in via S. Stefano - ma dipinti in pietra nell'affresco vaticano.

L'immagine di Bologna trasmessa dalla *Veduta vaticana* è quella di una città fortemente orientata verso una concezione rinascimentale delle architetture. Storicamente la città ha vissuto (all'inizio del secolo) il momento del definitivo passaggio di potere dalla signoria dei Bentivoglio alla dominazione papale e se da un lato la struttura topografica non ha subito sostanziali modifiche rispetto ai secoli precedenti, ciò che invece muta è l'edilizia che si trasforma passando dal legno alla pietra.

³⁹ Ghizzoni M., *L'immagine di Bologna nella veduta vaticana del 1575*, cit., pp. 154-156.

Le caratteristiche principali di Bologna sono dunque messe bene in evidenza nella pianta insieme ad un elemento fondamentale: il sistema idrologico.

La presenza dell'acqua viene vista come forza motrice e come propulsore di industria e commercio: il canale Reno taglia la città da ovest verso est alimentando il canale Cavaticcio (dove è visibile anche la sega dell'acqua che divideva il corso del Reno) e sfocia nel canale delle Moline, dove i venti mulini per la molitura del grano sono resi con grande dettaglio. Inoltre l'attracco portuale entro le mura, sistemato a metà del Cinquecento su progetto di Jacopo Barozzi da Vignola, è riportato con anche sei imbarcazioni da trasporto, la casa del catenarolo ed il prato di Magone sul quale si distinguono i tronchi trasportati che lì venivano temporaneamente posati⁴⁰.

Sempre in relazione all'acqua è il canale Savena, che da porta Castiglione scendeva lungo l'omonima via caratterizzandone il tracciato sinuoso visibile ancora oggi. Nella *Veduta vaticana* il suo percorso, ancora parzialmente scoperto e che verrà definitivamente chiuso nel corso del secolo successivo, è molto chiaramente delineato, insieme ai ponti che servivano per l'attraversamento. Anche il torrente Aposa è facilmente distinguibile; in entrata a sud, parallelo al Savena, dopo poche centinaia di metri si interra per poi uscire nella parte nord parallelo al canale delle Moline.

La *Veduta vaticana* è priva di qualsiasi scena animata ad eccezione di un solo punto: dove sorgeva il palazzo grande dei Bentivoglio, demolito dalla furia popolare dopo la loro definitiva cacciata; qui sono infatti ritratte una serie di persone stilizzate intente in un appassionato gioco di palla. Ancora una volta il grande dettaglio permette di distinguere non solo le figure coinvolte nella partita e gli astanti ma anche la corda ed i pali posti a recinzione del campo da gioco.

⁴⁰ Nannelli P., *Porto e Salara*, in *Da una crisi all'altra*, cit., p. 127.



Figura 44 - Veduta prospettica della città di Bologna: Porta Pia
(fonte: Musei Vaticani, Roma)



Figura 45 - Veduta prospettica della città di Bologna: Piazza Maggiore con la fontana del Nettuno e la “Fontana Vecchia”
(fonte: Musei Vaticani, Roma)

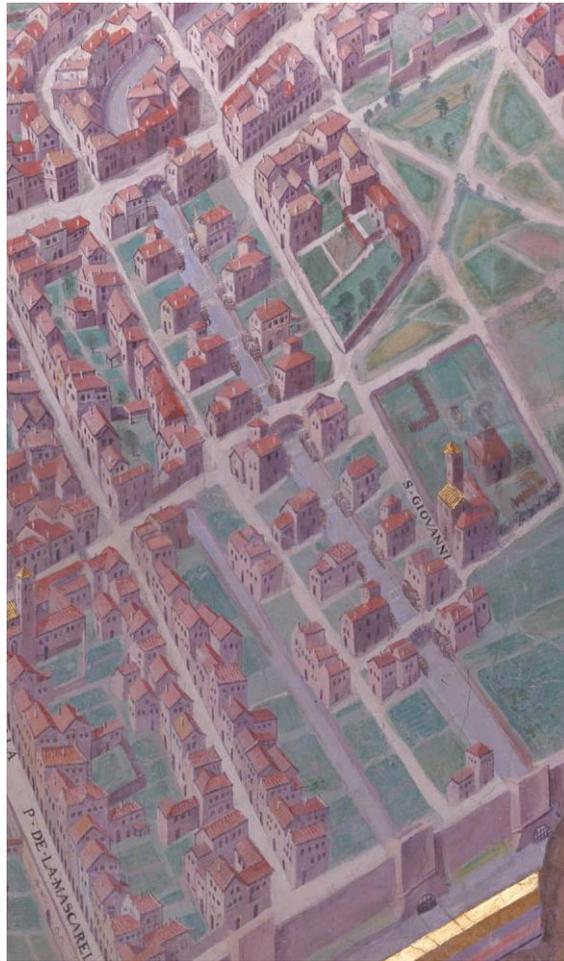


Figura 46 - Veduta prospettica della città di Bologna: il canale delle Moline
(fonte: Musei Vaticani, Roma)



Figura 47 - Veduta prospettica della città di Bologna: l'attracco portuale e le imbarcazioni
(fonte: Musei Vaticani, Roma)

CAPITOLO III

CAPITOLO III -

La ricostruzione tridimensionale di Bologna tardo rinascimentale

3.1. Il software usato: Blender come soluzione opensource

Il procedimento di modellazione tridimensionale è un insieme di operazioni compiute da un pacchetto software che gestisce le fasi di modellazione, texturing, animazione e rendering finale. Il processo di rendering e gestione dei materiali può anche essere condotto usando software esterni, deputati alla sola creazione dell'immagine finale. Questi software, denominati motori di rendering esterni, vengono definiti *unbiased* (fotorealistici) in quanto, servendosi di complessi algoritmi, calcolano in maniera fisica gli effetti dell'illuminazione creando immagini del tutto simili alla realtà. L'aspetto negativo consiste nei tempi di calcolo, che vengono allungati molto a causa della complessità dei fenomeni da trattare.

Il panorama dei software di modellazione e dei motori di rendering esterni si è molto ampliato negli ultimi dieci anni producendo una serie di programmi altamente performanti e spesso di non facile utilizzo. Accanto a questi poi se ne sono affiancati alcuni più immediati ma dalle funzioni più limitate. Al primo gruppo appartengono famosi applicativi come 3ds Max⁴¹, Maya⁴², Modo⁴³, Cinema 4D⁴⁴, Lightwave⁴⁵, Houdini⁴⁶, ZBrush⁴⁷, Mudbox⁴⁸ e altri ancora; al secondo gruppo appartengono programmi per appassionati o piccoli professionisti come Google Sketchup⁴⁹, Daz

⁴¹ <<http://usa.autodesk.com/3ds-max/>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

⁴² <<http://usa.autodesk.com/maya/>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

⁴³ <<http://www.luxology.com/modo/index.aspx>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

⁴⁴ <<http://www.maxon.net/it/home.html>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

⁴⁵ <<http://www.newtek.com/lightwave.html>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

⁴⁶ <<http://www.sidefx.com/>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

⁴⁷ <<http://www.pixologic.com/home.php>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

⁴⁸ <<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=13565063&siteID=123112>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

⁴⁹ <<http://sketchup.google.com/>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

3D⁵⁰ o Cheetah3D⁵¹. La maggior parte di questi applicativi, soprattutto quelli legati al primo gruppo, sono software professionali dalle altissime potenzialità ma con costi di licenze che superano le diverse migliaia di euro cadauno. Per questo motivo non sono alla portata di tutti, specie se non utilizzati in maniera continuativa. All'interno poi di Facoltà umanistiche e centri di ricerca in campo storico, storico-artistico od archeologico il rischio è di corrispondere alti costi di acquisto e di utilizzo a fronte di un uso reale piuttosto sporadico. Anche per questo motivo in molti casi le applicazioni virtuali nel campo dei beni culturali sono demandate esternamente a studi grafici specializzati nel settore ed equipaggiati con le versioni più aggiornate di questi software.

Accanto agli applicativi commerciali si è sviluppato altresì un filone di software opensource, frutto del lavoro di programmatori non vincolati ad alcuna casa produttrice e che si dedicano alla creazione di programmi dalle funzionalità analoghe a quelle dei più famosi “fratelli maggiori”.

Uno degli esempi meglio riusciti in tal senso è Blender⁵², un modellatore opensource completamente gratuito anche per scopi commerciali che da più di dieci anni oramai si affianca ai più avanzati pacchetti di modellazione tridimensionale.

Dal 2002 Blender è infatti gestito da una apposita fondazione, la Blender Foundation, la quale si preoccupa di coordinare il lavoro dei programmatori sparsi in tutto il mondo e di garantire uno sviluppo costante.

Blender, come 3ds Max, Maya o Modo gestisce ogni fase del processo di creazione dei modelli virtuali: prevede infatti strumenti per la modellazione poligonale, gestisce curve e forme Bezier e Nurbs, si occupa della creazione di materiali e delle fasi di texturing sfruttando tanto i canali *diffuse* quanto quelli *bump* per la definizione delle superfici, ha capacità di scultura digitale e gestisce rendering e animazioni anche attraverso l'uso della Global Illumination.

Dalle sue prime versioni fino ad oggi lo sviluppo del software è sempre stato costante e rivolto al miglioramento delle potenzialità e delle prestazioni, arrivando a porsi come uno strumento di uso professionale. A dimostrazione di ciò sono stati creati, dalla stessa Blender Foundation, due

⁵⁰ <<http://www.daz3d.com/>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

⁵¹ <<http://www.cheetah3d.com/>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

⁵² <<http://www.blender.org/>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

cortometraggi di animazione⁵³ completamente realizzati in Blender a sancirne la maturità all'interno del panorama della Computer Grafica.

Da qualche anno a questa parte viene organizzata anche una conferenza annuale -Blender Conference- per mettere a confronto i lavori più all'avanguardia e veicolare i nuovi indirizzi di sviluppo.

Alle spalle di questo software opensource vi è dunque una foltissima comunità che spazia da utenti professionisti, che contribuiscono allo sviluppo del programma, fino a semplici appassionati; questo insieme eterogeneo di utenti garantisce un supporto costante ed aggiornato su ogni aspetto legato all'utilizzo di Blender, dai tutorial per imparare a gestirne le numerose funzioni, alla rapida risoluzione di banchi, alla creazione di speciali *plugin* per esigenze particolari.

L'unico vero punto a sfavore di Blender rispetto ai suoi concorrenti riguarda l'interfaccia grafica. Questa infatti non si presenta in maniera amichevole e, specie per utenti che arrivano da altri pacchetti commerciali, può risultare di difficile comprensione. In conseguenza di questa sua non facilmente accessibile interfaccia, Blender si è sempre configurato come un software dalla curva di apprendimento piuttosto ripida.

Le ultime versioni rilasciate -dalla 2.50 alla 2.60- hanno visto però una piccola rivoluzione sotto questo aspetto. L'interfaccia è stata completamente ripensata e riprogettata ottenendo un ottimo risultato sul piano dell'usabilità.

Il software si conferma dunque al passo con gli sviluppi dei prodotti commerciali implementando inoltre una serie di funzioni aggiuntive e potenziamento di alcuni aspetti già presenti.

Nello specifico è stata migliorata la parte relativa al *texture painting*, che permette di applicare una texture o un colore andando a dipingere direttamente sul modello all'interno della finestra 3D, senza la necessità di usare un editor esterno come Photoshop. Migliorata ed aggiornata è anche la parte relativa al *digital sculpting*, ovvero la capacità di scolpire le mesh per ottenere effetti dettagliati, soprattutto per la modellazione organica. Un notevole implemento è avvenuto anche per la parte di simulazione fisica, di particelle e di fluidodinamica, con risultati migliori e più rispondenti alla realtà dei fenomeni fisici. In ultimo, dai primi mesi del 2012, è stato integrato a fianco del motore di rendering interno un secondo motore, sempre interno ma *unbiased*, denominato Cycles. I primi test

⁵³ Big Buck Bunny - <<http://www.bigbuckbunny.org/>> [Ultimo accesso: marzo 2012]. e Sintel - <<http://www.sintel.org/>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

condotti finora hanno messo in evidenza l'ottima qualità di questo nuovo motore di calcolo dalle alte prestazioni.

Alla luce delle considerazioni sopra esposte ho optato dunque per l'uso di Blender come software di modellazione per la trasposizione tridimensionale della *Veduta vaticana*; nonostante presenti una iniziale difficoltà di apprendimento, le sue potenzialità sono oramai di livello professionale e il suo costo è nullo; questo si traduce nella possibilità di utilizzarlo su qualsiasi piattaforma di qualsiasi macchina (Windows, Mac o Linux) per un numero illimitato di volte e senza alcuna restrizione, né sull'uso né tantomeno sulla diffusione del prodotto finale.

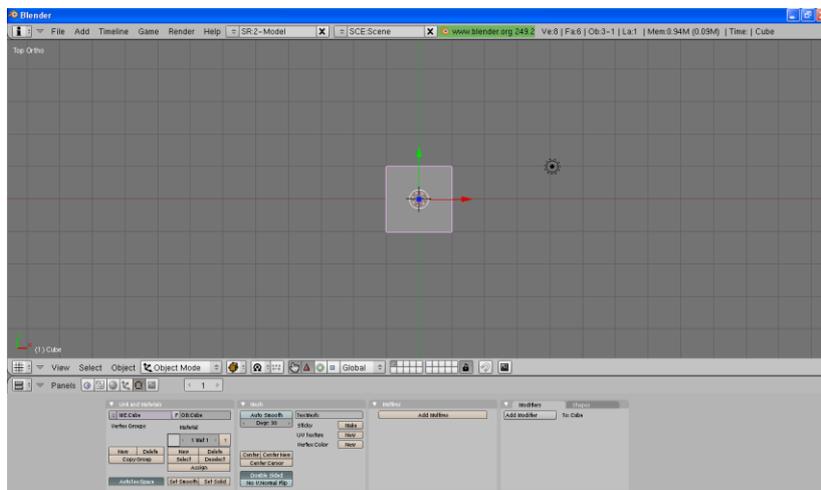


Figura 48 - Blender 2.49: la vecchia interfaccia
(fonte: <http://www.blender.org>)

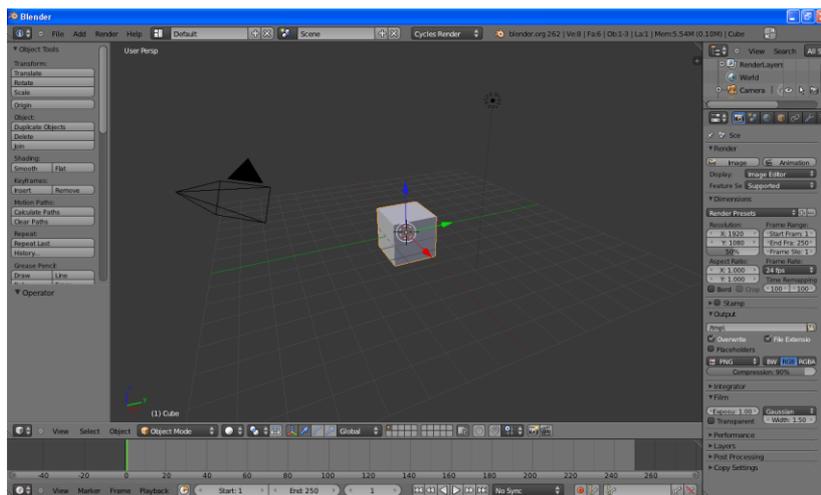


Figura 49 - Blender 2.60: l'interfaccia rinnovata
(fonte: <http://www.blender.org>)

3.2. L'impostazione del lavoro in Blender: importazione ed utilizzo del catasto pontificio

Alla base della modellazione tridimensionale di Bologna è stato necessario porre un elemento che potesse fungere da vincolo per lo sviluppo degli edifici e degli isolati e che permettesse di correggere la dilatazione di molte strade eseguita per rendere visibili anche gli edifici in secondo piano.

A tale scopo è stata utilizzata la mappa del catasto pontificio del 1833. Il catasto pontificio, o gregoriano, è stato il primo rilevamento catastale particellare di tutto lo stato pontificio; iniziato da Pio VII nel 1816, fu terminato sotto Gregorio XVI nel 1835. È rimasto in vigore fino al 1924. Consta di una serie di mappe topografiche rilevate geometricamente e di un registro, o brogliardo, nel quale sono registrate le informazioni relative ad ogni singola parcella, come il nome del proprietario o la natura dell'edificio.

Il catasto pontificio per l'area di Bologna è stato digitalizzato nel corso di lavori all'interno del Dottorato di Ricerca in "Storia e Informatica"⁵⁴ per mezzo di un GIS. È stata creata una mappa vettoriale partendo dal rilievo topografico cartaceo ed un database con le informazioni relative al brogliardo. I due livelli sono successivamente stati messi in relazione attraverso l'attribuzione di una chiave primaria.

Partendo dunque dal file GIS ho provveduto all'esportazione della parte vettoriale relativa alla topografia urbana di Bologna in formato dxf, l'ho quindi importata in Blender scalandola opportunamente in modo che ad una unità Blender corrispondesse un metro. In questo modo il catasto pontificio, opportunamente proporzionato e scalato, ha potuto servire come base topografica affidabile sulla quale procedere alla costruzione dei modelli tridimensionali di ogni singolo edificio riprodotto nella *Veduta vaticana*.

Oltre alla correzione delle dilatazioni stradali, il pontificio è servito anche per impostare una corretta proporzione delle dimensioni delle architetture; la disposizione, la forma e le dimensioni degli isolati hanno infatti trovato, nella maggior parte dei casi, una buona corrispondenza.

⁵⁴ Neri M., *Una base topografica digitalizzata per la ricerca storica: applicazioni GIS*, tesi di Dottorato di Ricerca discussa nel 2006 presso l'Università degli Studi di Bologna (relatore ing. Fernando Lugli); Paselli E., *La città di Bologna e la sua storia*, cit., pp. 74-83.



Figura 50 - Catasto pontificio nella sua forma cartacea
(fonte: Archivio di Stato, Roma)

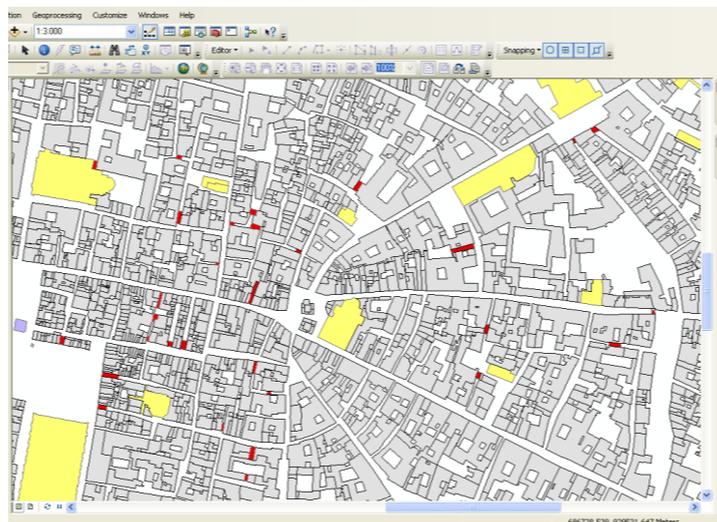


Figura 51 - Il catasto pontificio nella versione digitale

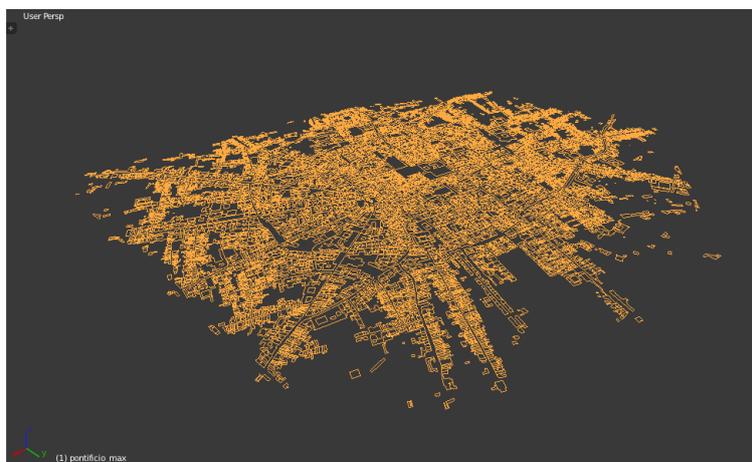


Figura 52 - Blender 3D: importazione del vettoriale del catasto pontificio

3.3. La modellazione architettonica

Le operazioni di modellazione della *Pianta prospettica vaticana* hanno seguito fasi diverse, sperimentando tecniche di modellazione differenti per contrastare le problematiche che, di volta in volta, si presentavano. Da subito infatti sono stati chiari quelli che sarebbero stati i principali problemi nel riproporre tridimensionalmente la Bologna della *Veduta vaticana*.

Una prima difficoltà è riconducibile all'alto numero di elementi presenti nell'affresco: la veduta raffigura un'intera città nel suo sviluppo urbano per un'area di 408 ettari⁵⁵; gli edifici ammontano a diverse migliaia senza contare le opere di difesa (le dodici porte, la cortina della *Circla*), vari muri interni agli isolati, le fontane, i canali che solcano la città e l'area portuale interna con le relative imbarcazioni. Era chiaro dunque che il dettaglio della modellazione non avrebbe potuto spingersi a livelli eccessivamente approfonditi; in tal caso infatti le dimensioni in termini di peso informatico sarebbero state tali da rendere inutilizzabile il lavoro se non attraverso l'uso di macchine con dotazioni fuori dall'ordinario.

Una possibilità che avrebbe potuto ovviare a questo problema sarebbe potuta essere quella di suddividere la modellazione in parti, per macro-zone o quartieri. In questo caso però si sarebbe, a mio giudizio, corso il rischio di allontanarsi eccessivamente dalla fonte stessa, la quale presenta Bologna in una unitarietà di veduta, così che l'osservatore possa anzitutto percepire la città nella sua interezza e quindi concentrarsi in un secondo momento sui tanti dettagli all'interno delle singole aree raffigurate.

Ritornato dunque all'idea di una modellazione totale della mappa su unico file ho cercato di definire quale sarebbe potuto essere il grado di dettaglio massimo consentitomi per la rappresentazione degli edifici, per non rischiare di aumentare eccessivamente il peso del file quando avessi avuto tutta la città riproposta virtualmente.

Nella metodologia della Computer Grafica, di fronte a questo problema (peraltro piuttosto comune) solitamente si alleggerisce il modello tridimensionale cercando di riprodurre i dettagli attraverso le textures piuttosto che attraverso la modellazione stessa. In questo modo si limita il numero di poligoni che vanno a insistere sulla forma dell'oggetto senza intaccare la percezione visiva dei dettagli. In sostanza porte, finestre ed altre decorazioni non sono modellate realmente ma rese piuttosto attraverso un'immagine applicata sulla semplice facciata della casa o del palazzo.

⁵⁵ Bocchi F., *Bologna nei secoli IV-XIV. Mille anni di storia urbanistica*, Bologna, 2008, p. 89.

Ho testato dunque questa metodologia su una zona della *Veduta vaticana* per verificarne l'effettiva resa tenendo anche in considerazione che, seguendo questo metodo, sarebbe stato anche definito il processo di testurizzazione attraverso l'uso delle stesse immagini derivate dall'affresco.

Dopo i primi tentativi a campione con discreti risultati ho testato la tecnica su qualche isolato intero riscontrando alcune problematiche.

Lasciando tutti i dettagli alla resa da texture la modellazione poteva rimanere estremamente leggera, limitandosi alla semplice definizione dei volumi. D'altro canto la testurizzazione di ogni singola facciata prospettava alcune significative difficoltà. Il procedimento prevedeva infatti di isolare sull'immagine fotografica della *Veduta vaticana* almeno tre o quattro parti per ogni edificio. Attraverso l'uso di Photoshop dovevo ritagliare i prospetti dei fronti stradali, dei muri laterali - quando presenti- e delle falde del tetto.

In seguito bisognava procedere ad un raddrizzamento delle stesse immagini, prima di poterle applicare come texture sul modello 3D. Se questo aspetto può essere applicato con discreti risultati sugli edifici maggiormente a favore di vista e che quindi producono meno distorsioni, tuttavia si è rivelato estremamente approssimativo su tutti quegli edifici che si trovano più spostati e ruotati dal punto di vista quando non addirittura in secondo piano.

In questi casi la tessitura viene a coprire una percentuale minima dei muri dell'edificio rendendo necessaria una campionatura del colore con il conseguente tentativo di uniformarla al resto dell'immagine. Dopo alcune prove sono arrivato alla conclusione che questa tecnica, seppure già utilizzata in lavori affini⁵⁶, nel mio caso non avrebbe prodotto risultati soddisfacenti perché non applicabile in maniera estensiva alla totalità delle architetture presenti nella *Veduta vaticana*. La distorsione che in certi prospetti si presenta andava infatti ad influire sensibilmente sul posizionamento di porte e finestre, deformandole nelle proporzioni e posizionandole in punti non corrispondenti a quelli dipinti nell'affresco.

⁵⁶ Gatta G., *Valorizzazione di cartografia storica attraverso moderne tecniche geomantiche: recupero metrico, elaborazione e consultazione in ambiente digitale*, tesi di Dottorato di Ricerca discussa nel 2010 presso l'Università degli Studi di Bologna (relatore prof. Gabriele Bitelli), p. 236, consultabile al sito <<http://amsdottorato.cib.unibo.it/3148/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

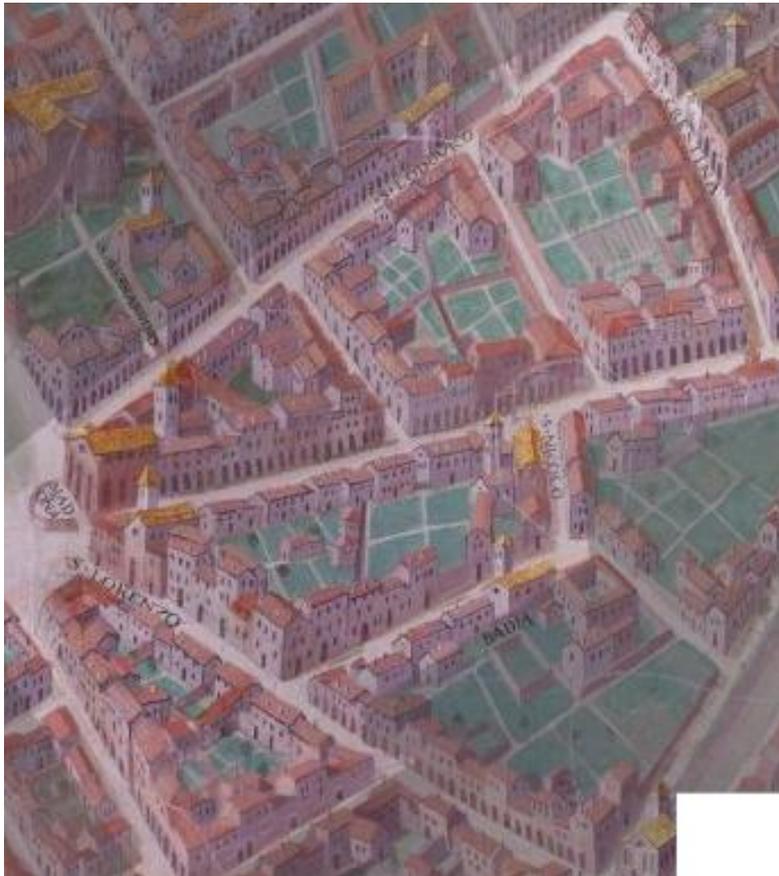


Figura 53 - Veduta prospettica della città di Bologna: area di porta Stiera
(fonte: Musei Vaticani, Roma)

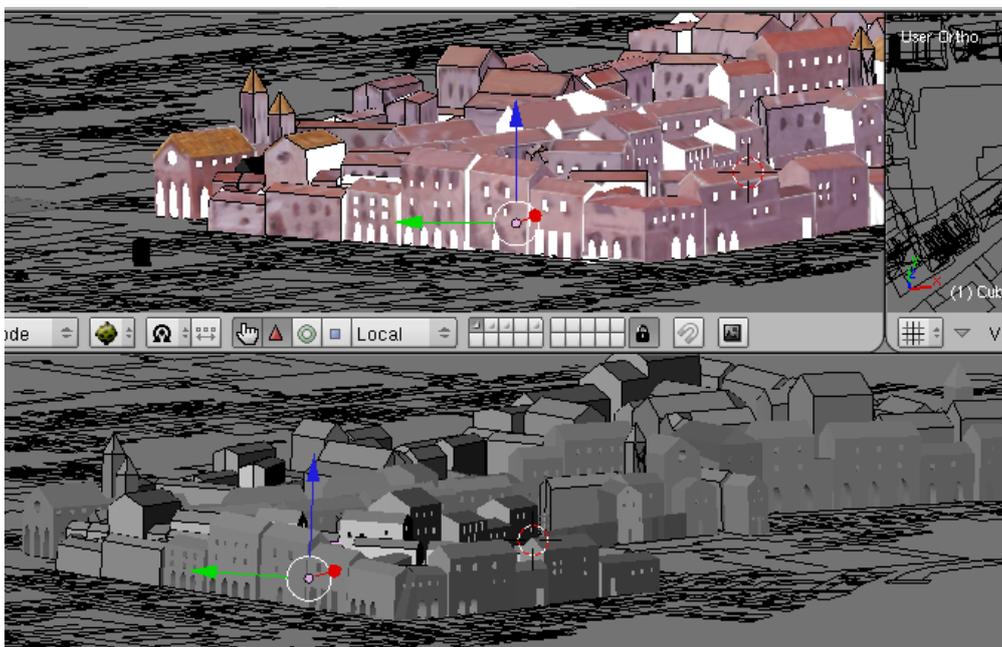


Figura 54 - Prima restituzione tridimensionale dell'area di porta Stiera

Ho compiuto tuttavia un ulteriore tentativo per cercare di ottimizzare questa metodologia applicando una tecnica nota nella Computer Grafica come *camera mapping*.

Questa tecnica è utilizzata generalmente per inserire elementi virtuali in immagini fotografiche reali. Il fulcro della metodologia consiste nel sovrapporre la camera virtuale che il software usa per fare il rendering alla posizione nella quale la camera reale ha prodotto l'immagine. Riproponendo quindi lo stesso punto di vista, il piano di modellazione coinciderà con il piano reale e sarà possibile modellare architetture virtuali ed inserirle, senza distorsioni, all'interno di uno spazio reale. In tal modo avrei potuto ovviare anche alle distorsioni dovute al raddrizzamento delle texture.

In questo caso però ho riscontrato un duplice problema: innanzitutto questa tecnica, estremamente utile in alcuni casi, ha lo svantaggio di vincolare il punto di vista virtuale a quello della camera reale. In sostanza, i movimenti della camera nello spazio virtuale sono limitati allo spostamento lineare in avanti e indietro senza possibilità di rotazione, in quanto annullerebbe l'allineamento della vista virtuale con quella reale.

Inoltre l'affresco non può essere assimilato ad una ripresa fotografica. Esso infatti non consta di un solo punto di rappresentazione, ma di almeno cinque⁵⁷; questa condizione, tipica delle restituzioni prospettiche cinquecentesche⁵⁸, può essere ricondotta alla difficoltà di raffigurare tutto il tessuto urbano bolognese partendo da un unico punto di riferimento.

Ho deciso dunque di utilizzare altri metodi per la modellazione e la resa tridimensionale degli edifici, cercando sempre di mantenere un equilibrio tra livello di dettaglio e peso informatico.

Una prima operazione è stata quella di individuare quegli elementi che avrebbero giocato un ruolo decisivo sul grado di dettaglio. Ho quindi analizzato nel particolare gli edifici presenti nell'affresco vaticano e identificato diverse tipologie raffigurate.

Una prima categoria, più semplice, è rappresentata dalle case poste in secondo piano; queste, poiché coperte da altri edifici, hanno definita solo la volumetria di massima, senza aperture.

⁵⁷ Ghizzoni M., *L'immagine di Bologna nella veduta vaticana del 1575*, cit., p. 160.

⁵⁸ Stroffolino D., *La città misurata. Tecniche e strumenti di rilevamento nei trattati a stampa del Cinquecento*, Roma, 1999, pp. 172-183.



Figura 55 - Veduta prospettica della città di Bologna: edifici definiti tramite semplice volumetria di base
(fonte: Musei Vaticani, Roma)

Una seconda categoria presenta porte e finestre, le quali possono essere di forma semplice (rettangolare), ogivali o con intelaiatura interna.

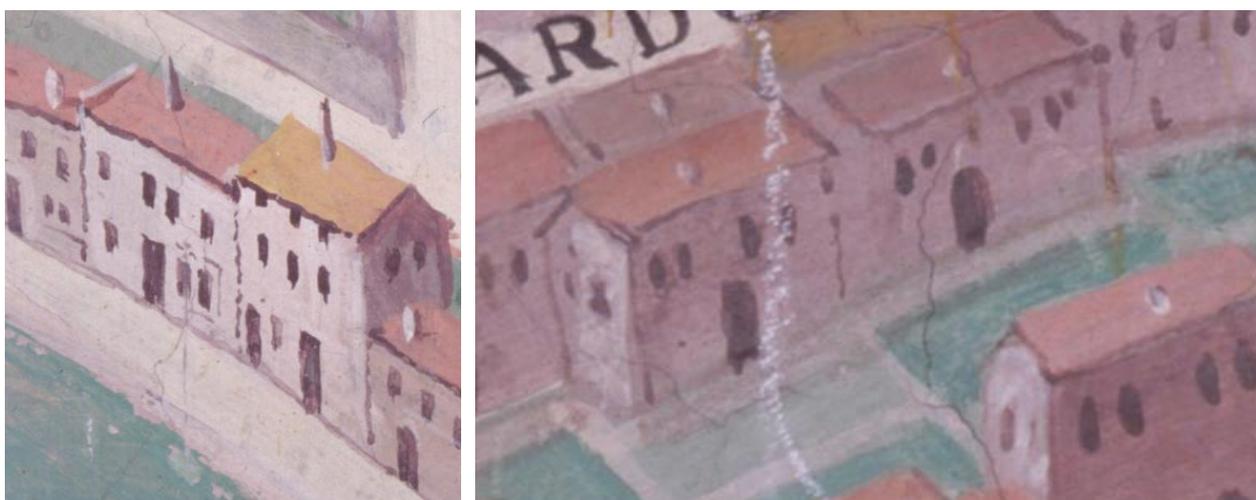


Figura 56 - Veduta prospettica della città di Bologna: definizione semplice di porte e finestre
(fonte: Musei Vaticani, Roma)



Figura 57 - Veduta prospettica della città di Bologna: definizione particolareggiata di finestre
(fonte: Musei Vaticani, Roma)

Un'altra categoria sono gli edifici muniti di portico, ovviamente molto diffusi, i quali si presentano sia in forma architravata semplice sia con archi a tutto sesto.



Figura 58 - Veduta prospettica della città di Bologna: definizione particolareggiata di portici architravati e a tutto sesto
(fonte: Musei Vaticani, Roma)



Figura 59 - Veduta prospettica della città di Bologna: particolare di portici architravati
(fonte: Musei Vaticani, Roma)

Un più elaborato gruppo (ma meno numeroso) presenta, oltre agli elementi citati, anche dettagli come marcapiani, decorazioni delle facciate o merli.



Figura 60 - Veduta prospettica della città di Bologna: Definizione degli elementi architettonici. Marcapiani
(fonte: Musei Vaticani, Roma)



Figura 61 - Veduta prospettica della città di Bologna: definizione degli elementi architettonici. Merli
(fonte: Musei Vaticani, Roma)

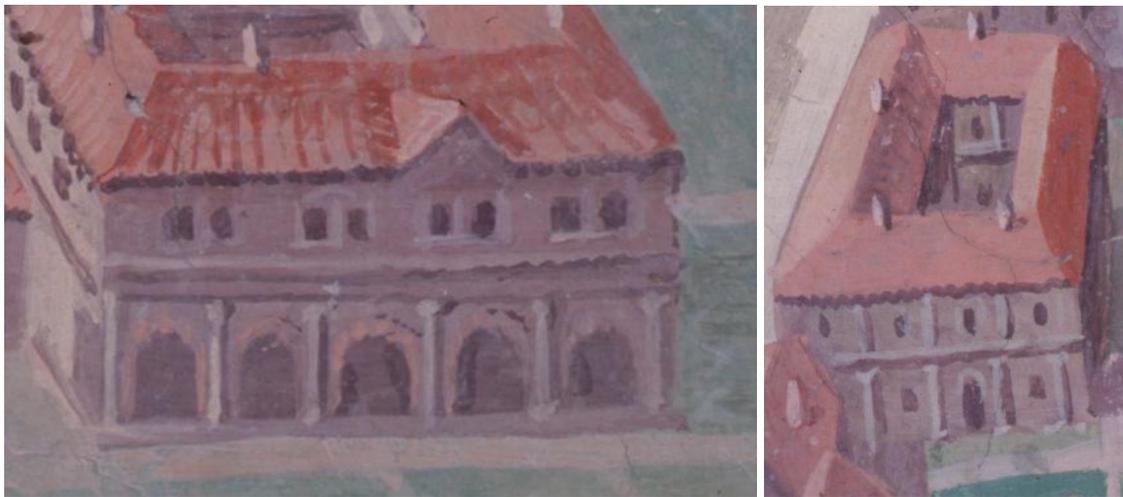


Figura 62 - Veduta prospettica della città di Bologna: Definizione degli elementi architettonici. Colonne
(fonte: Musei Vaticani, Roma)

Per elaborare dunque questi dettagli ho fatto ricorso in un primo momento alla modellazione delle singole aperture per ogni edificio; inizialmente ho sfruttato le operazioni booleane di sottrazione tra volumi, quasi subito abbandonate perché danno origine a mesh eccessivamente disordinate, che avrebbero potuto dare problemi in fase di testurizzazione. Quindi ho ricavato le aperture attraverso la tecnica della suddivisione dei poligoni: si creano dei tagli sulla geometria di partenza (generalmente un cubo) fino ad avere il profilo dell'apertura, che viene creata cancellando il poligono corrispondente. In questo modo la topologia rimane corretta, il risultato è buono ma il

modello si appesantisce, proprio per la necessità di una sua suddivisione. La previsione di peso finale dell'intero modello della città rischiava ancora una volta di eccedere.

Ho quindi optato per una ulteriore soluzione: modellare finestre, archi e portici con medio dettaglio per poi giustapporli alla facciata dell'edificio, così da prospettare la percezione dell'apertura senza la necessità di crearla realmente. Il risultato è parso un accettabile compromesso tra la definizione ed il peso prodotto ed è stato replicato per tutta la prima fase della modellazione, che ha interessato la parte occidentale della città, dalla chiesa di S. Maria delle Laudi fino a porta S. Felice.

Osservando il risultato su ampia scala ho notato altresì che l'effetto delle aperture avrebbe potuto essere migliorato nella sua percezione complessiva, la quale tendeva a rendere poco chiari i profili delle aperture se osservati da distanza non ravvicinata. Ho deciso quindi di riferirmi alla fonte stessa, la *Pianta prospettica*, per trarre spunto; l'obiettivo della modellazione risiede infatti nel riproporre non tanto un modello di Bologna nel tardo Cinquecento quanto *quel* modello specifico raffigurato nell'affresco voluto da Gregorio XIII. Da qui la conclusione di uniformarmi alla tipologia di rappresentazione della fonte creando aperture che, come le precedenti, si giustapponessero ai prospetti edilizi ma con l'aggiunta di un materiale scuro al posto della naturale cavità per simularne ulteriormente la profondità prospettica.

In questo modo la percezione migliora notevolmente anche a grande distanza, la rappresentazione è molto più vicina all'affresco vaticano e consente anche un risparmio di poligoni alleggerendo il modello finale.

La modellazione è in seguito proseguita per isolati attraverso un raffronto continuo tra la topografia del catasto pontificio e le immagini dell'affresco. Ho completato dapprima le zone centrali spostandomi via via sempre più verso i confini della *Circla*.

La modellazione si è strettamente attenuta a ciò che è presente nella *Veduta vaticana* ed a come è stato raffigurato. Questo significa che volutamente non sono stati aggiunti particolari come porte, portici o finestre nei punti non visibili sull'affresco (ad esempio il retro degli edifici). È verosimile ovviamente pensare che tali dettagli fossero presenti, ma non conoscendo né il numero né la posizione ci si è voluti adeguare unicamente alla fonte. Non è escluso che in futuro si possa pensare ad un completamento in questo senso, a patto che si trovi una forma per comunicare chiaramente la distinzione tra gli elementi certi e quelli invece solamente supposti.

Allo stesso modo sono state trattate le “imperfezioni” conosciute e documentate presenti nella mappa⁵⁹: S. Petronio (che nella *Pianta prospettica vaticana* appare terminato in facciata), palazzo Fantuzzi, casa Isolani o palazzo Grassi non sono stati corretti, ma è stata riportata la situazione documentata nell’affresco. Questi “errori”, voluti o meno, hanno acquisito nei secoli una valenza storica che esige di essere documentata.

⁵⁹ Ghizzoni M., *L’immagine di Bologna nella veduta vaticana del 1575*, cit., pp. 157-158; Ceccarelli F., *Lorenzo Sabbatini*, cit., pp. 104-109.

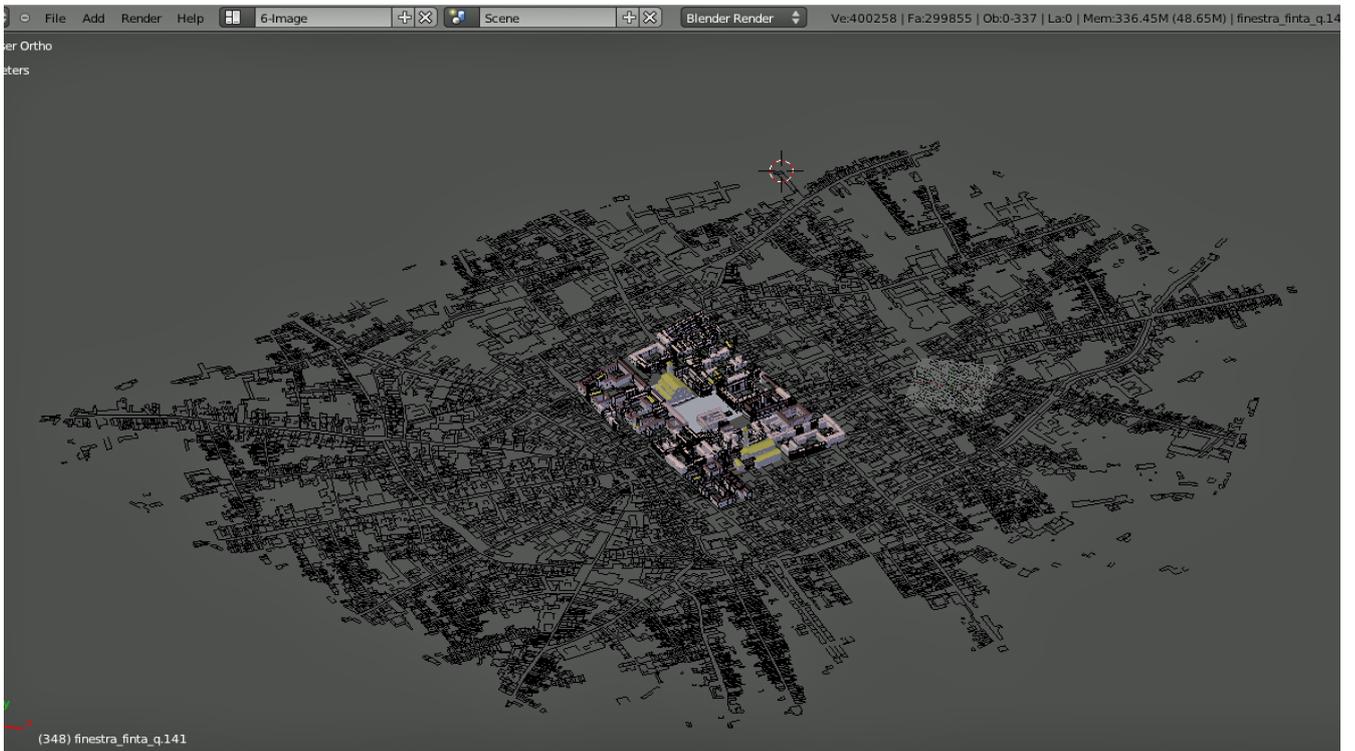


Figura 63 - Importazione del catasto pontificio e modellazione del tessuto urbano di Bologna: fase 1

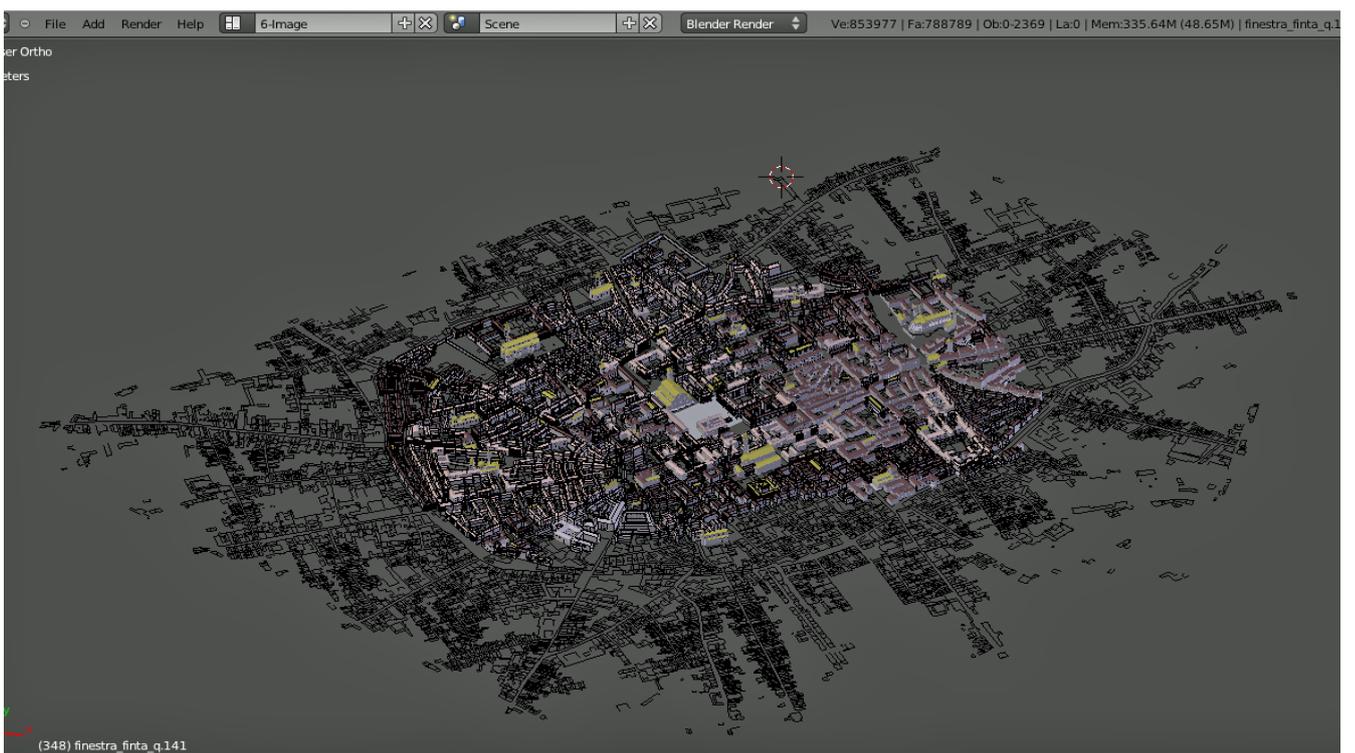


Figura 64 - Importazione del catasto pontificio e modellazione del tessuto urbano di Bologna: fase 2

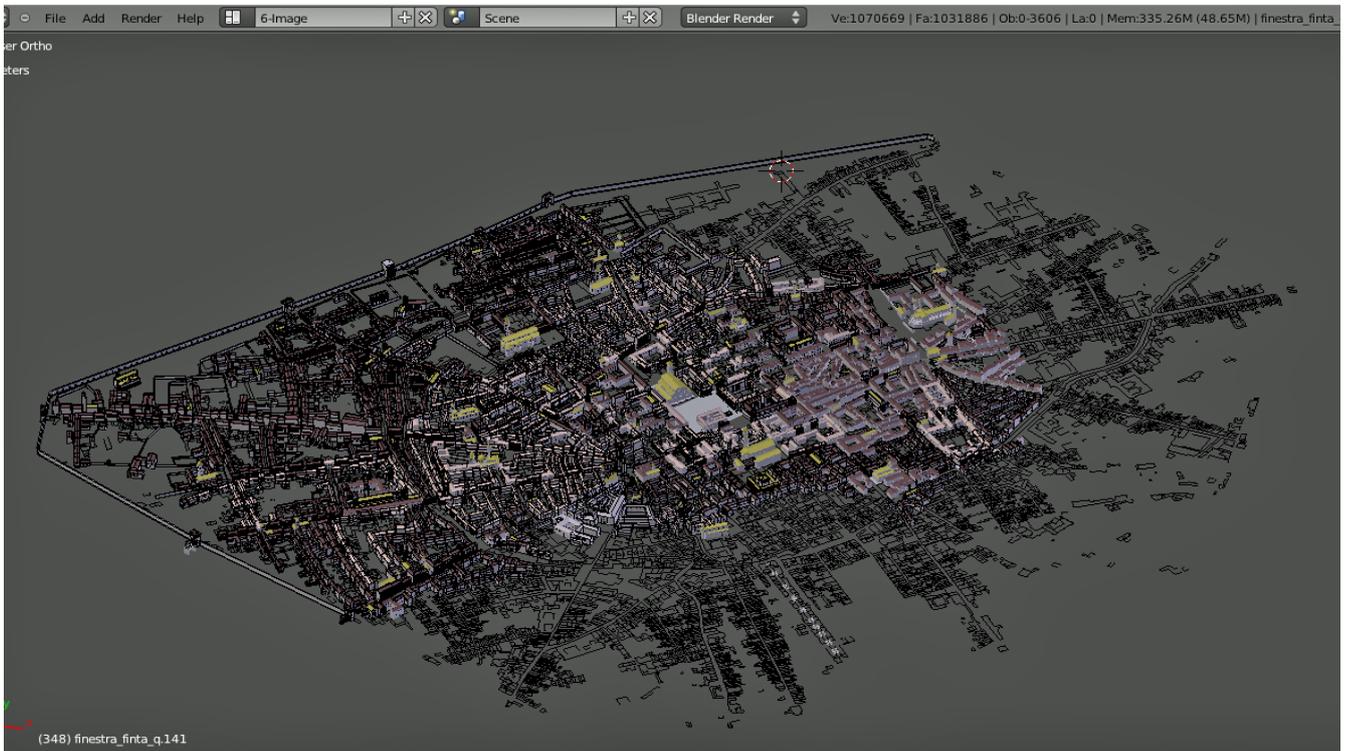


Figura 65 - Importazione del catasto pontificio e modellazione del tessuto urbano di Bologna: fase 3

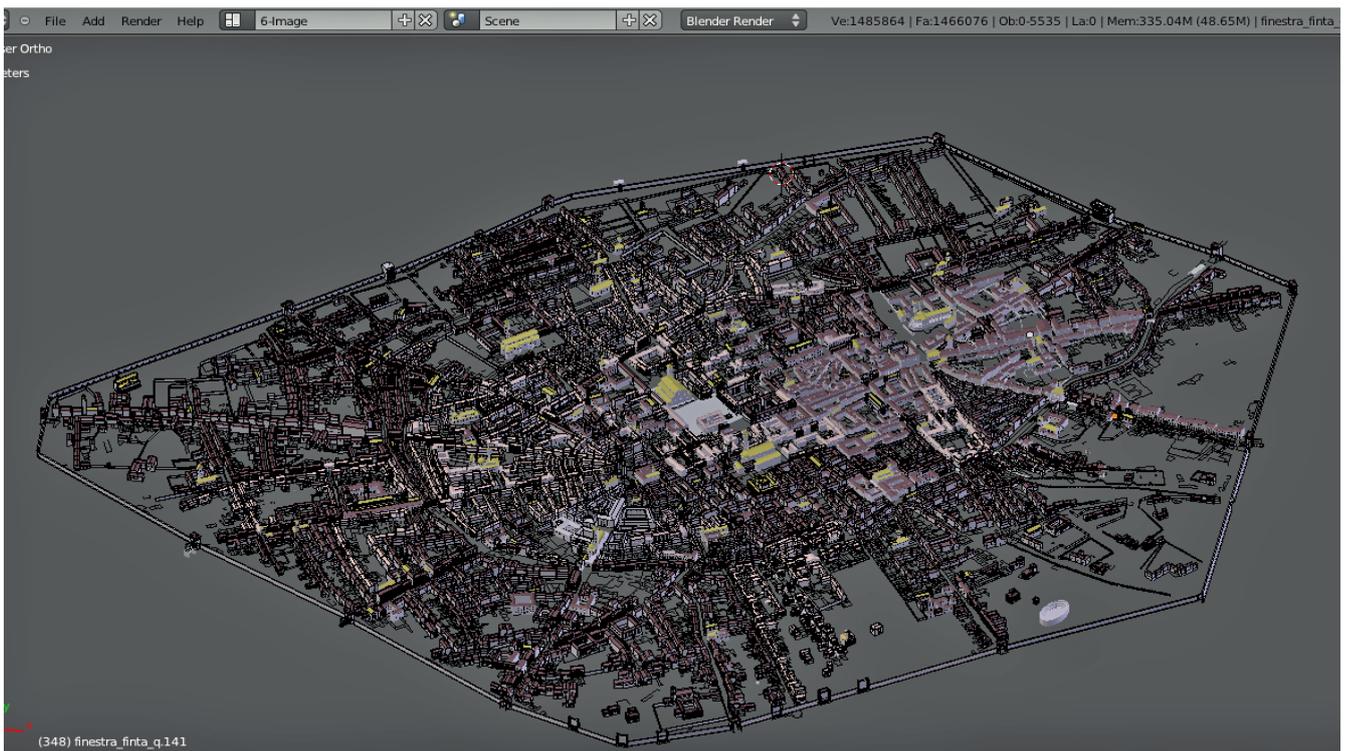


Figura 66 - Importazione del catasto pontificio e modellazione del tessuto urbano di Bologna: fase 4

3.4. La definizione dei materiali

Una fase parallela a quella della modellazione è stata quella della creazione dei materiali e delle textures da assegnare agli edifici. Abbandonata l'ipotesi di una testurizzazione usando i fronti stessi degli edifici a causa della molte distorsioni prodotte sono passato alla creazione di materiali specifici sempre utilizzando Blender.

Come riferimento anche in questo caso ho utilizzato la pianta stessa, individuando delle macro categorie di materiali. In questo modo è sufficiente apportare modifiche al materiale creato per vederle applicate istantaneamente a tutti gli elementi ai quali esso è assegnato.

Ho realizzato quindi quattro materiali seguendo la distinzione tra:

- Corpo degli edifici civili e ecclesiastici, che presentano una variazione chiara tendente ad un pallido rosa.
- Tetto degli edifici civili, che presentano una dominante più scura con variazione sul viola.
- Tetto degli edifici ecclesiastici con il caratteristico oro voluto da Gregorio XIII.
- Le ombre interne, vale a dire un materiale scuro per quelle parti di finestre, porte e portici volte a simulare una apertura.

Le operazioni di creazione di materiali hanno visto innanzitutto il campionamento di aree caratteristiche sulle immagini dell'affresco per ciascuno dei materiali attraverso l'uso di Photoshop. Poi questi campioni sono stati trattati, sempre attraverso il fotoritocco, così da renderli senza giunzioni (questa operazione è stata fatta in The Gimp attraverso uno speciale filtro). In questo modo le immagini prive di giunzioni possono essere utilizzate in maniera procedurale senza preoccuparsi delle loro dimensioni in rapporto alla grandezza delle superfici sulle quali vengono applicate.

Un ulteriore trattamento compiuto con Photoshop ha visto l'applicazione di filtri e mappe alpha per simulare le imperfezioni dello strato pittorico e del supporto murario così da rendere meno plastico l'effetto finale.

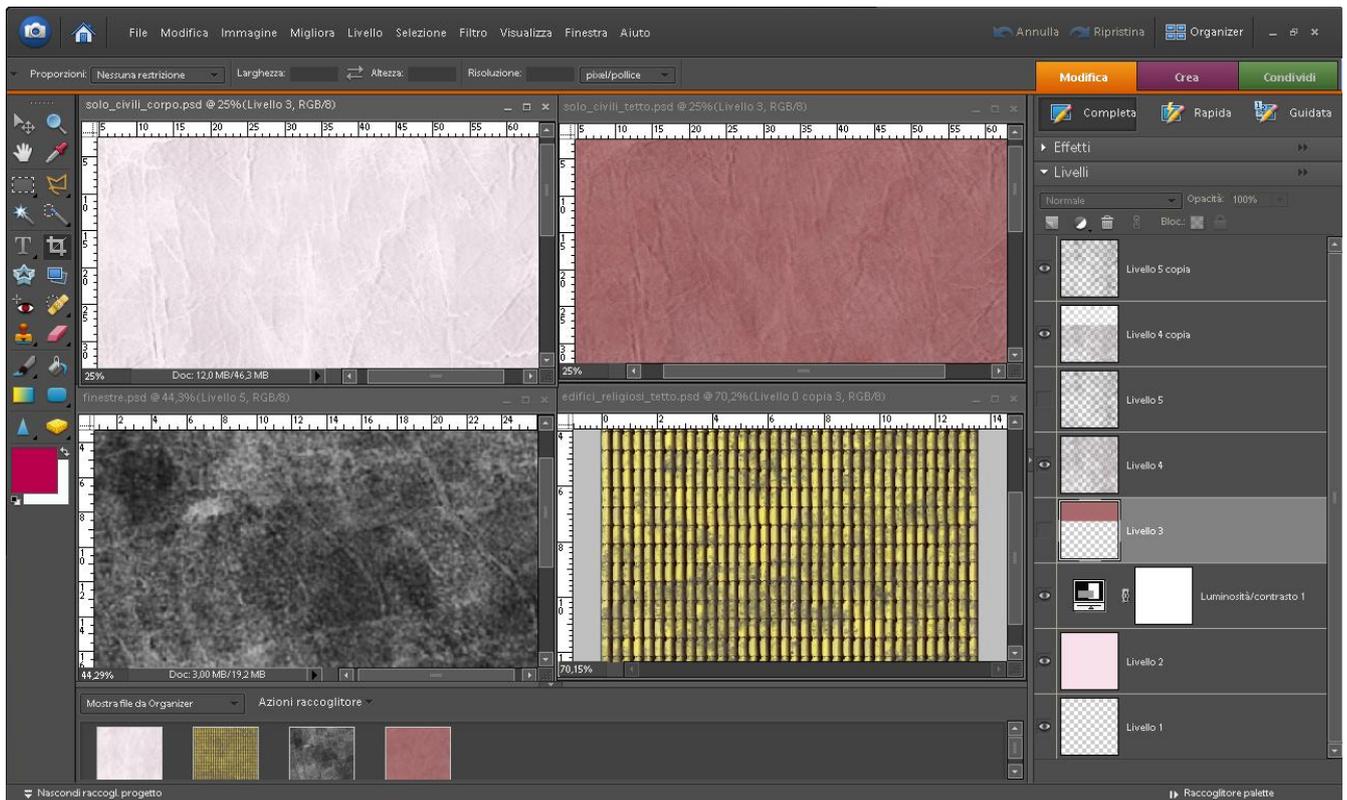


Figura 67 - Campionamento delle texture in Photoshop

I materiali veri e propri sono stati realizzati in Blender seguendo la suddivisione sopraelencata. Ad ogni materiale è stata aggiunta la texture corrispondente mappata sul canale *diffuse*.

Per aggiungere dettaglio e simulare maggiormente l'effetto materico dato dalla granulosità del muro è stata applicata una mappa *bump* al canale delle normali così da aumentare l'effetto di realismo e di aderenza alla superficie dell'affresco.

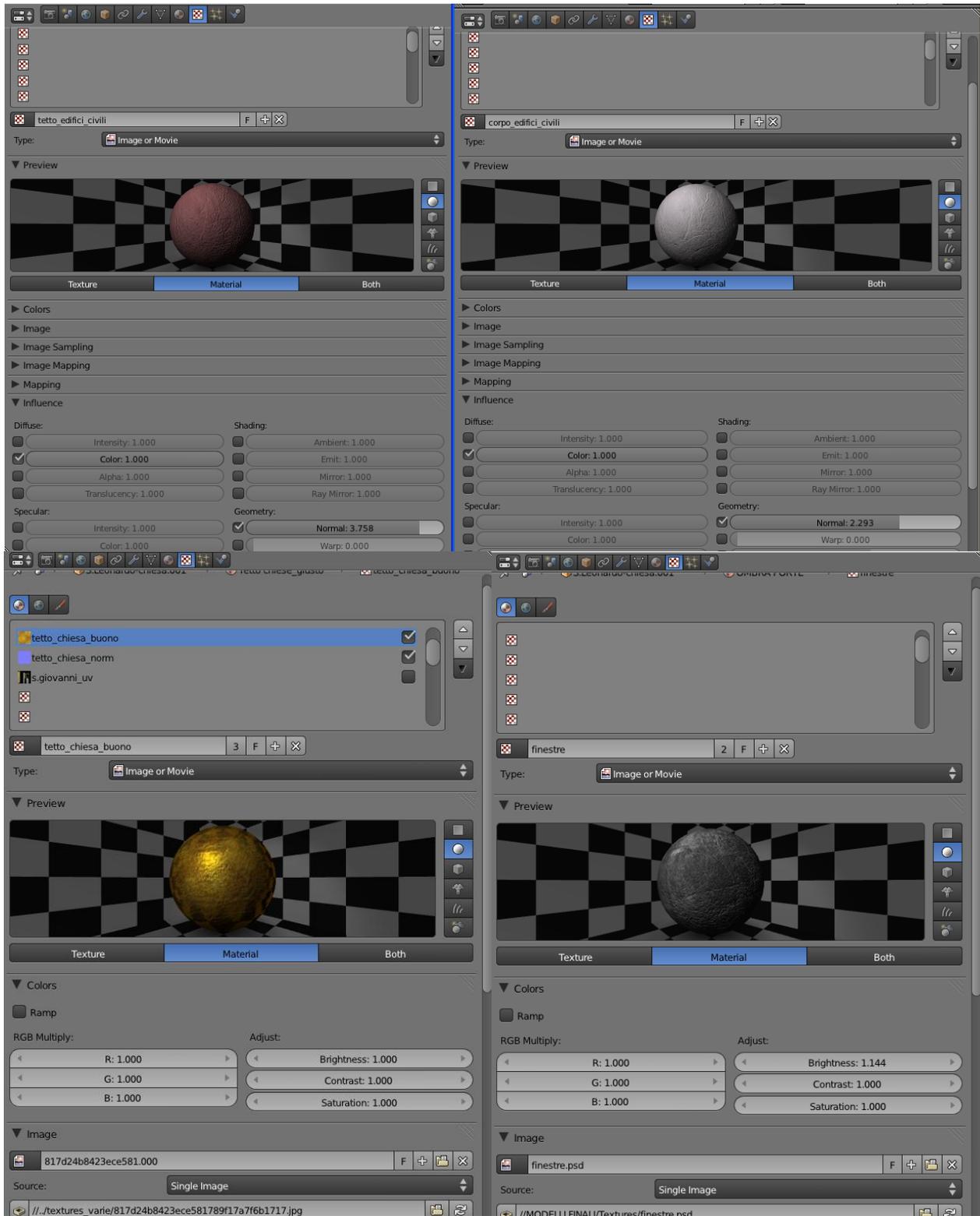


Figura 68 - Definizione dei materiali in Blender

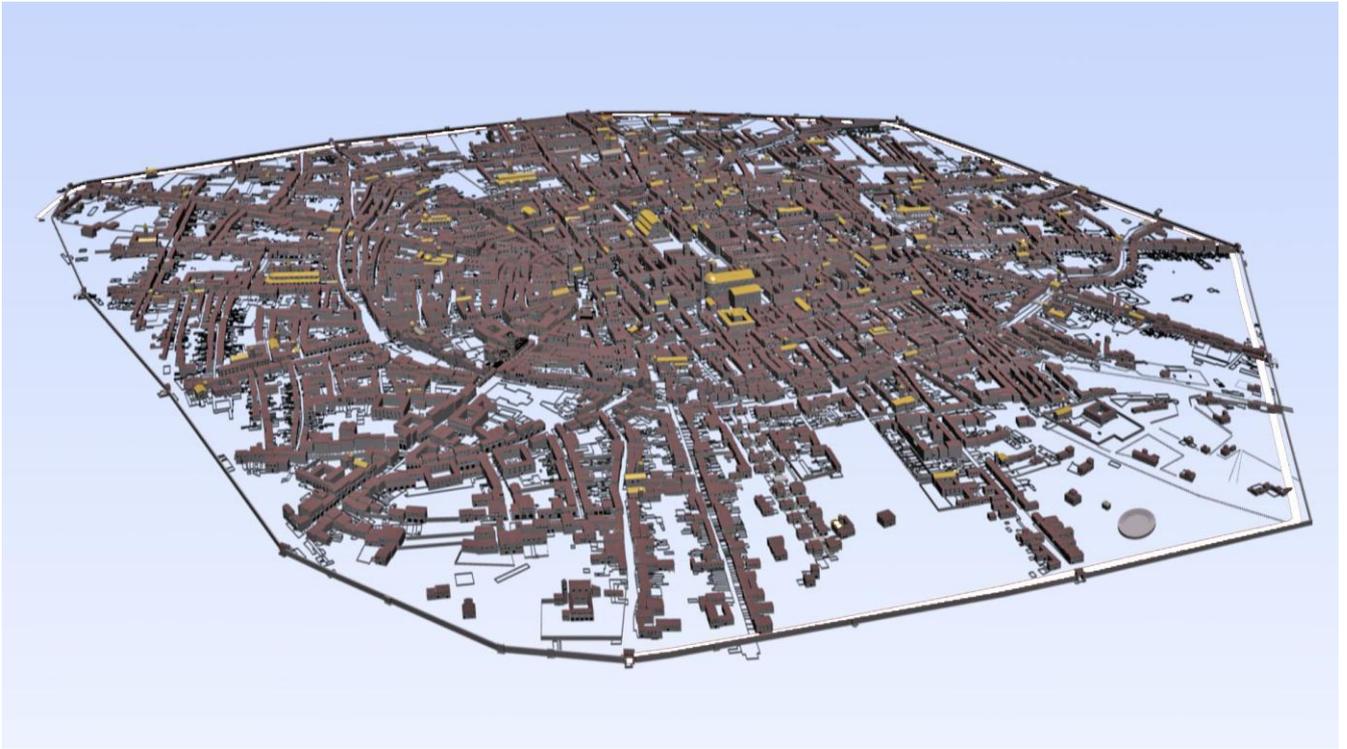


Figura 69 - Modellazione 3D della superficie urbana di Bologna

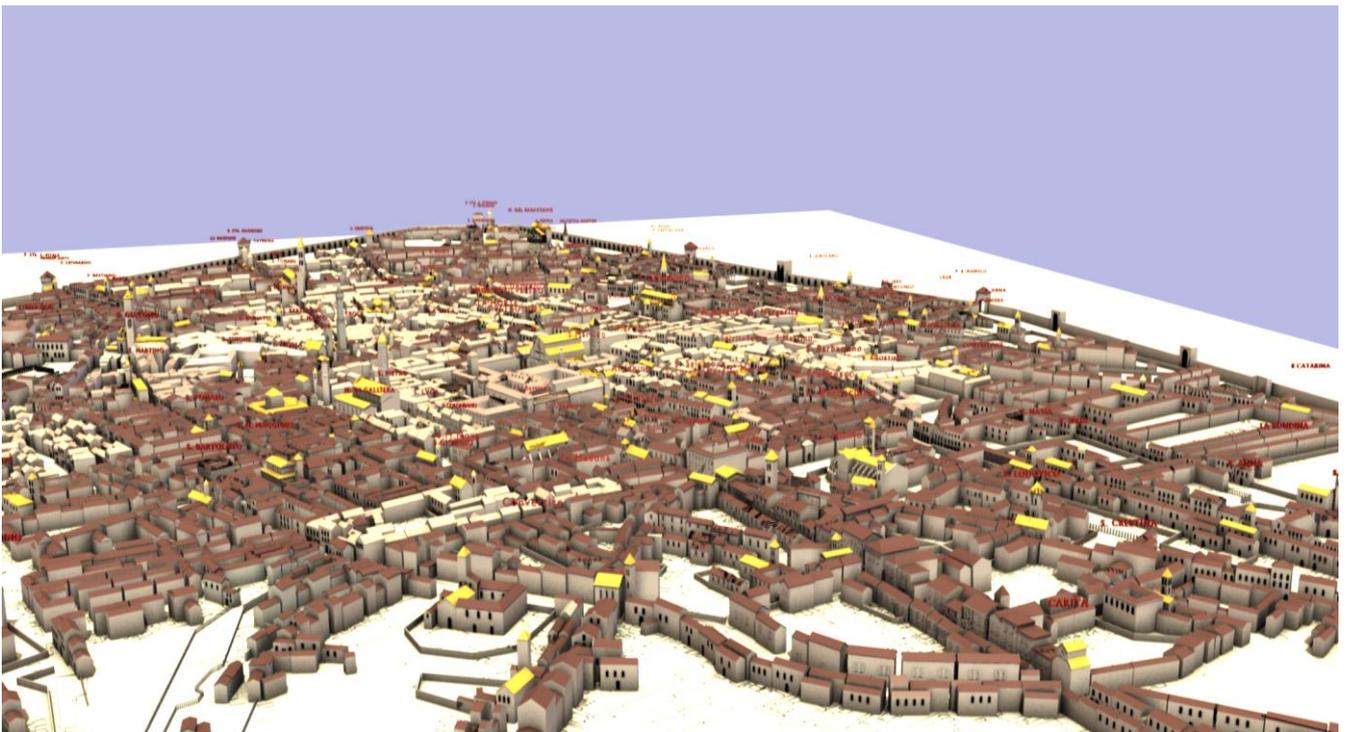


Figura 70 - Modellazione 3D di Bologna: veduta da nord-ovest

3.5. Il terreno: modellazione

Una fase particolarmente difficile del processo di modellazione è stata quella riguardante la creazione del terreno.

Inizialmente la modellazione intera della città poggiava su di una semplice superficie piana così da agevolare il confronto con il file vettoriale del catasto pontificio. Una volta terminata la fase di creazione delle architetture, è effettivamente sorta la questione sulle modalità per contestualizzare al meglio la città virtuale in rapporto al proprio territorio circostante.

Fondamentali per questa fase e per la successiva riguardante il controllo delle altezze medie degli edifici sono stati una serie di incontri svolti presso il “Centro Fasoli per la Storia delle Città⁶⁰”. Nello specifico caso del terreno si è infatti optato per la creazione di un modello da dati reali. L’affresco vaticano presenta un terreno non certamente reale anche se con la disposizione prospettica degli edifici si è cercato di rendere il dislivello che corre da sud a nord per un totale di circa 33 metri di differenza.

Per il terreno virtuale si è invece partiti da dati geografici, a disposizione del Comune di Bologna, trattati successivamente all’interno di un GIS⁶¹. Partendo da una serie di punti quotati è stato creato un TIN, ossia un modello tridimensionale del terreno. Lo stesso terreno è stato poi esportato in formato COLLADA per essere quindi importato in Blender.

Per garantire la corretta corrispondenza geografica tra il terreno ed il posizionamento della città è stato aggiunto in esportazione dal GIS anche il vettoriale del catasto pontificio. Questo è stato reso necessario dal fatto che i programmi di modellazione tridimensionale come Blender non dispongono di strumenti per il posizionamento georiferito degli oggetti. È quindi necessario riferirsi alle coordinate spaziali relative (che ruotano attorno al centro di coordinate cartesiane 0,0,0) sulle quali è incentrato lo spazio virtuale.

Una volta in Blender è bastato sovrapporre il terreno ed il catasto ad esso associato al catasto usato come base della modellazione. La sovrapposizione è avvenuta facendo coincidere in maniera

⁶⁰ <<http://www.centrofasoli.unibo.it>> [Ultimo accesso: marzo 2012]; a tale proposito vanno i miei più sentiti ringraziamenti alla prof.ssa Francesca Bocchi, alla prof.ssa Rosa Smurra, all’ing. Elisa Paselli, all’ing. Fernando Lugli e all’arch. Carlo De Angelis per gli importanti consigli che hanno portato a fondamentali miglioramenti e correzioni del modello finale.

⁶¹ Il pacchetto Gis usato è ArcGIS 10 in una versione demo.

automatica il centro dei catasti. In questo modo la modellazione tridimensionale poggia sul reale modello 3D del terreno derivato da dati geografici.

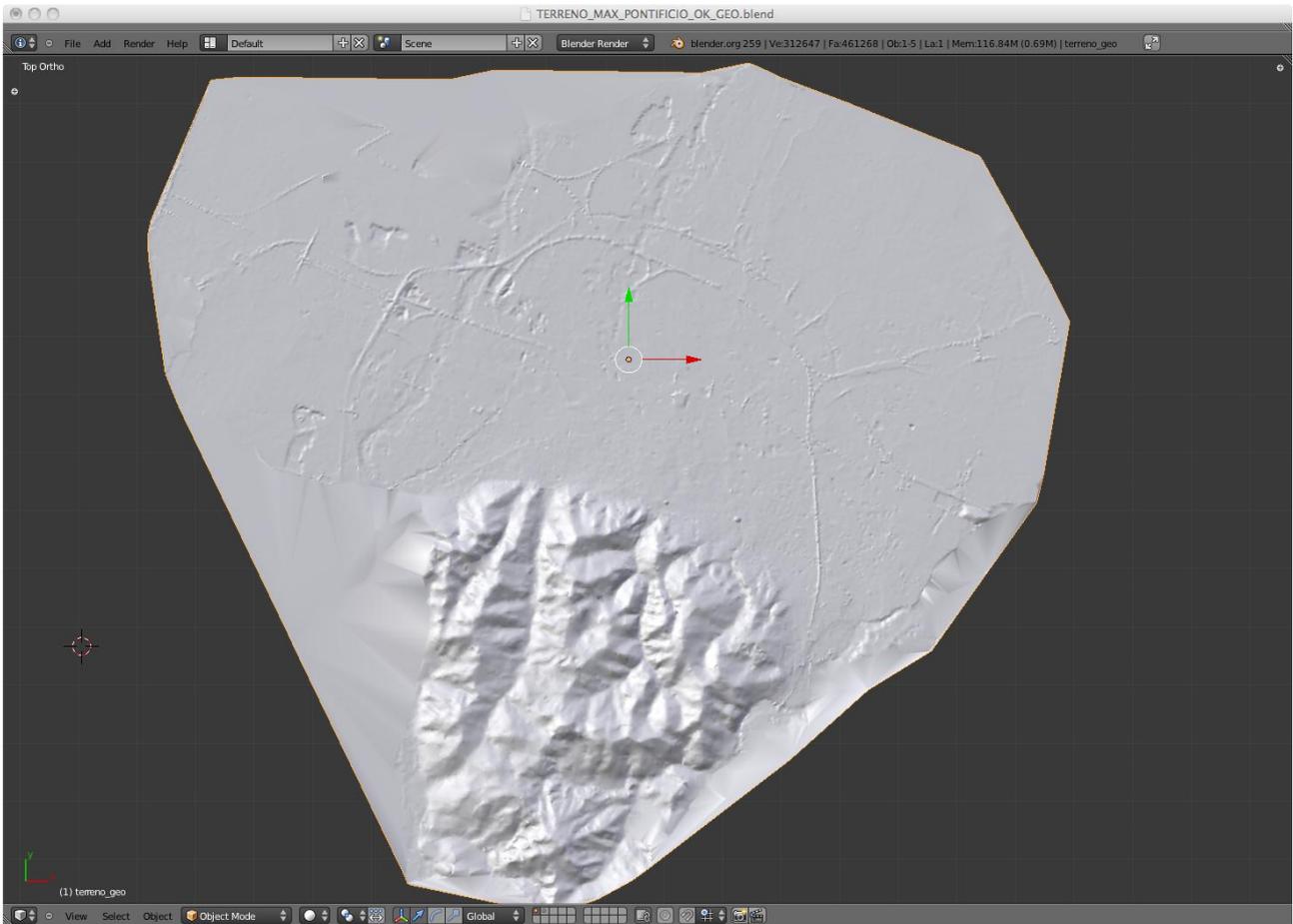


Figura 73 - Il terreno 3D basato su reali dati altimetrici

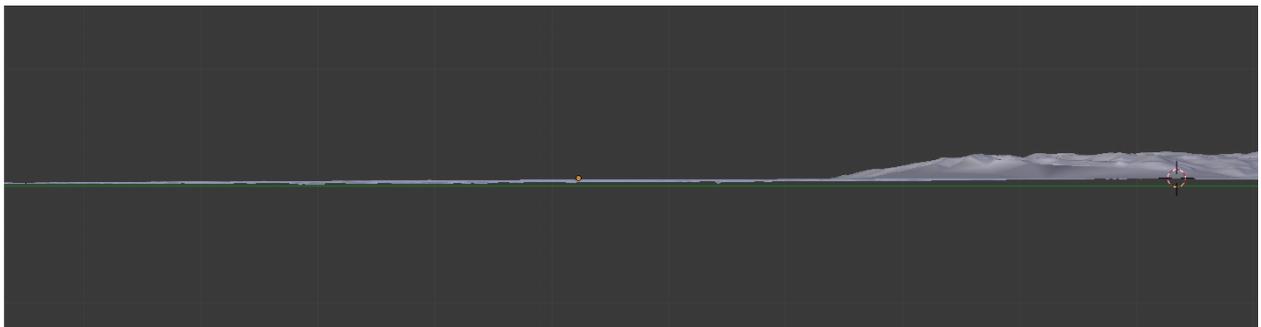


Figura 74 - Vista laterale del terreno 3D: seguendo l'asse Y di Blender (verde) si può scorgere accennato il dislivello verso la parte meridionale

3.6. Il terreno: testurizzazione

La testurizzazione del terreno ha seguito modalità simili a quelle usate per la creazione dei materiali architettonici.

Le aree verdi descritte nella *Pianta vaticana* rivestono un ruolo importante nella rappresentazione del territorio di Bologna interno alle mura e sono caratterizzate in maniera piuttosto approfondita attraverso la definizione di varie tipologie (come cortili, aree ortive, l'area presso la darsena) e attraverso diverse campiture di colore.

Per ottenere una resa affine a quella dell'affresco sono state campionate cinque aree a differente resa cromatica e, analogamente a quanto evidenziato in precedenza, sono state trattate per renderle senza giunzioni.

Attraverso Blender ho suddiviso poi l'intero terreno per poterne gestire meglio e ad una maggiore risoluzione le immagini UV su cui tracciare le aree verdi. L'intento infatti era quello di creare molteplici mappe UV su cui utilizzare in modalità *texture painting* le diverse texture campionate. Dividendo il terreno si riesce infatti ad ottenere una serie di mappe 1024x1024 px che permettono di arrivare a tracciare anche i sentieri di divisione delle aree interne agli isolati.



Figura 75 - Veduta prospettica della città di Bologna: la palazzina della Viola
(Fonte: Musei Vaticani, Roma)



Figura 76 - Modellazione 3D di Bologna: resa tridimensionale della palazzina della Viola



Figura 77 - Modellazione 3D di Bologna: al centro dell'immagine la torre degli Asinelli e la Garisenda



Figura 78 - Modellazione 3D di Bologna: canale delle Moline



Figura 79 - Modellazione 3D di Bologna: canale delle Moline



Figura 80 - Modellazione 3D di Bologna: canale delle Moline



Figura 81 - Modellazione 3D di Bologna: San Petronio



Figura 82 - Modellazione 3D di Bologna: strada S. Donato (oggi via Zamboni) con focus su S. Giacomo Maggiore

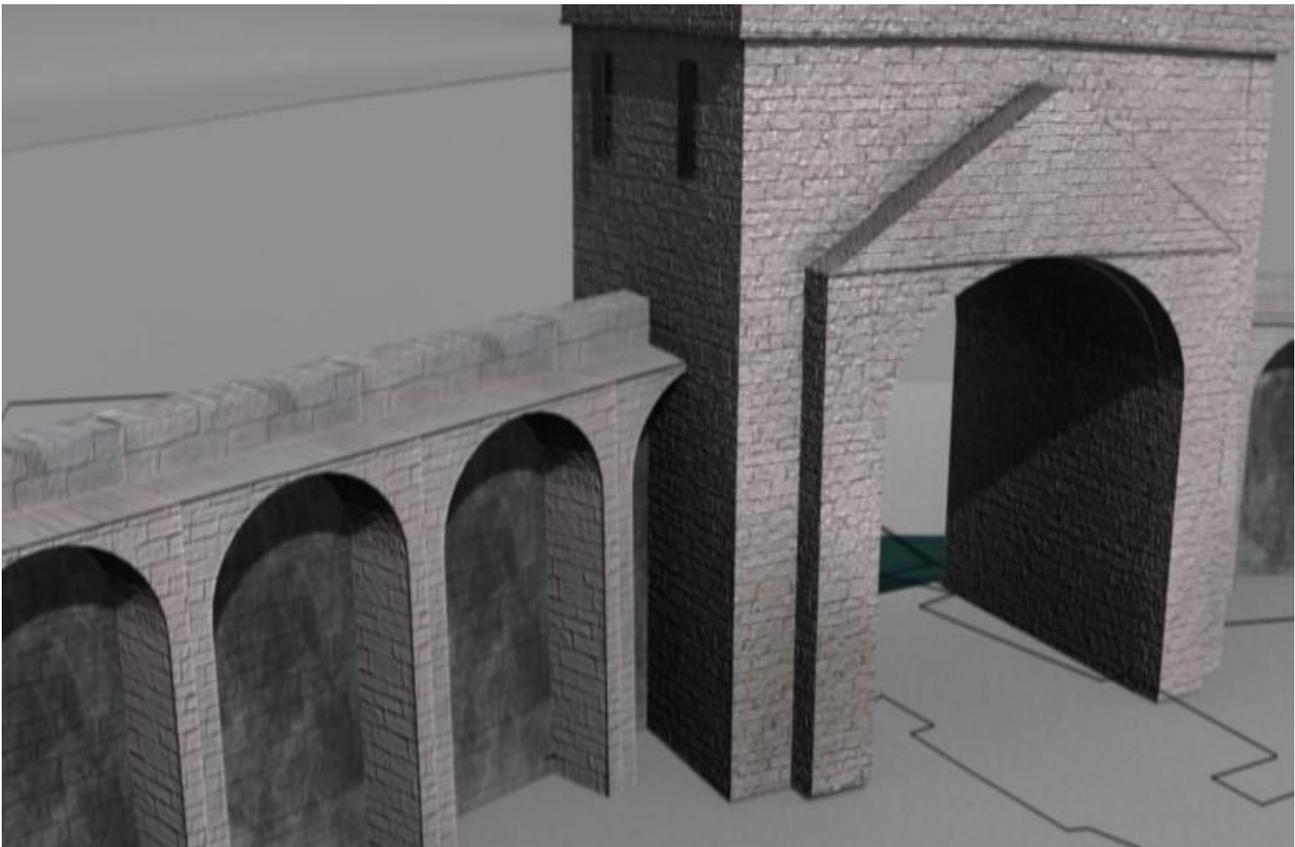


Figura 83 - Modellazione 3D di Bologna: particolare della *Circla*



Figura 84 - Modellazione 3D di Bologna: particolare della *Circla*

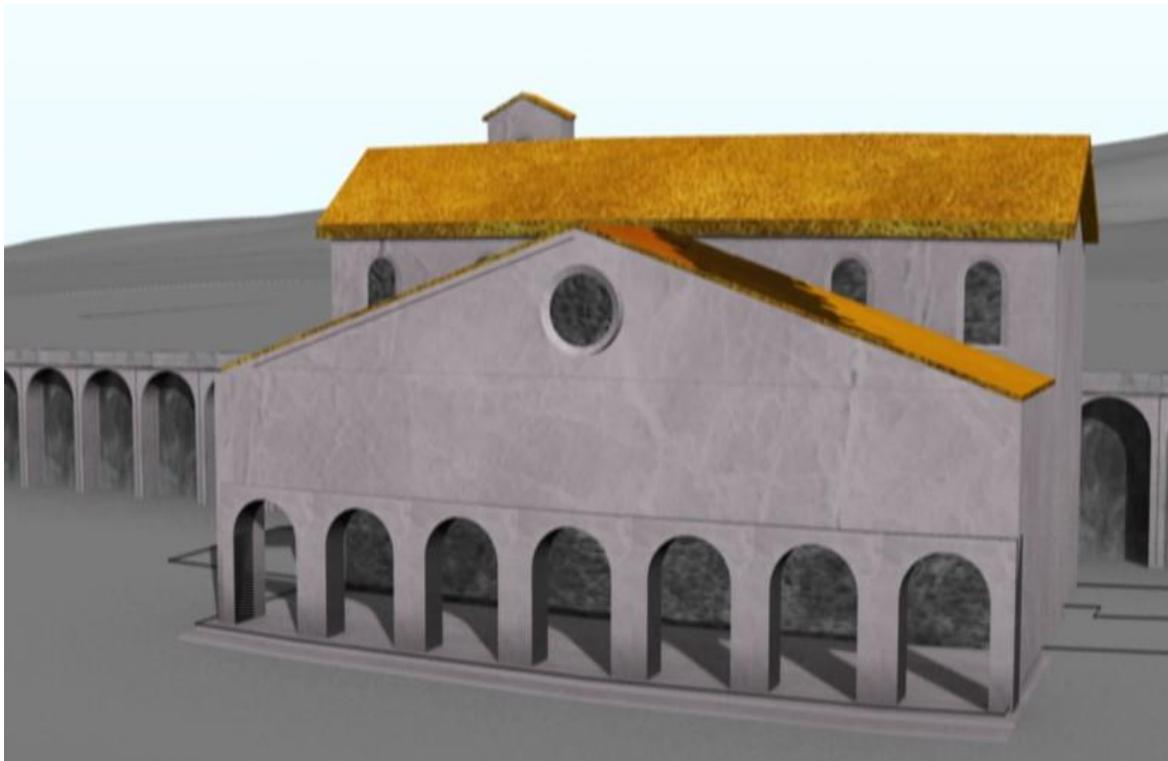


Figura 85 - Modellazione 3D di Bologna: S. Maria del Baraccano

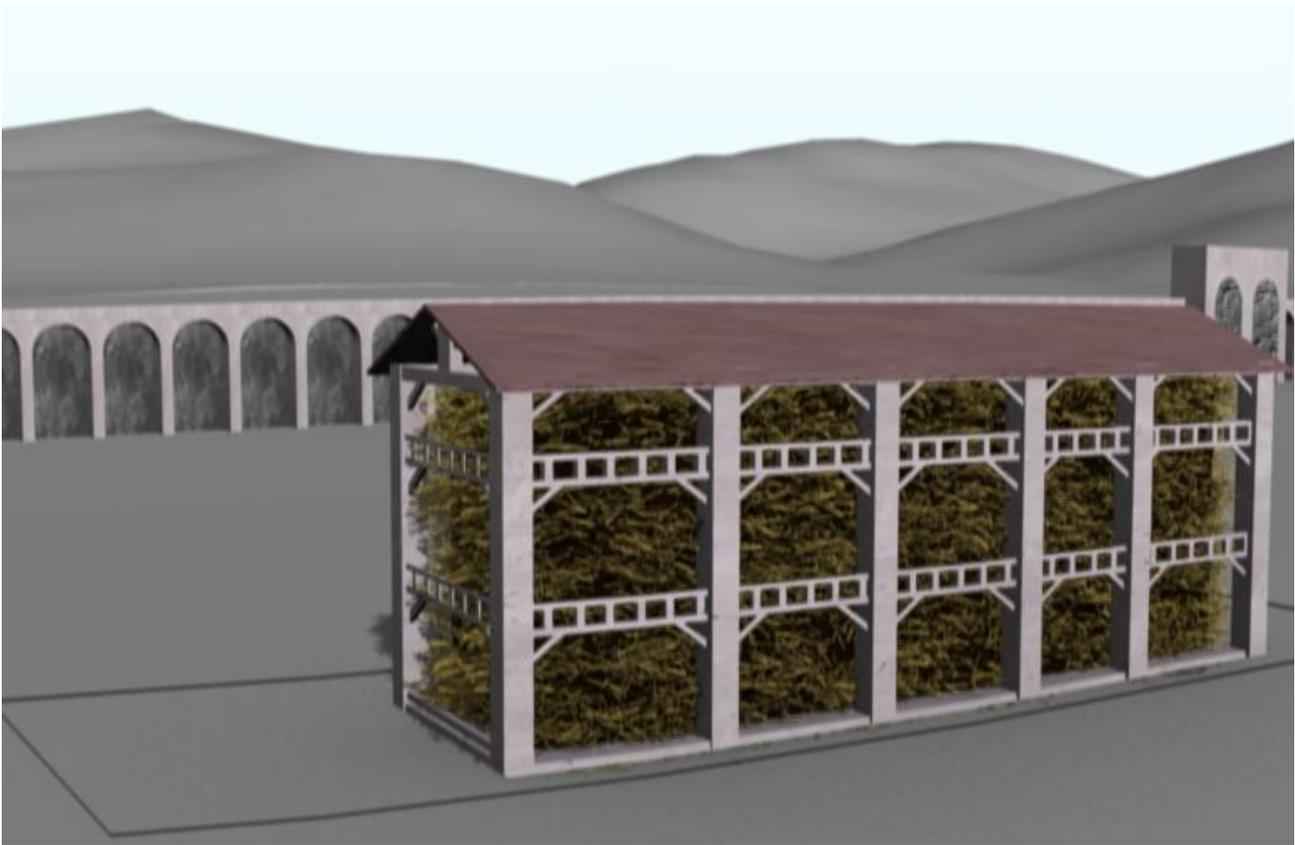


Figura 86 - Modellazione 3D di Bologna: struttura probabilmente adibita a magazzino situato nella parte meridionale vicino al convento di S. Domenico



Figura 87 - Modellazione 3D di Bologna: rendering dei mulini con motore *unbiased* esterno (Lux Render)

3.7. Il confronto con i dati GIS: la compensazione delle altezze

Determinare l'altezza degli edifici dipinti nella *Veduta vaticana* è stato uno degli aspetti più difficili del procedimento di modellazione. La mappa infatti presenta una raffigurazione sicuramente proporzionata ma non si può considerare come una vera e propria rappresentazione in scala affidabile. Per di più, come accennato nel capitolo precedente, non vi è un solo punto di vista dal quale vennero eseguiti i rilevamenti ma almeno cinque; quindi, nonostante nel complesso non vi sia un uso eccessivo della rappresentazione fuori scala, difficilmente dalla rappresentazione assonometrica della veduta è possibile estrapolare valori altimetrici esatti per i singoli edifici.

Inizialmente per la modellazione degli elevati mi sono quindi basato soprattutto sulle proporzioni lineari che potevo trarre dal file vettoriale del catasto pontificio. Questo infatti, frutto di rilevazione geometrica, presenta misure affidabili alle quali ho potuto fare riferimento per sviluppare approssimativamente le architetture in altezza.

Nel corso di un incontro presso gli spazi-laboratorio *Unibox* dell'Università di Bologna, all'interno della biblioteca Salaborsa di Bologna, e successivamente anche presso il centro "Gina Fasoli per lo Storia delle Città", venne il suggerimento dall'ing. Paselli e dall'ing. Lugli di cercare delle corrispondenze con architetture ancora presenti per avere a disposizione una serie di confronti utili ad una migliore e più precisa definizione delle altezze medie. Il punto di partenza per questo confronto è stato il file GIS della CTC del comune di Bologna. In questo file è infatti riportata graficamente la topografia urbanistica di Bologna insieme alle quote assolute misurate al suolo e alla gronda, nonché l'altezza dell'edificio. Per trovare edifici che potessero essere usati a campione per il confronto delle altezze ho cercato di individuare quelle architetture presenti nella *Veduta vaticana* e ancora oggi presenti, escludendo quelle che dalla fine del XVI secolo in avanti abbiano subito sostanziali modificazioni o addirittura siano state completamente ricostruite. Dopo aver attentamente valutato, ho scelto un campione di più di trenta elementi cercando di non privilegiare una zona particolare ma di avere il campione il più possibile sparso su tutto il territorio rappresentato; in questo modo gli edifici di altezza certa possono fungere da riferimento per le architetture circostanti.

Gli edifici scelti sono nello specifico:

- Torre Asinelli.
- Torre Garisenda.

- Gli edifici principali che si affacciano su Piazza Maggiore e Piazza del Nettuno, come Palazzo del Podestà, Palazzo d'Accursio, Palazzo dei Notai, S. Petronio, Palazzo di Re Enzo.
- La chiesa di S. Salvatore.
- S. Maria del Baraccano (considerando solo il corpo principale, senza la cupola settecentesca).
- Il voltone bentivolesco che porta a S. Maria del Baraccano su via S. Stefano.
- Il complesso di S. Stefano.
- Il complesso di S. Giovanni in Monte.
- Il complesso di S. Maria dei Servi con annesso portico.
- Torresotti di via Castiglione e Porta Nova.
- La chiesa di S. Giacomo Maggiore.
- S. Martino Maggiore.
- Palazzo Ghisilieri (nella parte rimanente).
- S. Maria delle Laudi su piazza Malpighi.
- Il complesso di S. Francesco.
- Palazzo Pepoli.
- La chiesa di S. Donato.
- Palazzo dei Banchi.
- Il complesso dell'Archiginnasio.
- Palazzo Vizzani.
- Alcuni dei palazzi senatori su strada S. Donato: palazzo Malvezzi de' Medici, palazzo Malvezzi-Campeggi, palazzo Salaroli.
- Porta Castiglione, porta S. Felice, porta Mascarella, porta S. Donato.

- La cortina muraria della *Circla*⁶².

Confrontando i dati raccolti per gli edifici sopracitati con i relativi modelli tridimensionali ho riscontrato delle discrepanze in punti determinati del modello virtuale: se infatti nella parte centrale della città, attorno a Piazza Maggiore e nella parte settentrionale i dati sostanzialmente mantengono una buona aderenza ai valori reali, nella parte meridionale -e più lontana dall'occhio dell'osservatore anche nell'affresco- si era verificato un ingrandimento progressivo degli edifici virtuali arrivando in certi casi anche a quasi tre volte il valore reale.

Avere a disposizione edifici con altezza certa per tutte le zone mi ha permesso pertanto di proporzionare progressivamente anche tutti quegli edifici sulla cui altezza non si possono avere dati certi.

Al termine del confronto e del successivo ridimensionamento delle strutture fuori scala è stato prodotto un modello scalato non solo nelle sue due dimensioni lineari ma anche nelle elevazioni. Rimane comunque da sottolineare che il dato altimetrico desunto in questo modo è più proporzionale che geometrico pur essendo livellato sulle altezze medie di un campione distribuito di edifici di altezza certa e pur avendo perfezionato molto la correttezza della resa finale del modello tridimensionale.

⁶² Finelli A., *Bologna ai tempi che vi soggiornò Dante e l'ultima cerchia murata*, Bologna, 1929, p. 97.

CAPITOLO IV

CAPITOLO IV –

Analisi della *Veduta vaticana* e utilizzo del modello virtuale per la ricerca e l'*edutainment*

4.1. L'analisi del tessuto urbano di Bologna sul finire del XVI secolo: alcuni dati ricavati dalla *Veduta vaticana*

La *Veduta vaticana* si presenta come una rappresentazione particolareggiata del tessuto urbano di Bologna alla fine del Cinquecento. Come si è detto, in essa sono rappresentati con dettaglio i singoli edifici civili, le chiese ed i monasteri, i palazzi pubblici, i grandi palazzi senatori che proprio nel corso del XVI secolo cominciano a popolare alcune zone della città⁶³, nonché la piazza del Nettuno e il porto entro le mura.

Ma cosa si può leggere nella mappa della Bologna cinquecentesca? Cosa ci può essa raccontare oltre a mostrarci a colpo d'occhio le grandi proporzioni e la magnificenza di una grande città del suo tempo? Per rispondere a questi interrogativi è necessario trattare la *Veduta vaticana* di Bologna come fonte storica, ossia bisogna analizzarla, scomporla nei suoi elementi, metterla a confronto con altri documenti che ne possano mettere in luce analogie e differenze, per sottolineare tanto quello che è presente quanto quello che manca.

Per questa operazione di analisi ci si è avvalsi anche di tecnologie e mezzi informatici così da sfruttarli non solo al fine di presentare una accattivante riproposizione ma anche per agevolare o velocizzare alcuni passaggi analitici.

Un primo e fondamentale passo ha riguardato il censimento degli elementi raffigurati nell'affresco; sono state conteggiate le architetture, facendo una divisione tra edifici civili ed edifici ecclesiastici. Per fare questo ho utilizzato lo stesso Blender, il software per la modellazione tridimensionale. Esso infatti permette di assegnare un nome ad ogni singola geometria creata aggiungendo un numero sequenziale quando questo viene ripetuto per due o più oggetti.

⁶³ Beseghi U., *Palazzi di Bologna*, Bologna, 1960; Cuppini G. P., *Palazzi senatori a Bologna: architettura come immagine del potere*, Bologna 1974; *Da una crisi all'altra*, cit., pp. 76-80,

In fase di modellazione ho differenziato gli edifici civili (case o palazzi) e gli edifici ecclesiastici (rappresentati con i tetti in color oro) attraverso l'assegnazione di due diversi prefissi: *casa* o *chiesa*. In questo modo il primo edificio civile ha avuto nome *casa*, il secondo *casa_001* e così di seguito per tutti gli edifici civili modellati. Allo stesso modo ho impostato per gli edifici ecclesiastici il prefisso *chiesa* in modo che Blender li rinominasse automaticamente in *chiesa_001*, *chiesa_002*, *chiesa_003*, ecc.

Per le chiese ho aggiunto anche il toponimo presente per la maggior parte di esse così che fossero più facilmente identificabili.

Lo stesso procedimento è stato applicato per altri elementi presenti nella mappa, non chiaramente specificati ma facilmente desumibili dal contesto. Ad esempio per le porte della *Circla*, per le quali sono altresì presenti i toponimi sull'affresco; per i Torresotti individuati nella mappa, per le cappelle delle Quattro Croci (allora ancora innestate nel tessuto viario), per i canali, le imbarcazioni presenti o la porta delle navi sul Cavaticcio.

Un segno distintivo è stato anche apportato per tutti quegli edifici identificabili attraverso il confronto con altre fonti o bibliografia. Utilizzando la cartografia presente nell'Atlante Storico di Bologna⁶⁴ è stato possibile passare in rassegna molte architetture, alcune delle quali ora non più esistenti. Nel caso degli edifici esistenti è stato possibile giudicare tanto il grado di aderenza della rappresentazione, quanto le eventuali trasformazioni precedenti.

Una volta effettuata l'operazione di attribuzione del nome ed ultimata la modellazione, è bastato operare una selezione filtrata a seconda del prefisso *casa* o *chiesa* per selezionare in automatico tutti gli elementi appartenenti all'una o all'altra categoria. È stato sufficiente quindi richiamare a video il numero degli elementi selezionati per avere il conteggio sia degli edifici civili sia di quelli ecclesiastici.

Nella *Veduta vaticana di Bologna* vi sono rappresentati 4332 edifici civili e 122 edifici ecclesiastici. Tale conteggio presenta un buon margine di precisione. Alcune discrezionalità possono presentarsi laddove l'affresco stesso non porta una visione chiara nella distinzione, ad esempio nel caso di due edifici contigui in angolo di strada e posti in secondo o terzo piano. In questa circostanza ho cercato attraverso un'osservazione il più possibile al dettaglio di determinare se si trattasse di uno o più corpi di fabbrica. Bisogna considerare che il dato numerico risultante da questa analisi potrebbe

⁶⁴ Sassatelli G., Morigi Govi C., Ortalli J., Bocchi F., *Da Felsina a Bononia: dalle origini al XII secolo, Atlante Storico delle città italiane, Bologna*, Vol. 1, Bologna 1997, pp. 162-165, 168-181; Bocchi F., *Il Duecento, Atlante Storico delle città italiane, Bologna*, Vol. 2, Bologna 1997, pp. 154-157, 160-177; *Da una crisi all'altra*, cit., pp. 167-169, 172-184; Greco G., Preti A. Tarozzi F., *Dall'età dei lumi agli anni Trenta (secoli XVIII-XX), Atlante Storico delle città italiane, Bologna*, Vol. 4, Bologna 1997, pp. 114-117, 120-128.

presentare qualche mancanza o aggiustamento dovuto principalmente all'enorme mole di lavoro ed alle grandi proporzioni con le quali gli autori dovettero scontrarsi. Una prova di questo è data dalla piazza della Mercanzia, la quale, coperta dalle torri Garisenda e Asinelli è mancante di alcuni edifici, delle torri che sopravvissero fino ai primi del Novecento e nel famoso edificio omonimo non è raffigurata la facciata realizzata da Antonio di Vincenzo alla fine del Trecento. Nondimeno essa ci restituisce un conteggio sicuramente attendibile con buona percentuale degli edifici presenti nella Bologna tardo rinascimentale.

Per cercare di compiere un'analisi topografico-urbanistica sulla Bologna rappresentata nella *Veduta prospettica vaticana* sono stati presi in considerazione tutti gli edifici religiosi marcati col tetto in oro e tutti quegli edifici religiosi e civili per i quali fosse possibile giungere ad una identificazione attraverso l'incrocio di fonti bibliografiche e studi precedenti.

Con questa operazione si è voluta operare una scansione più approfondita del tessuto edilizio della *Pianta vaticana* per cercare di capire in profondità quali informazioni sulla città essa possa restituirci. I gruppi di edifici sopraccitati, ossia quelli per i quali è stata possibile una identificazione propria, sono stati analizzati considerando diversi elementi. È stata operata una scrematura secondo determinate caratteristiche, dividendo le architetture secondo i seguenti principi:

- a. strutture presenti nella veduta che oggi sono completamente scomparse,
- b. strutture ancora presenti nel tessuto urbano,
- c. strutture ancora presenti ma che hanno subito modificazioni strutturali importanti -quali ad esempio riedificazioni- tali da non renderle più comparabili con lo stato cinquecentesco, pur conservando l'ubicazione originaria.

Inoltre sono state individuate numerose incongruenze che riguardano:

- a. il tipo di rappresentazione
- b. la presenza/assenza di architetture.

Nel primo caso si sono potute riscontrare discrepanze tra l'edificio reale -ovviamente ancora presente e non sostanzialmente modificato- e la sua rappresentazione nella veduta. In questo caso la differenza si presenta sostanzialmente come omissione di alcuni particolari architettonici distintivi quali bugnati, portici o facciate decorate, che nell'affresco vengono sostituiti con una tipologia standardizzata di rappresentazione. Questo fenomeno è ragionevolmente riconducibile a due casistiche differenti: la prima verte sulla volontà di restituire un'immagine moderna di Bologna, dove l'architettura medievale ha lasciato il posto al gusto rinascimentale e riguarda soprattutto la sostituzione dei sicuramente ancora numerosi sporti e portici in legno con quelli in pietra. Parzialmente all'interno di questa tipologia di incongruenze possono essere fatti ricadere anche

alcuni esempi nei quali la *Veduta prospettica vaticana* riporta situazioni architettoniche ancora in corso d'opera se non addirittura anticipate (S. Petronio, S. Pietro, S. Maria delle Laudi, S. Maria Maggiore). La seconda casistica può essere probabilmente attribuita ad imprecisioni o dimenticanze che, dato l'alto numero di elementi da rappresentare, rientrano in una percentuale del tutto fisiologica di errore.

Oltre al gruppo di discrepanze sono riscontrabili numerosi casi di presenza/assenza. Nello specifico si tratta non di elementi presenti nella mappa ma destinati a scomparire nei secoli a seguire, bensì elementi che, da dati storici, dovrebbero trovarsi nella rappresentazione ma non vi sono.

Un primo gruppo di esempi trova una interpretazione nel punto di vista che, soprattutto per l'area di Porta Ravennana, copre tutta l'area della Mercanzia. Un altro gruppo invece riguarda elementi che, anche a favore di visuale, mancano completamente. Tra questi si registrano soprattutto edifici ed architetture civili come torri o torresotti con qualche caso di architettura religiosa.

Una ulteriore operazione ha visto il tentativo di identificare tutte le architetture religiose (7 in totale) prive di denominazione e tutte le architetture civili riscontrabili in letteratura.

È stata operata infine una divisione tra edifici civili e religiosi, accorpando a quest'ultima categoria anche il monastero di S. Guglielmo e quello di S. Pietro Martire che pur non presentano tetto dorato.

4.1.1. Gli edifici religiosi

Per gli edifici religiosi è stata fatta dunque una scrematura isolando, attraverso i dati storici presenti in bibliografia, tutte le chiese, monasteri, conventi, ospedali o cappelle rappresentate nella mappa ed oggi scomparse. Delle 122 architetture religiose presenti nell'affresco (si veda la tabella 1), 56 oggi non sono più visibili su suolo cittadino (tabella 2). Per esse dunque la *Pianta prospettica* rappresenta la prima (e a volte unica) testimonianza di come esse apparissero e della loro ubicazione topografica nel tessuto urbano⁶⁵. Delle restanti chiese, per le quali esiste un riscontro, almeno 25 sono state comunque oggetto di rifacimento completo. Per la maggior parte di esse si tratta di ristrutturazioni o ricostruzioni complete avvenute nel corso del '600, del '700 ed in seguito alle soppressioni napoleoniche⁶⁶. In molti casi infatti sono registrati espropriazioni, vendite e successive ridestinzioni d'uso⁶⁷. Le 25 segnalate sono quindi giunte fino a noi ed in alcuni casi ripristinate nelle funzioni, ma con aspetto completamente differente.

Come accennato precedentemente si è cercato di procedere all'identificazione di tutti i 6 casi che sulla mappa appaiono privi di toponimo, giungendo a risoluzione per tutti di essi:

1. S. Rocco del Pratello - in fondo a via del Pratello a ridosso delle mura,
2. S. Maria dei Bulgari - piazza Galvani,
3. Santa Maria Maddalena degli Angeli - via Nosadella,
4. Cappella della presentazione - via Ugo Bassi 1,
5. Croce dei Santi - via Barberia,
6. S. Mamolo - via d'Azeglio,

A questi si aggiunge un gruppo di denominazioni dubbie oppure non espresse chiaramente ma attraverso abbreviazioni del nome o l'espressione di caratteristiche:

1. ARCANGELO: San Michele Arcangelo o degli Agresti.

⁶⁵ *Da Felsina a Bononia*, cit., pp. 168, 169, 172, 174, 175, 176, 177, 178; Bocchi F., *Il Duecento*, cit., pp. 160, 161, 162, 163, 165, 166, 168, 169, 170, 172, 175, 176; *Da una crisi all'altra*, cit., pp. 175, 176, 177, 179, 180, 182; *Dall'età dei lumi agli anni Trenta*, cit., pp. 122, 124, 125, 128; Fini M., *Bologna sacra. Tutte le chiese in due millenni di storia*, Bologna, 2007.

⁶⁶ *Da Felsina a Bononia*, cit., pp. 169, 170, 172, 175, 176, 177, 176; Bocchi F., *Il Duecento*, cit., pp. 161, 163, 166, 168, 169, 170; *Da una crisi all'altra*, cit., pp. 179, 184; *Dall'età dei lumi agli anni Trenta*, cit., pp. 121, 122, 123-124, 125; Fini M., *Bologna sacra*, cit.

⁶⁷ *Da Felsina a Bononia*, cit., pp. 169, 172; Bocchi F., *Il Duecento*, cit., p. 168; *Dall'età dei lumi agli anni Trenta*, cit., p. 122; Fini M., *Bologna sacra*, cit.

2. S. MICHELE: situata all'angolo tra le odierne vie d'Azeglio e Carbonesi, riconducibile a S. Giacomo dei Carbonesi.
3. S. MARTINO (nei pressi di Palazzo d'Accursio): S. Martino dei Caccianemici, in via IV Novembre.
4. S. MARTHIO: questo caso rimane in parte dubbio, anche se per la posizione potrebbe essere assimilabile alla antica chiesa della Baroncella, tuttora esistente in via de' Fusari.
5. BASTARDELLI: Ospedale degli Esposti (già S. Pietro e Procolo), nella odierna via d'Azeglio.
6. MENDICANTI: chiesa posta subito interna a porta S. Vitale e forse riconducibile S. Maria dei Mendicanti (cfr oltre).
7. INCORONATA: S. Maria Incoronata, tra porta S. Donato e porta S. Vitale.
8. LE GR: Madonna delle Grazie o S. Maria degli Scolari, posta a ridosso di porta San Mamolo.
9. LA MAGIONE: S. Maria del Tempio, presso porta di Strada Maggiore.
10. LE MURADELLE: S. Maria Annunziata delle Muratelle, all'inizio di via Saragozza.
11. CONTRITONE: S. Maria della Concezione in via Saragozza vicino alle Muratelle.
12. LA BADIA: abbazia dei Santi Naborre e Felice in via della Badia.
13. MADONA: S. Maria delle Laudi all'inizio di via S. Felice.
14. LA MADONA: S. Maria sul ponte delle Lame, in via Lame.
15. LA RONDINA: S. Maria delle Rondini, in via della Rondine.
16. S. M.: S. Maria del Carobbio - posta all'inizio di via Castiglione. A prima vista essa appare priva di identificazione ma guardando attentamente si nota che vi è stato un tentativo di apporre la denominazione della chiesa della quale rimangono le iniziali S. M., ma la presenza della torre Garisenda copre il resto della scritta.

Altrettanto utile all'analisi delle evidenze presenti è stata l'analisi sulle evidenze mancanti ma che avrebbero dovuto trovare posto all'interno della rappresentazione e di quei casi per i quali è rappresentata una situazione in corso d'opera o incongruente.

Ad esempio la cattedrale di S. Pietro presenta una situazione architettonica in divenire in quanto proprio negli anni attorno al 1570 avevano preso il via i lavori che avrebbero portato definitivamente le forme della chiesa cattedrale ad abbandonare il suo aspetto di fondazione romanico. Secondo Manuela Ghizzoni l'aspetto della *Pianta vaticana* riflette lo stato dei lavori in

corso sulla cattedrale⁶⁸, mentre secondo Ceccarelli la raffigurazione della *Veduta prospettica* avrebbe già dovuto mostrare le modifiche apportate alla parte absidale⁶⁹.

Un caso in cui invece la vaticana sembra precorrere i tempi riguarda la chiesa di S. Maria delle Laudi presso il trivio di Porta Stiera. Questa è infatti rappresentata, secondo Ceccarelli, con già terminate le modificazioni che portarono sulla facciata l'adozione dell'ordine gigante, di poco posteriori alla stesura della vaticana⁷⁰.

Una analoga particolarità interessa invece la chiesa di S. Maria Maggiore nell'attuale via Galliera. La presenza di questa chiesa è documentata fin dall'XI secolo e ha visto molti ampliamenti e modificazioni nel corso del XV secolo. Il suo orientamento, come usuale per le chiese medievali, prevedeva la disposizione dell'abside verso est, per questo la facciata originaria di S. Maria Maggiore si apriva sull'odierna via de' Preti. La rotazione dell'edificio non avvenne che nel 1665 e fu compiuta per allineare la facciata con l'asse di via Galliera⁷¹. Nella veduta prospettica però la chiesa presenta l'entrata posta su via Galliera e l'abside verso via de' Preti.

Ancora la chiesa subito all'interno di porta San Vitale che reca il toponimo *Mendicanti* è stata ricondotta recentemente⁷² alla chiesa di S. Gregorio de' Mendicanti, il quale però dovrebbe essere situato all'esterno delle mura, nell'area dell'attuale ospedale Malpighi⁷³. Potrebbe essere più probabile un'attribuzione con la chiesa di S. Maria della Pietà o dei Mendicanti, se non fosse che la fondazione ha avuto luogo dall'anno 1600 per opera dell'arcivescovo Alfonso Paleotti e si è protratta fino alla metà del secolo⁷⁴. Nondimeno il Fini⁷⁵ riporta che, a partire da qualche decennio prima della fondazione erano comunque attivi dei locali adibiti appunto al ricovero ed all'assistenza dei mendicanti.

Un'altra situazione che non trova riscontro con lo stato attuale riguarda la chiesa di S. Maria degli Angeli posta presso porta Castiglione. Essa oggi si affaccia sulla parte orientale di via degli Angeli, parallela a via Castiglione; nella *Pianta vaticana* essa è posizionata nella parte terminale dell'odierno vicolo Viazzolo, che collega le vie Castiglione e degli Angeli, raffigurato cieco verso via degli Angeli. In questo caso è probabile la presenza di un errore in fase di rilievo o di traduzione

⁶⁸ Ghizzoni M., *L'immagine di Bologna nella veduta vaticana del 1575*, cit., pp. 157-158.

⁶⁹ Ceccarelli F., *Lorenzo Sabbatini*, cit., pp. 104-109.

⁷⁰ Ceccarelli F., *Lorenzo Sabbatini*, cit., pp. 104-109.

⁷¹ Porta P., *S. Maria Maggiore*, in *Da una crisi all'altra*, cit., p. 125; Fini M., *Bologna sacra*, cit., p. 155

⁷² Guidotti Magnani G. P., *Indice dei toponimi della sala Bologna*, in *La sala Bologna nei Palazzi Vaticani*, cit., pp. 189-193.

⁷³ Benati A., *S. Gregorio dei Mendicanti*, in *Da una crisi all'altra*, cit., p. 177.

⁷⁴ Benati A., *S. Maria della Pietà o dei Mendicanti*, in *Da una crisi all'altra*, cit., pp. 179-180.; Fini M., *Bologna sacra*, cit., p. 138

⁷⁵ Fini M., *Bologna sacra*, cit., p. 138.

su muro; confrontando la zona nelle piante prospettiche successive (ad es. l'ichnoscenographia di Filippo de' Gnudi dell'inizio del Settecento) si può riscontrare S. Maria degli Angeli nella posizione odierna e vicolo Viazzolo aperto sulla stessa via degli Angeli come ancora oggi si presenta⁷⁶.

Per quanto riguarda le assenze "ingiustificate" di edifici religiosi va annoverato il caso di S. Matteo degli Accarisi e di S. Dalmasio degli Scannabecchi, entrambe nell'area dell'odierna via Caprarie. In questo caso forse si riflette la situazione confusa che caratterizza l'area di Porta Ravegnana, la quale per mettere in buon angolo di visione le torri Garisenda e Asinelli, ha portato ad una distorsione delle aree circostanti.

Ancora relativamente alle assenze si registra anche quella della chiesa del Ss. Crocifisso del Cestello nella odierna via del Cestello: questa fu edificata all'inizio del Cinquecento in prossimità del ponte di attraversamento dell'Aposa poco oltre la sua entrata sud-orientale all'interno della città. La chiesa è tuttora presente, anche se con aspetto barocco, ma sulla *Veduta vaticana* non appare nonostante la zona attigua sia rappresentata fedelmente (se non altro in riferimento agli edifici religiosi, come si vedrà nel paragrafo successivo). Vengono infatti riportate le vicine chiese di S. Bernardo in Borgo Arienti e le scomparse S. Maria del Cestello e S. Lorenzo Martire entrambe su via Castiglione a ridosso dell'omonimo torresotto.

Una mancanza significativa è da registrare per la chiesa di S. Giovanni Battista dei Celestini, in piazza de' Celestini nel cuore della parte storica della città. La chiesa, presente fin dal 1369, subì una ricostruzione nel 1535 e quindi relativamente vicino agli anni di composizione della veduta bolognese. Tuttavia non compare assolutamente nella zona dove tuttora si trova. Tutta l'area in realtà presenta pesanti deformazioni che interessano non solo la chiesa ed il convento dei Celestini ma anche gli edifici civili e lo stesso reticolato viario (cfr. anche par. successivo). Questa, se inquadrata con l'area circostante, rappresenta una assenza importante in quanto non rientra né nelle possibili cause dovute a coperture di alcuni edifici su altri (la zona è assolutamente di fronte all'occhio dell'osservatore) né alla posizione, come verso i bordi della parete, dove in alcuni casi le dilatazioni o contrazioni hanno contribuito a rafforzare il gioco prospettico. L'area dei Celestini è tutto sommato piuttosto centrale nell'equilibrio della composizione, in virtù proprio della centralità topografica del complesso all'interno del quadro urbanistico.

Altro emblematico caso riguarda S. Petronio. Come evidenziato in altri lavori⁷⁷ lo stato della basilica riflette addirittura una situazione irrealistica. La facciata di S. Petronio appare infatti come

⁷⁶ Ricci G., *Bologna*, Roma-Bari, 1980, p. 31.

⁷⁷ Ghizzoni M., *L'immagine di Bologna nella veduta vaticana del 1575*, cit., p. 151; Ceccarelli F., *Lorenzo Sabbatini*, cit., pp. 104-109.

conclusa, marmorizzata in tutta la sua estensione verticale ma non seguendo nessuno dei numerosi progetti che ne hanno tentato di guidare lo sviluppo attraverso i tanti secoli, ed esulando in particolare da quello di Domenico Aimo da Varignana che era seguito all'epoca della pittura vaticana⁷⁸.

⁷⁸ Beseghi U., *Introduzione alle chiese di Bologna*, Bologna, 1960, p. 16; Ghizzoni M., *L'immagine di Bologna nella veduta vaticana del 1575*, cit., p. 151; Ceccarelli F., *Lorenzo Sabbatini*, cit., pp. 104-109.

Tabella 1 - Elenco delle denominazioni degli edifici con tetto in oro secondo la grafia riportata nella *Veduta vaticana* e loro ubicazione. Tra parentesi i nomi estesi delle denominazioni-abbreviate o espresse attraverso una caratterizzazione.

| | DENOMINAZIONE VEDUTA VATICANA | UBICAZIONE |
|----|--|----------------------|
| 1 | Bastardelli - (S. Pietro e Procolo) | Via d'Azeglio |
| 2 | Buon Gesù | Via d'Azeglio 64 |
| 3 | Cappella della presentazione | Via Ugo Bassi 1 |
| 4 | Contrizione - (S. Maria della Concezione) | Via Saragozza 9 |
| 5 | Corpus Domini | Via Tagliapietre 19 |
| 6 | Croce degli Apostoli | Via Rizzoli |
| 7 | Croce dei Martiri | Via Montegrappa |
| 8 | Croce dei Santi | Via Barberia |
| 9 | Croce delle Vergini | Via Farini |
| 10 | La Badia - (SS. Naborre e Felice) | Via della Badia |
| 11 | La Madonna - (S. Maria del ponte delle lame) | Via Lame 50 |
| 12 | la Magione - (S. Maria del Tempio) | Strada Maggiore 82 |
| 13 | La Rondina - (S. Maria delle Rondini) | Via della Rondine |
| 14 | Le Muradelle - (S. Maria Annunziata delle Muratelle) | Via Saragozza 2 |
| 15 | Madona - (S. Maria delle Laudi) | Piazza Malpighi |
| 16 | Madonna delle Grazie o S. Maria degli Scolari | Via d'Azeglio 57 |
| 17 | S. Agata | Piazza del Francia |
| 18 | S. Agnese | Via Castelfidardo 11 |
| 19 | S. Agostino | Via Braberia 24 |
| 20 | S. Andrea degli Ansaldi | Piazza Cavour |
| 21 | S. Anna | Via S. Isaia 35 |
| 22 | S. Anna | Via della Libertà 5 |
| 23 | S. Antonino delle Banzole o di Porta Nova | Piazza Roosevelt |

| | | |
|----|--|------------------------|
| 24 | S. Antonio abate | Via d'Azeglio 53 |
| 25 | S. Arcangelo - (S. Michele Arcangelo del Ponticello o degli Agresti) | Via S. Arcangelo 5 |
| 26 | S. Barbaciano | Via Cesare Battisti |
| 27 | S. Bartolomeo | Strada Maggiore 4 |
| 28 | S. Bartolomeo della Pioggia | Via Riva Reno 120 |
| 29 | S. Bastiano - S. Fabiano e Sebastiano | Via Montegrappa |
| 30 | S. Benedetto abate | Via Indipendenza 64 |
| 31 | S. Bernardino - (S. Maria delle Pugliole) | Via del Porto |
| 32 | S. Bernardino da Siena | Via de' Marchi 10 |
| 33 | S. Bernardo | Via Arienti 42 |
| 34 | S. Biagio | Via Guerrazzi 32 |
| 35 | S. Biagio | Via Guerrazzi |
| 36 | S. Caterina di Saragozza | Via Saragozza 59 |
| 37 | S. Caterina di Strada Maggiore | Strada Maggiore 76 |
| 38 | S. Cecilia | Via Zamboni 15 |
| 39 | S. Clemente Martire | Via Collegio di Spagna |
| 40 | S. Colombano | Via Parigi 1 |
| 41 | S. Cosma e Damiano | Via de' Toschi 4 |
| 42 | S. Crestina di Pietralata | Via Pietralata 55 |
| 43 | S. Cristina | Piazzetta Morandi |
| 44 | S. Domenico | Piazza S. Domenico |
| 45 | S. Donato | Via Zamboni 10 |
| 46 | S. Ermete Aggio e Caio | Via S. Vitale |
| 47 | S. Filippo e Giacomo delle Convertite | Via Lame 81 |
| 48 | S. Francesco | Piazza S. Francesco |
| 49 | S. Gervasio e Protasio | Via Ugo Bassi 25 |

| | | |
|----|-------------------------------------|-----------------------------|
| 50 | S. Giacomo Maggiore | Piazza Rossini |
| 51 | S. Giobbe - S.Maria degli Artisti | Galleria Acquaderni |
| 52 | S. Giorgio in Poggiale | Via Nazario Sauro 22 |
| 53 | S. Giovanni Battista | Via S. Isaia 90 |
| 54 | S. Giovanni Battista dei Celestini | Piazza de' Celestini |
| 55 | S. Giovanni Decollato o del Mercato | Via Irnerio |
| 56 | S. Giovanni in Monte | Piazza S. Giovanni in Monte |
| 57 | S. Girolamo di Miramonte | Via Savenella 21 |
| 58 | S. Giuliano | Via S. Stefano 121 |
| 59 | S. Giuseppe del Borgo di Galliera | Via S. Giuseppe |
| 60 | S. Gregorio e Siro | Via Montegrappa 15 |
| 61 | S. Guglielmo | Via Mascarella 75 |
| 62 | S. Isaia | Via de' Marchi 31 |
| 63 | S. Lena | Via Galliera 52 |
| 64 | S. Leonardo ed Orsola | Via S. Vitale 63 |
| 65 | S. Lodovico e Alessio | Via del Pratello 30 |
| 66 | S. Lorenzo di Porta Stiera | Via Lame 2 |
| 67 | S. Lorenzo Martire | Via Castiglione 42 |
| 68 | S. Luca di porta di Castello | Via Porta di Castello 6 |
| 69 | S. Lucia | Via Castiglione |
| 70 | S. Mamolo | Via d'Azeglio 60 |
| 71 | S. Marco | Piazza di Porta Ravegnana |
| 72 | S. Margherita | Via S. Margherita 12 |
| 73 | S. Maria degli Angeli | Via degli Angeli 22 |
| 74 | S. Maria dei Bulgari | Piazza Galvani 1 |
| 75 | S. Maria dei Mendicanti | Via S. Vitale 112 |
| 76 | S. Maria dei Servi | Strada Maggiore 43 |

| | | |
|-----|--|----------------------|
| 77 | S. Maria del Baraccano | Piazza del Baraccano |
| 78 | S. Maria del Carobbio | Via Castiglione |
| 79 | S. Maria del Cestello | Via Castiglione 49 |
| 80 | S. Maria della Carità | Via S. Felice 64 |
| 81 | S. Maria della Morte | Via de' Musei |
| 82 | S. Maria della Presentazione | Via Mascarella 48 |
| 83 | S. Maria della Vita | Via Clavature |
| 84 | S. Maria di Galliera | Via Manzoni |
| 85 | S. Maria Incoronata | Via S. Giacomo 13 |
| 86 | S. Maria Maddalena | Via Zamboni |
| 87 | S. Maria Maddalena degli Angeli | Via Nosadella 47 |
| 88 | S. Maria Maddalena della Mascarella | Via Mascarella |
| 89 | S. Maria Maggiore | Via Galliera |
| 90 | S. Maria Nuova | Via Riva Reno 72 |
| 91 | S. Marino di Porta Nova | Via Porta Nova 1 |
| 92 | S. Marta | Via S. Vitale 59 |
| 93 | S. Marthio -(Baroncella?) | Via de' Fusari 10 |
| 94 | S. Martino dei Caccianemici | Via IV Novembre |
| 95 | S. Martino della Croce dei Santi | Via Val d' Aposa 10 |
| 96 | S. Martino Maggiore | Via Oberdan 23 |
| 97 | S. Mattia | Via S. Isaia 14 |
| 98 | S. Michele (S. Giacomo dei Carbonesi?) | Via d'Azeglio 23 |
| 100 | S. Michele dei Leprosetti | Piazza S. Michele |
| 101 | S. Nicola - S. Niccolò degli Albari | Via Oberdan 14 |
| 102 | S. Nicolò di San Felice | Via S. Felice 41 |
| 103 | S. Omobono | Via S. Stefano 107 |
| 104 | S. Petronio | Piazza Maggiore |

| | | |
|-----|--|------------------------|
| 105 | S. Pietro | Via Indipendenza |
| 106 | S. Pietro Martire | Via Orfeo 25 |
| 107 | S. Procolo | Via d'Azeglio |
| 108 | S. Prospero | Via Cesare Battisti |
| 109 | S. Rocco del Pratello | Via del Pratello |
| 110 | S. Salvatore | Via Cesare Battisti 16 |
| 111 | S. Sebastiano e Rocco | Via San Vitale |
| 112 | S. Sigismondo | Via Sigismondo 7 |
| 113 | S. Silvestro della chiavica | Piazza Minghetti 2 |
| 114 | S. Simone e Giuda Taddeo dei Papazzoni | Piazzetta S. Simone |
| 115 | S. Stefano | Via S. Stefano |
| 116 | S. Tecla | Via S. Stefano |
| 117 | S. Teopompo | Via del Monte |
| 118 | S. Tomaso del Mercato | Via Malcontenti 1 |
| 119 | S. Tommaso della Braina | Strada Maggiore |
| 120 | S. Trinità | Via S. Stefano 87 |
| 121 | S. Vitale | Via S. Vitale 48 |
| 122 | Spirito Santo | Via Val d'Aposa |

Tabella 2 - Elenco degli edifici religiosi raffigurati nella *Veduta vaticana* ed oggi scomparsi

| | DENOMINAZIONE VEDUTA VATICANA | UBICAZIONE ATTUALE |
|----|---|---------------------------|
| 1 | Buon Gesù | Via d'Azeglio 64 |
| 2 | Croce degli Apostoli | Via Rizzoli |
| 3 | Croce dei Martiri | Via Montegrappa |
| 4 | Croce dei Santi | Via Barberia |
| 5 | Croce delle Vergini | Via Farini |
| 6 | la Magione - S. Maria del Tempio | Strada Maggiore 82 |
| 7 | La Rondina - S. Maria delle Rondini | Via della Rondine |
| 8 | Madonna delle Grazie o S. Maria degli Scolari | Via d'Azeglio 57 |
| 9 | S. Agata | Piazza del Francia |
| 10 | S. Agnese | Via Castelfidardo 11 |
| 11 | S. Andrea degli Ansaldo | Piazza Cavour |
| 12 | S. Anna | Via della Libertà 5 |
| 13 | S. Bastiano - S. Fabiano e Sebastiano | Via Montegrappa |
| 14 | S. Bernardino da Siena | Via de' Marchi 10 |
| 15 | S. Bernardo | Via Arienti 42 |
| 16 | S. Biagio | Via Guerrazzi 32 |
| 17 | S. Biagio | Via Guerrazzi |
| 18 | S. Cosma e Damiano | Via de' Toschi 4 |
| 19 | S. Crestina di Pietralata | Via Pietralata 55 |
| 20 | S. Ermete Aggio e Caio | Via S. Vitale |
| 21 | S. Gervasio e Protasio | Via Ugo Bassi 25 |
| 22 | S. Giobbe - S. Maria degli Artisti | Galleria Acquaderni |
| 23 | S. Giovanni Battista | Via S. Isaia 90 |
| 24 | S. Giovanni Decollato o del Mercato | Via Irnerio |
| 25 | S. Girolamo di Miramonte | Via Savenella 21 |

| | | |
|----|--|---------------------------|
| 26 | S. Guglielmo | Via Mascarella 75 |
| 27 | S. Lena | Via Galliera 52 |
| 28 | S. Leonardo ed Orsola | Via S. Vitale 63 |
| 29 | S. Lodovico e Alessio | Via del Pratello 30 |
| 30 | S. Lorenzo di Porta Stiera | Via Lame 2 |
| 31 | S. Lorenzo Martire | Via Castiglione 42 |
| 32 | S. Luca di porta di Castello | Via Porta di Castello 6 |
| 33 | S. Mamolo | Via d'Azeglio 60 |
| 34 | S. Marco | Piazza di Porta Ravegnana |
| 35 | S. Margherita | Via S. Margherita 12 |
| 36 | S. Maria del Carobbio | Via Castiglione |
| 37 | S. Maria del Cestello | Via Castiglione 49 |
| 38 | S. Maria della Morte | Via de' Musei |
| 39 | S. Maria della Presentazione | Via Mascarella 48 |
| 40 | S. Maria Maddalena della Mascarella | Via Mascarella |
| 41 | S. Maria Nuova | Via Riva Reno 72 |
| 42 | S. Marino di Porta Nova | Via Porta Nova 1 |
| 43 | S. Marta | Via S. Vitale 59 |
| 44 | S. Martino della Croce dei Santi | Via Val d' Aposa 10 |
| 45 | S. Nicola - S. Niccolò degli Albari | Via Oberdan 14 |
| 46 | S. Omobono | Via S. Stefano 107 |
| 47 | S. Pietro Martire | Via Orfeo 25 |
| 48 | S. Prospero | Via Cesare Battisti |
| 49 | S. Sebastiano e Rocco | Via San Vitale |
| 50 | S. Silvestro della chiavica | Piazza Minghetti 2 |
| 51 | S. Simone e Giuda Taddeo dei Papazzoni | Piazzetta S. Simone |
| 52 | S. Tecla | Via S. Stefano |
| 53 | S. Teopompo | Via del Monte |

| | | |
|----|-------------------------|-------------------|
| 54 | S. Tomaso del Mercato | Via Malcontenti 1 |
| 55 | S. Tommaso della Braina | Strada Maggiore |
| 56 | S. Trinità | Via S. Stefano 87 |

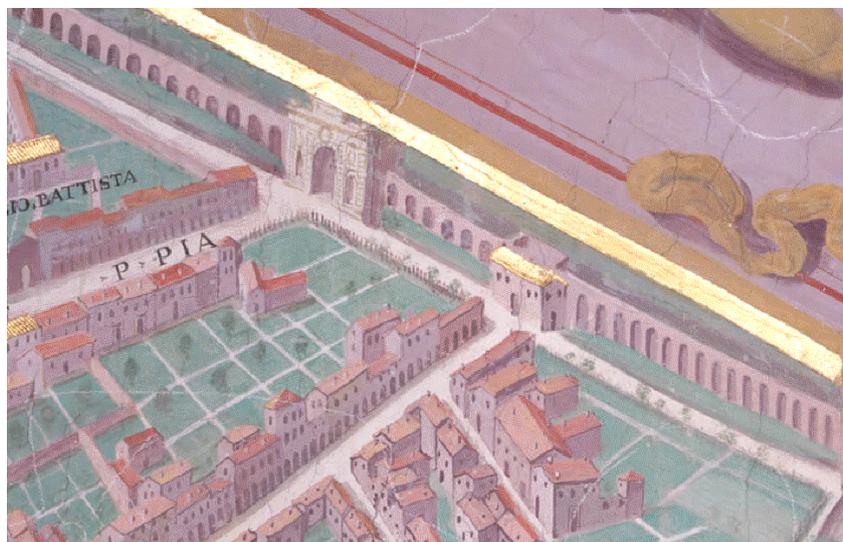


Figura 88 - Veduta prospettica della città di Bologna: identificazione degli edifici religiosi privi di denominazione.

S. Rocco

(fonte: Musei Vaticani, Roma)

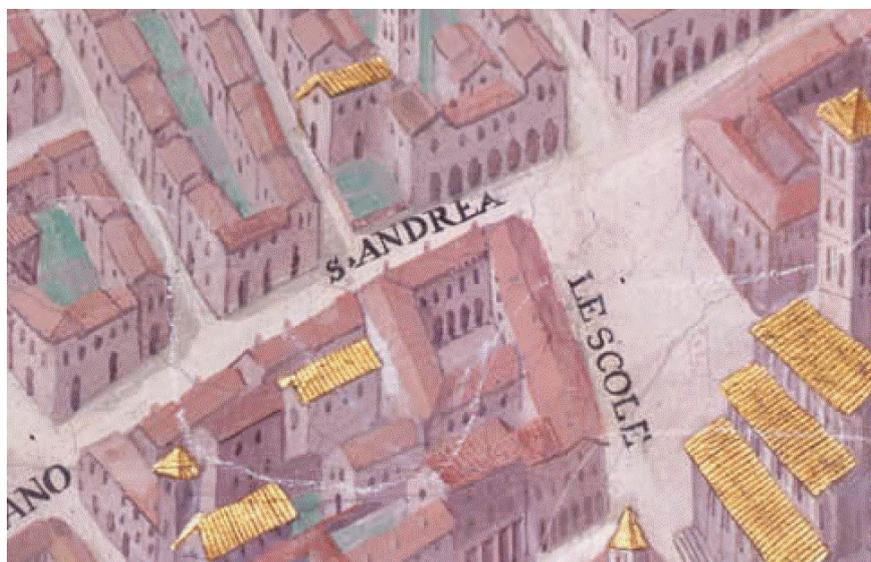


Figura 89 - Veduta prospettica della città di Bologna: identificazione degli edifici religiosi privi di denominazione.

S. Maria dei Bulgari

(fonte: Musei Vaticani, Roma)



Figura 90 - Veduta prospettica della città di Bologna: identificazione degli edifici religiosi privi di denominazione.
S. Maria Maddalena degli Angeli
 (fonte: Musei Vaticani, Roma)



Figura 91 - Veduta prospettica della città di Bologna: identificazione degli edifici religiosi privi di denominazione.
Cappella della Presentazione
 (fonte: Musei Vaticani, Roma)

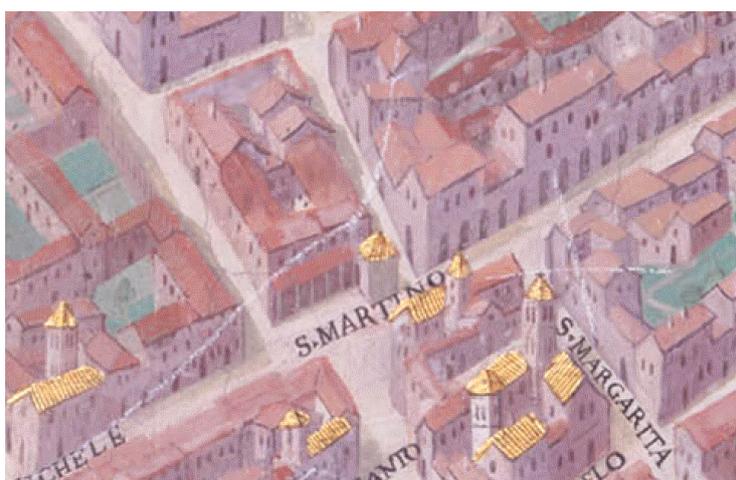


Figura 92 - Veduta prospettica della città di Bologna: identificazione degli edifici religiosi privi di denominazione.
Croce dei Santi
 (fonte: Musei Vaticani, Roma)

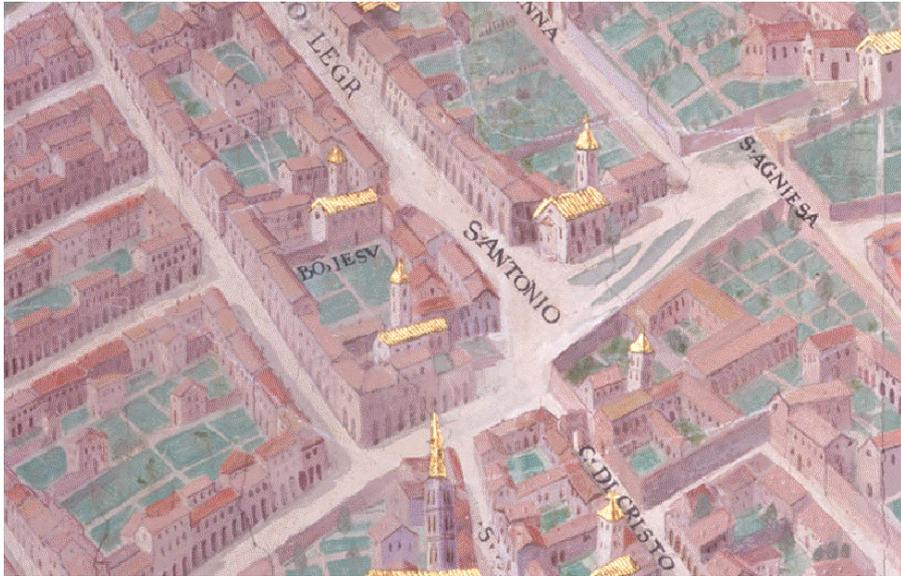


Figura 93 - Veduta prospettica della città di Bologna: identificazione degli edifici religiosi privi di denominazione.
S. Mamolo o Mamante
(fonte: Musei Vaticani, Roma)

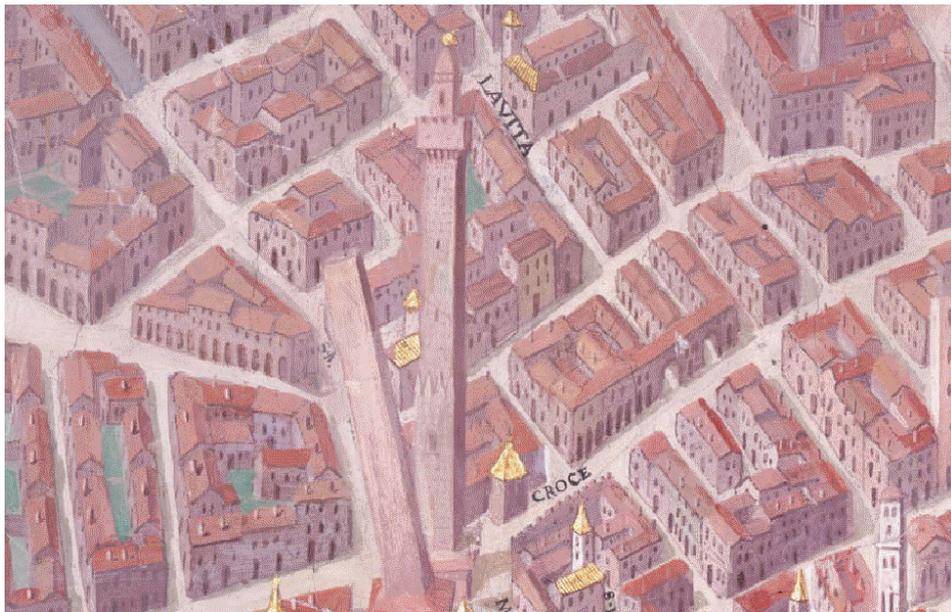


Figura 94 - Veduta prospettica della città di Bologna: identificazione degli edifici religiosi privi di denominazione.
S. Maria del Carobbio
(fonte: Musei Vaticani, Roma)

4.1.2. Gli edifici civili

Un approccio analogo è stato adottato per tutti quegli edifici civili, pubblici o privati, anche privi di denominazione ma identificabili nella mappa. Per questa famiglia di architetture il compito è stato ovviamente più arduo, in primo luogo per il motivo che solo le porte della *Circla*, ad esclusione delle chiese e di qualche altro caso isolato, presentano una denominazione; in secondo luogo a causa dell'impossibilità di poter avere un riscontro per l'edilizia civile abitativa comune. Per questo motivo ci si è concentrati sui palazzi pubblici, i maggiori palazzi privati delle famiglie senatorie e nobili bolognesi e sulle principali infrastrutture cittadine; in breve tutto ciò che potesse permettere una qualche possibilità di riconoscimento.

Sono state pertanto individuate sessantuno evidenze tra palazzi pubblici, palazzi senatori e nobili, torri, torresotti, collegi.

Come per gli edifici religiosi, si è applicata la distinzione tra

- a. strutture presenti nella veduta che oggi sono completamente scomparse,
- b. strutture ancora presenti nel tessuto urbano,
- c. strutture ancora presenti ma che hanno subito modificazioni strutturali importanti -quali ad esempio riedificazioni- tali da non renderle più comparabili con lo stato cinquecentesco, pur conservando l'ubicazione originaria.

In questo caso più che il conteggio degli edifici però un risultato viene dall'identificazione e confronto di alcuni casi architettonici per i quali si registrano affinità o differenze con la struttura reale.

Per quanto riguarda Piazza Maggiore e la Piazza del Nettuno, aperta solo una decina di anni prima della realizzazione della *Veduta vaticana* per iniziativa del vice legato Pier Donato Cesi, si possono riscontrare alcuni aspetti peculiari, come già sottolineato da Ghizzoni⁷⁹.

Palazzo d'Accursio presenta nella sua facciata i due balconi sovrastanti il grande arco di entrata che verranno sostituiti nel 1580 per ospitare l'imponente statua di Gregorio XIII che ancora si può osservare. Palazzo dei Notai, Palazzo dei Banchi (anch'esso di recente costruzione rispetto alla veduta) e gli ornamenti di Piazza Maggiore e Piazza del Nettuno sono riprodotti alquanto fedelmente, come la fontana del Giambologna o la "Fontana Vecchia" posta sul lato settentrionale di Palazzo d'Accursio. Più confuso appare l'esecuzione di Palazzo del Podestà e di Palazzo Re Enzo, che nella *Veduta vaticana* sono quasi fusi in un unico corpo di fabbrica.

⁷⁹ Ghizzoni M., *L'immagine di Bologna nella veduta vaticana del 1575*, cit., pp. 151-153.

Sono identificabili anche molti palazzi senatori e di influenti famiglie sorti a partire dal XVI secolo e distribuiti soprattutto nelle strade Maggiore e S. Donato (odierna via Zamboni) ed in misura minore in altre strade come via S. Stefano, S. Mamolo, S. Vitale, Galliera.

Alcuni di essi sono facilmente identificabili attraverso la raffigurazione che ne viene data nella *Veduta vaticana* e che rispecchia le peculiarità architettoniche maggiormente distintive; altri, nonostante possano essere identificati sulla base della loro localizzazione topografica, non sono stati registrati altrettanto fedelmente: essi presentano infatti il più delle volte una raffigurazione standardizzata attraverso la resa generica di una facciata porticata, anche in quei casi nei quali non è effettivamente presente.

I palazzi che offrono una testimonianza grafica coerente con il loro aspetto possono essere individuati in:

- Palazzo Malvasia, Malvezzi de' Medici, Malvezzi Campeggi, Palazzo Salaroli (futuro Paleotti), palazzo Poggi, Palazzo Riario, Ca' Grande Malvezzi in via e zona S. Donato
- Palazzo Bentivoglio in via Belle Arti.
- Palazzo Orsi in via S. Vitale.
- Palazzo Vizzani in via S. Stefano, che presenta il portico architravato.
- Palazzo Pepoli in via Castiglione, del quale sono chiaramente distinguibili le merlature, anche se osservato dal retro.
- Palazzo Boncompagni in via del Monte. Questo è un caso particolare, essendo di proprietà diretta della famiglia di Gregorio XIII. È rappresentato col tetto oro e in una soluzione progettuale che non vide mai compimento.

Alcuni dei palazzi che al contrario non godono di una resa realistica possono essere identificati in:

- Palazzo Fantuzzi in via S. Vitale, il quale non presenta la caratteristica facciata.
- Palazzo Sanuti in via S. Mamolo che presenta il portico nonostante sia un esempio di palazzo nobile privo di portico.
- Palazzi Bianchetti e Ringhieri in principio di via S. Donato.
- Palazzo Bocchi in via Goito.
- Palazzo Grassi in via Marsala.
- Palazzo Albergati in via Saragozza.
- Casa Poeti in via Castiglione all'angolo con via de'Poeti.

È inoltre identificabile il palazzo della dogana pontificia⁸⁰, eretto in via Ugo Bassi tra il 1573 ed il 1575 da Domenico Tibaldi.

È stata tentata anche una individuazione dei principali collegi studenteschi presenti in Bologna⁸¹:

- Il collegio Ferrerio presso la palazzina della Viola.
- Il collegio Ancarani in via Belle Arti.
- Il collegio Illirico-Ungarico in via Centotrecento.
- Il collegio Poeti nella sua prima sede presso la casa del fondatore, prima di spostarsi nel 1592 in una casa presso S. Giovanni in Monte.
- Il collegio di Spagna in via Collegio di Spagna.

Le strutture che hanno ospitato i collegi però non sono facilmente identificabili in quanto non vengono né segnalati graficamente né tantomeno sono riconoscibili attraverso la loro resa stilistica. L'unica eccezione è rappresentata dal Collegio di Spagna, che presenta una propria denominazione.

4.1.2.1. Torresotti

Della seconda cerchia di mura sono rappresentati nella mappa i torresotti di S. Vitale e Porta Nova, tuttora presenti, ed i torresotti del Poggiale e del Serraglio di Val d'Aposa⁸² oggi scomparsi.

Mancano i torresotti di Castiglione e Porta Govesa che sono ancora *in situ* e che quindi ci si aspetterebbe di trovare ed i torresotti di S. Donato, del Borgo di S. Pietro, di Saragozza (almeno in parte) e di Cartoleria Nuova, i quali sarebbero dovuti essere ancora visibili nella città.

4.1.2.2. Torri

Le torri che hanno caratterizzato e ancora caratterizzano l'aspetto della città felsinea trovano un magro riscontro nella *Veduta prospettica di Bologna* voluta da Gregorio XIII.

Delle tante torri levate nel corso del Duecento e successivamente abbattute o mozzate per questioni di sicurezza pubblica ancora oggi ne sono riconoscibili ventidue inserite all'interno del tessuto cittadino. A queste vanno aggiunte le cinque (Artenisi, Guidoagni, Riccadonna, Tantidenari e

⁸⁰ *Da Felsina a Bononia*, cit., p. 174; Ricci C., Zucchini G., *Guida di Bologna Nuova edizione illustrata*, Bologna, 1968 (prima edizione 1930), p. 152.

⁸¹ *Da una crisi all'altra*, cit., pp. 30, 175, 183; *Da Felsina a Bononia*, cit., p. 170.

⁸² Guidotti Magnani lo identifica come il Serraglio di *Porta Procula*, cfr. Guidotti Magnani G. P., *Indice dei toponimi della Sala Bologna*, cit., pp. 189-193.

Tencarari) demolite ad inizio del secolo scorso⁸³. Nella *Veduta vaticana* però si possono individuare solamente 6 torri presenti:

1. Asinelli.
2. Garisenda.
3. Prendiparte, anche se completamente snaturata nelle sue caratteristiche, non presentando la riseqa a metà sviluppo che ne ha portato al soprannome 'coronata'.
4. Azzoguidi, fedelmente riportata nella sua semplicità.
5. Basacomari, in Strada Maggiore all'angolo con vicolo Posterla.
6. Mussolini, su Strada Maggiore opposta alla precedente.

Di queste ultime due, oggi scomparse, la *Veduta vaticana* ci offre una importante rappresentazione grafica.

Probabilmente la mancanza di tante torri sicuramente visibili agli autori dell'affresco rientra nella visione di modernità che Gregorio XIII ha voluto imprimere a Bologna. Una città così ricca di elementi di chiara espressione medievale male forse si accostava all'idea di moderna città del Rinascimento.

Le mancanze e discrepanze più rilevanti sono state riscontrate soprattutto in due aree distinte: piazza della Mercanzia e l'area che va pressappoco da Palazzo dei Notai fino all'incrocio con l'attuale via Farini.

L'area della Mercanzia, come già accennato e documentato anche da Ghizzoni⁸⁴, presenta una distorsione dovuta alla presenza delle torri Garisenda e Asinelli. La loro raffigurazione posta in primo piano e messa in evidenza anche con un piccolo uso del fuori scala ha portato ad una modifica di tutto l'impianto stradale attorno ad esse, coinvolgendo anche le parti iniziali di via Santo Stefano e Strada Maggiore. Di conseguenza non solo il palazzo della Mercanzia rimane nascosto ma anche le torri Riccadonna, Guidoagni e Artenisi.

La zona compresa tra Palazzo dei Notai e via Farini presenta una compressione importante. Attraverso il confronto con il rilievo topografico digitale derivato dal catasto gregoriano del 1833-35 si evince che lo spazio rappresentato nella zona sopracitata è molto più ristretto del reale. Analizzando il tessuto edilizio si nota peraltro che gli esecutori dell'affresco hanno completamente obliterato l'isolato comprendente corte de' Galluzzi, con la torre duecentesca ancora oggi presente e la chiesa di Santa Maria Rotonda de' Galluzzi ivi compresa. La corte, facente parte del tessuto

⁸³ Bergonzoni F., Roversi G. (a cura di), *Le torri di Bologna: quando e perché sorsero, come vennero costruite, quante furono, chi le innalzò, come scomparvero, quali esistono ancora*, Bologna, 1989, pp. 78-79.

⁸⁴ Ghizzoni M., *L'immagine di Bologna nella veduta vaticana del 1575*, cit., pp. 153-154.

urbano fin dall'età medievale, scompare nella *Veduta vaticana* venendo sostituita da un isolato omologato al resto della compagine cittadina.

Il fenomeno che latitudinalmente comprime lo spazio tra piazza Maggiore e via Farini si allarga anche trasversalmente da Piazza Galvani fino all'oratorio dello Spirito Santo dietro al Palazzo Pubblico cancellando, tra l'altro, anche la casa-torre dei Catalani ancora oggi presente.

La stessa sorte di corte de' Galluzzi è toccata anche all'antistante piazza de' Celestini. Questa è rappresentata in maniera generica; manca la chiesa di S. Giovanni Battista de' Celestini, fondata nel 1369, ricostruita completamente quarant'anni prima della stesura vaticana e tuttora visibile ed attiva come sede parrocchiale.



Figura 98 - Veduta prospettica della città di Bologna: Palazzo d'Accursio presenta i due balconi antecedenti il 1580
(fonte: Musei Vaticani, Roma)



Figura 99- Veduta prospettica della città di Bologna: Palazzo del Podestà e Palazzo di Re Enzo. I due edifici appaiono quasi un'unica entità
(fonte: Musei Vaticani, Roma)

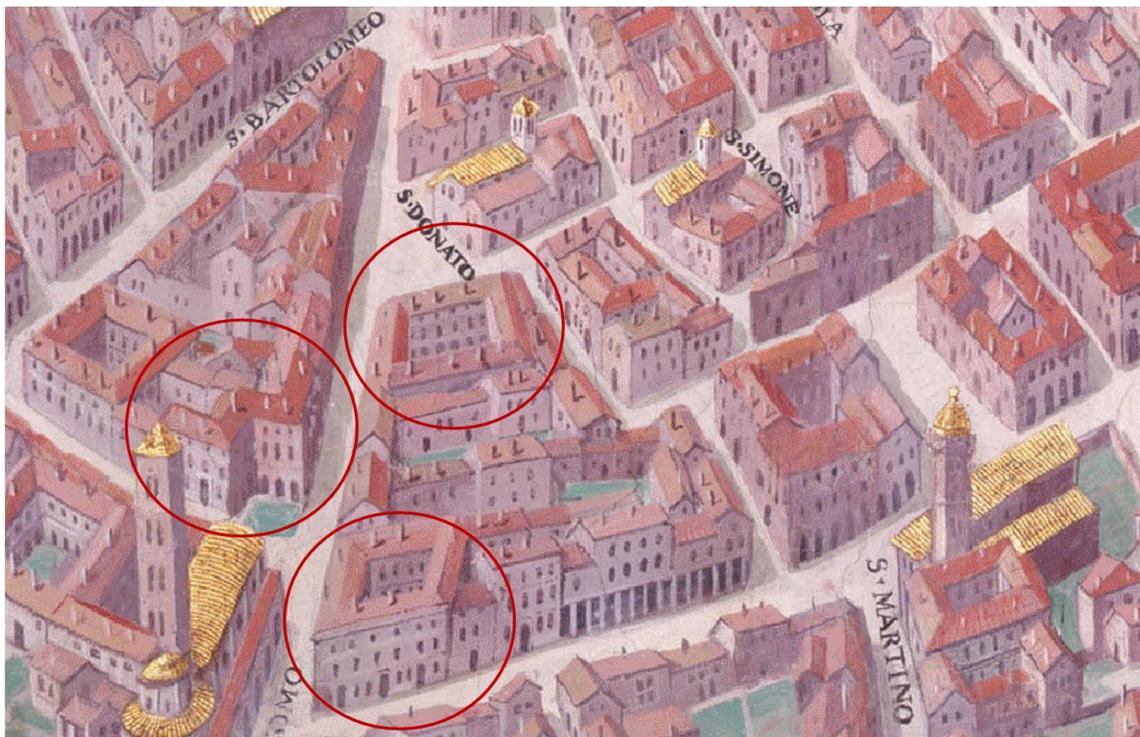


Figura 100 - Veduta prospettica della città di Bologna: strada S. Donato. Palazzi Malvezzi de' Medici, Malvasia e Malvezzi Campeggi
(fonte: Musei Vaticani, Roma)



Figura 101 - Veduta prospettica della città di Bologna: strada S. Donato. Palazzi Salaroli, Poggi e Riario
(fonte: Musei Vaticani, Roma)



Figura 102 - Veduta prospettica della città di Bologna: palazzo Vizzani in via S. Stefano
(fonte: Musei Vaticani, Roma)



Figura 103 - Veduta prospettica della città di Bologna: palazzo Pepoli
(fonte: Musei Vaticani, Roma)

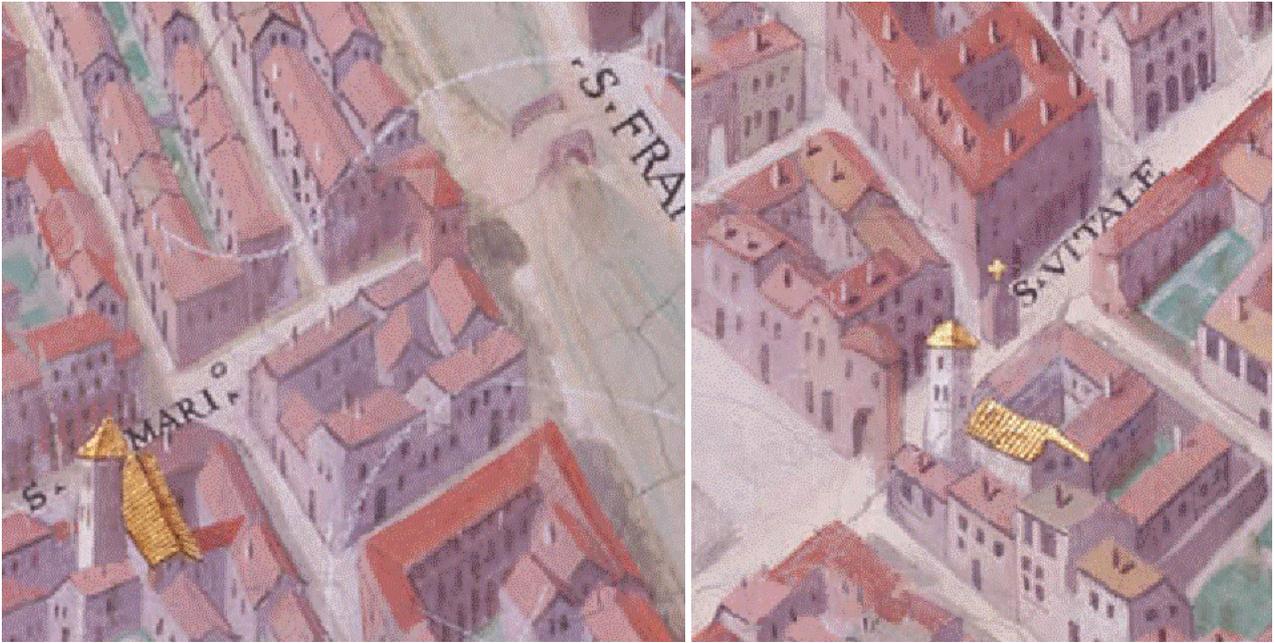


Figura 104 - Veduta prospettica della città di Bologna: i torresotti di Porta Nova e S. Vitale
(fonte: Musei Vaticani, Roma)



Figura 105 - Veduta prospettica della città di Bologna: i torresotti scomparsi del Poggiale e del serraglio di Val d'Aposa
(fonte: Musei Vaticani, Roma)



Figura 106 - Veduta prospettica della città di Bologna: le torri Azzoguidi e Prendiparte, quest'ultima raffigurata senza la caratteristica risega
 (fonte: Musei Vaticani, Roma)



Figura 107 - Veduta prospettica della città di Bologna: le torri scomparse Basacomari e Mussolini in Strada Maggiore
 (fonte: Musei Vaticani, Roma)

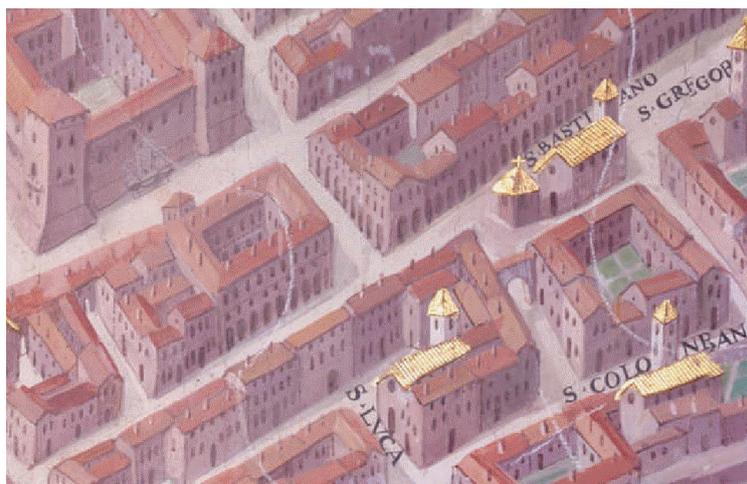


Figura 108 - Veduta prospettica della città di Bologna: il Palazzo della Dogana eretto nel 1575 di fronte a Palazzo d'Accursio
 (fonte: Musei Vaticani, Roma)

4.1.3. I canali ed il porto

Una delle parti più suggestive rappresentate nella *Veduta prospettica di Bologna* è sicuramente quella relativa alle vie d'acqua che ancora nel Cinquecento solcavano a cielo aperto l'interno della città.

Grande importanza è stata riservata a questo tema dagli esecutori dell'affresco in virtù dell'importanza che le acque rappresentavano per la forza produttiva e commerciale di Bologna, per i numerosi filatoi da seta che ne avevano fatto un centro di produzione di prim'ordine a livello europeo e per i mulini da grano così meravigliosamente riprodotti in azione.

Le vie d'acqua che si possono riscontrare nella veduta sono riconducibili ai canali di Reno, Cavaticcio, di Savena e al torrente Aposa. A questi si aggiunge un breve tratto di fossato ancora appartenente alla cerchia dei torresotti visibile nell'area retrostante la basilica di S. Francesco. Si aggiunge in ultimo una struttura accessoria, una vasca probabilmente, che si vede a poca distanza da Porta Galliera e che si può riscontrare anche in piante successive a quella vaticana. Questa, pur non essendo rappresentata con acqua al suo interno, è facilmente riconducibile ad una qualche attività relativa all'acqua, forse ad una vasca per l'allevamento di pesci.

Il canale di Reno è sicuramente la via d'acqua più rilevante nella rappresentazione vaticana. Il rilievo che gli esecutori hanno voluto darle è stato tale da deformare il suo corso, raddrizzandone letteralmente l'alveo perché tagliasse in maniera netta la città da ovest a est.

Anche le strutture e gli edifici ad esso riferiti sono raffigurati in maniera accurata. La Grada (grata/cancello) segna l'ingresso del canale nella città e passa sotto ai numerosi ponti (otto) che ne permettono l'attraversamento. Particolare importanza ha l'edificio della 'sega dell'acqua'; questa infatti serviva per deviare parte del flusso idrico del canale di Reno per alimentare il canale Cavaticcio e l'invaso portuale artificiale che fu creato nel 1550, solo vent'anni prima della veduta prospettica.

Le strutture portuali rientrano tra gli elementi più interessanti dipinti nell'affresco. Si possono infatti distinguere chiaramente 6 navi bolognesi (burchi o burchielli)⁸⁵ attraccati appena entro le mura; accanto è riconoscibile la casa del catenarolo che sovrintendeva all'apertura della porta delle navi. Di questa è un peccato che l'angolo di visuale ne copra le fattezze, per le quali bisogna rifarsi a rappresentazioni successive (si veda il rilievo di Conti della metà del Settecento). Sulla riva destra è chiaramente distinguibile il cosiddetto *prato di Magone*, lo spazio ove venivano adagiati i tronchi di legno fluitati e in attesa di lavorazione. Nella veduta prospettica 21 di questi sono tratteggiati.

⁸⁵ Bonino M., *Imbarcazioni e navigazione a Bologna*, in Tozzi Fontana M. (a cura di), *Bologna e l'invenzione delle acque: saperi, arti e produzioni tra '500 e '800*, Bologna, 2002, pp. 166-167.

Il canale di Savena rappresenta un altro aspetto interessante della topografia urbana della Bologna cinquecentesca. Esso, frutto di una diramazione artificiale, entra in città da Porta Castiglione scendendo verso piazza di Porta Ravegnana. In origine il suo percorso era completamente scoperto, verrà progressivamente tombato nel corso dei secoli. Nella *Pianta prospettica* è visibile una situazione intermedia, che prelude alla completa copertura avvenuta nel Seicento.

Il canale di Savena entra infatti scoperto dalla porta urbana, per poi interrarsi all'altezza di via Arienti e riuscire all'altezza della chiesa di S. Lucia. Prosegue quindi scoperto fino a Palazzo Pepoli, dove si interra definitivamente. Anche nel corso del canale di Savena si trovano quattro ponti per l'attraversamento.

L'Aposa si nota a fatica nel complesso della veduta. Entra infatti dal manufatto tra porta Castiglione e porta S. Mamolo ma si interra quasi subito, per proseguire sotterraneo fino alla parte settentrionale della città, accanto al canale delle Moline.

Il canale delle Moline forse rappresenta la parte più suggestiva del tema delle acque presenti nella *Veduta vaticana*. Esso infatti, seguendo il tratto di quelle che oggi sono via del Pallone e via Capo di Lucca presenta dieci caratteristici salti dell'acqua che servivano a fornire la forza idrica sufficiente a far girare le ruote di altrettante dieci coppie di mulini posti su ambedue le rive del canale.

I mulini sono raffigurati in dettaglio, al punto che è possibile scorgere l'acqua sulle ruote, conferendo grande dinamismo alla scena.

Le acque del canale delle Moline e dell'Aposa escono infine dalla *Circla* attraverso due grate, anch'esse visibili, poste per impedire l'ingresso di nemici ed intrusi in città.

4.1.4. Le distorsioni topografiche

Un ulteriore esame ha invece riguardato le distorsioni prospettiche della *Veduta vaticana*.

Il catasto pontificio, tenuto come griglia di riferimento sottostante la modellazione, ha permesso un raffronto con la *Veduta vaticana* isolato per isolato, mettendo in evidenza le molte analogie e le discrepanze.

Come in parte descritto nei paragrafi precedenti (cfr. Cap. 3) la modellazione è proceduta edificio per edificio attraverso il costante raffronto tra i due riferimenti spaziali per l'identificazione dei singoli isolati; in molti casi ho riscontrato una buona -quando non ottima- aderenza tra le due diverse situazioni temporali; in alcuni casi ho invece riscontrato notevoli distorsioni. Queste, come delineato precedentemente (cfr. par. 2.3) sono state oggetto di studio⁸⁶ attraverso il confronto tra la lunghezza delle strade della *Veduta vaticana* e quella estrapolata dalla metapianta del 1715, derivata dai rilievi dell'Assunteria dell'Ornato. In quel caso furono riscontrate tre fasce di compressione poste nella zona sud-occidentale e che interessavano pressappoco gli isolati da Palazzo d'Accursio fino a via Farini con estensione ad ovest fino alle mura con una compressione media e dal Collegio di Spagna a via Barberia con estensione ad ovest alle mura con una compressione più forte.

Attraverso il raffronto con il catasto gregoriano ho avuto sostanziale conferma di questa analisi verificando il fenomeno per la parte sud-occidentale della rappresentazione di Bologna, con un allargamento però delle zone soggette alla compressione degli spazi a tutta la zona posta tra porta S. Mamolo e porta Saragozza in direzione est-ovest e tra Piazza Maggiore e le mura in direzione nord-sud.

Qui l'affresco presenta un andamento di progressive contrazioni degli spazi; più si procede verso le mura perimetrali a sud della città e più gli isolati si restringono; il fenomeno ha il suo culmine nell'area del convento di S. Agnese presso le mura di porta S. Mamolo lungo tutta via Saragozza.

Come accennato nel paragrafo precedente ad esempio, tra la fine di Piazza Maggiore fino all'incrocio con Via Farini e dall'Archiginnasio fino a via val d'Aposa lo spazio comprendente gli isolati risulta, seguendo il tracciato delle strade, molto più contratto di quanto riscontrabile nel catasto pontificio, con un picco nell'area di Piazza Galvani e di corte de' Galluzzi, la cui trasposizione appare assolutamente distante dalla realtà sia nelle forme sia nelle proporzioni.

Un inizio di questa contrazione è altresì riscontrabile negli isolati immediatamente retrostanti Palazzo d'Accursio e sempre in direzione sud-ovest, come nel lato di ponente, dove all'inizio del

⁸⁶ Ghizzoni M., *L'immagine di Bologna nella veduta vaticana del 1575*, cit., pp. 160-162; Ghizzoni M., *La pianta prospettica di Bologna nel 1575*, cit., pp. 94-96.

Novecento è sorta piazza Roosevelt; nella *Veduta vaticana* è ancora presente il borgo delle Banzole con l'omonima via delle Banzole unitamente a via delle Asse (oggi IV Novembre)⁸⁷ e chiesa di S. Antonino. La rappresentazione in questo punto diventa confusa, proprio per una situazione topografica ancora molto fitta con in aggiunta l'aggravante della compressione delle strade che continua fino all'asse Carbonesi-Barberia.

Questo fenomeno si attenua un po' in corrispondenza dell'antico tracciato delle mura dei torresotti per poi riaccentuarsi nuovamente nei pressi dello scomparso monastero di S. Agnese.

Le zone in questione coincidono con la parte di affresco posta maggiormente in alto nella parete e più distante dall'occhio dell'osservatore. È plausibile pensare che questa sia dunque una deformazione prospettica quasi obbligata per poter adattare il soggetto (la rappresentazione urbana) al supporto (il muro) e che privilegia ovviamente la parte più prossima all'altezza ed allo sguardo di un generico osservatore.

Al contrario sono presenti, nella parte più vicina all'osservatore, alcune dilatazioni degli spazi.

Nella quasi totalità dei casi, la dilatazione degli spazi insiste sempre sulla parte nord-occidentale, in direzione del porto cittadino (come già registrato da Ghizzoni⁸⁸). Va tuttavia precisato che i fenomeni di dilatazione degli isolati sono, in generale, molto meno importanti di quelli di compressione.

Un caso di dilatazione di spazi piuttosto rilevante è invece relativo ad una zona circoscritta e posta nell'odierna via delle Moline. Tra S. Giacomo Maggiore, la zona retrostante il guasto dei Bentivoglio ed il tratto finale del canale di Reno presenta una considerevole dilatazione dello spazio, che ha creato problemi anche in fase di modellazione. È risultato infatti complicato ricostruire l'andamento degli isolati in questa zona per compensare la dilatazione operata dagli esecutori.

In questo caso ci si trova davanti ad una parte importante della veduta, probabilmente volutamente enfatizzata; è qui infatti che ha inizio il canale delle Moline e la teoria dei venti mulini tanto dettagliatamente raffigurati.

Ad eccezione delle aree discusse poc'anzi si può comunque confermare una buona aderenza della distribuzione delle strade all'interno della veduta affrescata. Ho ritrovato facilmente l'andamento della maggior parte degli isolati con un buon riscontro sia di forme sia di dimensioni.

⁸⁷ Fanti M., *Le vie di Bologna. Saggio di toponomastica storica e di storia della toponomastica urbana*, Bologna, 1974, pp. 585-587, 615-616.

⁸⁸ Ghizzoni M., *La pianta prospettica di Bologna nel 1575*, cit., p. 96.

Quest'analisi ribadisce dunque quanto la *Veduta prospettica vaticana* sia importante come fonte iconografica, sia da un punto di vista architettonico per la rappresentazione di edifici presenti e soprattutto per quelli scomparsi, sia come fonte topografica per la verifica degli andamenti viari nella Bologna tardo rinascimentale.

4.2. Ricerca ed *edutainment*: possibili usi del modello virtuale della *Veduta vaticana*

L'obiettivo principale di questo lavoro di tesi non riguarda la sola riproposizione virtuale di quello che è bidimensionalmente raffigurato nell'affresco voluto da Gregorio XIII. Se così fosse la sua utilità sarebbe destinata ad esaurirsi tanto velocemente quanto il progresso delle tecniche di modellazione e visualizzazione tridimensionale. Quello che invece si è cercato di produrre è un modello tridimensionale che potesse essere non solo visualizzato all'interno del programma usato per la creazione delle architetture 3D ma esportato in altre piattaforme per poterne fare un uso differente dalla semplice visualizzazione.

Il limite, o se vogliamo la sfida, della grafica tridimensionale specialmente nel campo dei Beni Culturali riguarda proprio il riutilizzo dei modelli virtuali.

I lavori che fanno uso di tecnologie virtuali in campo storico-archeologico per analisi o anche solo per semplice documentazione aumentano ogni anno in misura maggiore ed il loro impiego è sempre più vasto. Questo denota un incremento di interesse anche da parte di studiosi nel campo umanistico i quali, attratti dalle potenzialità che questo ambito propone, cercano nuovi modi per plasmare queste tecniche per i propri scopi di ricerca.

Un problema che però si affaccia riguarda proprio l'approccio accademico e umanistico in questi lavori: spesso i modelli virtuali creati per un progetto muoiono con il progetto stesso. Non vi è stata finora una cosciente e comune politica di archiviazione e gestione di rilievi e modelli 3D di architetture e reperti per un riuso futuro, col risultato che alle volte lo stesso modello viene rifatto a distanza di qualche anno e per esigenze simili. Se ad esempio prendiamo situazioni eccellenti come le rovine di Pompei o la zona dei fori imperiali a Roma troveremo decine e decine di modelli virtuali delle strutture, modellati o rilevati più e più volte da differenti istituzioni per scopi e analisi sostanzialmente simili. Questo si traduce innanzitutto in uno spreco di fondi ed energie e, soprattutto, in una dispersione di dati 3D che ha il risultato di svalutare i modelli stessi per poi abbandonarli dimenticati in qualche dvd-rom o hard disk depositato presso Soprintendenze o Dipartimenti.

Nella modellazione della *Pianta prospettica vaticana* e nei suoi usi illustrati in questo capitolo ho voluto ribadire con una serie di piccoli esempi questo concetto, ossia che i modelli tridimensionali, indipendentemente dalla piattaforma e dal software con i quali sono stati realizzati, possono con qualche accortezza essere riutilizzati anche per scopi differenti.

Di seguito sono esposti tre impieghi abbastanza dissimili nelle forme e nelle finalità; il primo è orientato verso un uso accademico e di ricerca e vede l'implementazione di alcune architetture 3D estrapolate dalla modellazione vaticana in un GIS e messe in relazione con altri layers storici che insistono su alcune informazioni catastali delle proprietà di Bologna in diversi momenti storici. Il secondo ed il terzo esempio presentano invece fini divulgativi e di *edutainment*, attraverso la creazione di un ambiente virtuale interattivo e di un'applicazione per sistemi *mobile*; questi sono orientati verso un pubblico non specialistico, così da sfruttare le potenzialità grafiche della realtà tridimensionale per promuovere la divulgazione di contenuti scientifico-storici anche ad un pubblico non specializzato ed in maniera seria, gradevole ed accattivante.

4.2.1. La ricostruzione virtuale della *Veduta vaticana* come strumento per la ricerca: l'integrazione del modello 3D in un sistema GIS

Il GIS è uno strumento importante per la ricerca storica ed archeologica. La sua capacità di mettere in relazione grandi quantità di dati e di diversa natura ne fa uno strumento estremamente utile per lo studio della storia e dello sviluppo delle città.

Sono molti gli esempi di lavori compiuti in tal senso⁸⁹ che ne certificano la validità nell'impiego per la ricerca storica. La più recente frontiera dei GIS vede il tentativo di integrare un valore tridimensionale reale all'interno del proprio sistema.

Il 3D all'interno di un GIS è finora sempre stato un dato derivato, calcolato sulla base di valori numerici attribuiti alle singole geometrie registrate negli *shapefiles*: punti quotati, curve di livello per definire l'altimetria di un territorio e creare un DTM -Modello Digitale del Terreno-, quote al suolo e di gronda per permettere l'estrusione delle volumetrie di un edificio da dati catastali. Quello che è mancato è la possibilità di demandare la creazione dei modelli 3D a software esterni, specializzati proprio in queste operazioni. Negli ultimi tempi si sta osservando una tendenza nello sviluppo dei GIS in questa direzione, permettendo l'importazione e la gestione base di modelli creati con Autocad, SketchUp, 3ds Max e altri.

I modelli 3D così importati possono essere gestiti non solo per visualizzare semplici dati altimetrici ma come singoli elementi gestibili per la raccolta e l'analisi delle informazioni, al pari delle geometrie bidimensionali (punti, linee, poligoni) usati finora.

In questo paragrafo viene illustrato come è stato possibile usare i modelli creati in Blender per la resa tridimensionale della *Veduta prospettica di Bologna* all'interno di un GIS (ArcGIS in versione

⁸⁹ Kvamme K., *Archaeological spatial analysis using GIS: methods and issues*, in Gottarelli A. (a cura di), *Sistemi informativi e reti geografiche in archeologia: GIS-INTERNET. VII Ciclo di Lezioni sulla Ricerca applicata in Archeologia* (Certosa di Pontignano 1995), Firenze, 1997, pp. 45-58; Francovich R., Nardini A., Valenti M., *La piattaforma GIS dello scavo nella gestione di un'area cimiteriale*, in Brogiolo G. P. (a cura di), *II Congresso Nazionale di Archeologia Medievale (Atti del II Congresso Nazionale di Archeologia Medievale, 2000, Brescia, 28 settembre - 1 ottobre 2000)*, Firenze, 2000, pp. 28-36; Ceccarelli L., *Progetto Caere: dallo scavo al territorio. Una soluzione per la distribuzione dei dati tramite un GIS on-line*, in *Archeologia e Calcolatori*, 12, Firenze, 2001, pp. 105-121; Pecere B., *Viewshed e cost surface analyses per uno studio dei sistemi insediativi antichi: il caso della Daunian tra X e VI sec. a.C.*, in *Archeologia e Calcolatori*, 17, Firenze, 2006, pp. 177-213; Conolly J., Lake M., *Geophysical Information Systems in Archaeology*, Cambridge, 2006; Adami A. et al., *Lafrery's perspective map of Milan (1573): genesis and geometric content*, in *e-perimetron*, Vol. 6, No. 3, 2011, pp. 161-171. Si vedano inoltre i progetti *Aquae Urbis Romae, The Waters of the City of Rome*, University of Virginia, visualizzabile all'indirizzo <<http://www3.iath.virginia.edu/waters/>> [Ultimo accesso: marzo 2012] e *Mapping Medieval Chester*, illustrato al par. 1.6.5 e visualizzabile all'indirizzo <<http://www.medievalchester.ac.uk/index.html>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

di valutazione); di come si siano usate le geometrie 3D importate per l'analisi di alcune situazioni architettoniche mettendole in relazione con altre due fonti di periodi storici differenti: il catasto pontificio del 1835 e la metapianta derivata dal *Campione* dell'Assunteria dell'Ornato del 1715 (cfr. par. 1.6.2).

Per prima cosa ho creato in ArcGIS un nuovo progetto attraverso la definizione di un *geodatabase* con il sistema di coordinate in uso presso il Comune di Bologna; quindi all'interno del *geodatabase* sono stati definiti gli *shapefiles* di riferimento. In prima istanza è stato importato il catasto digitalizzato del 1835 con la relativa tabella recante le informazioni presenti nel brogliardo⁹⁰. In seguito ho vettorializzato la parte di metapianta del 1715 relativa a due strade da utilizzare a titolo esemplificativo della metodologia: Strada S. Donato e Strada Maggiore. Quindi ho inserito nei campi della tabella le informazioni presenti nella metapianta, relative alla proprietà ed alla natura del proprietario (ente ecclesiastico od assistenziale, studio o collegio, cittadino, nobile, proprietà pubbliche).

⁹⁰ Di Sturco C., *Fonti catastali bolognesi: analisi della proprietà nella strada S. Stefano tra XVIII e XIX secolo*, tesi di Dottorato di Ricerca discussa nel 2007 presso l'Università degli Studi di Bologna (relatori prof.ssa Francesca Bocchi e prof.ssa Rosa Smurra), pp. 32-33, consultabile al sito <<http://amsdottorato.cib.unibo.it/242/>> [Ultimo accesso: marzo 2012]; Neri M., *Una base topografica digitalizzata per la ricerca storica: applicazioni GIS*, in *La storia della città per il Museo Virtuale di Bologna*, cit., pp. 144-151; Paselli E., *La città di Bologna e la sua storia*, cit., pp. 80-82.

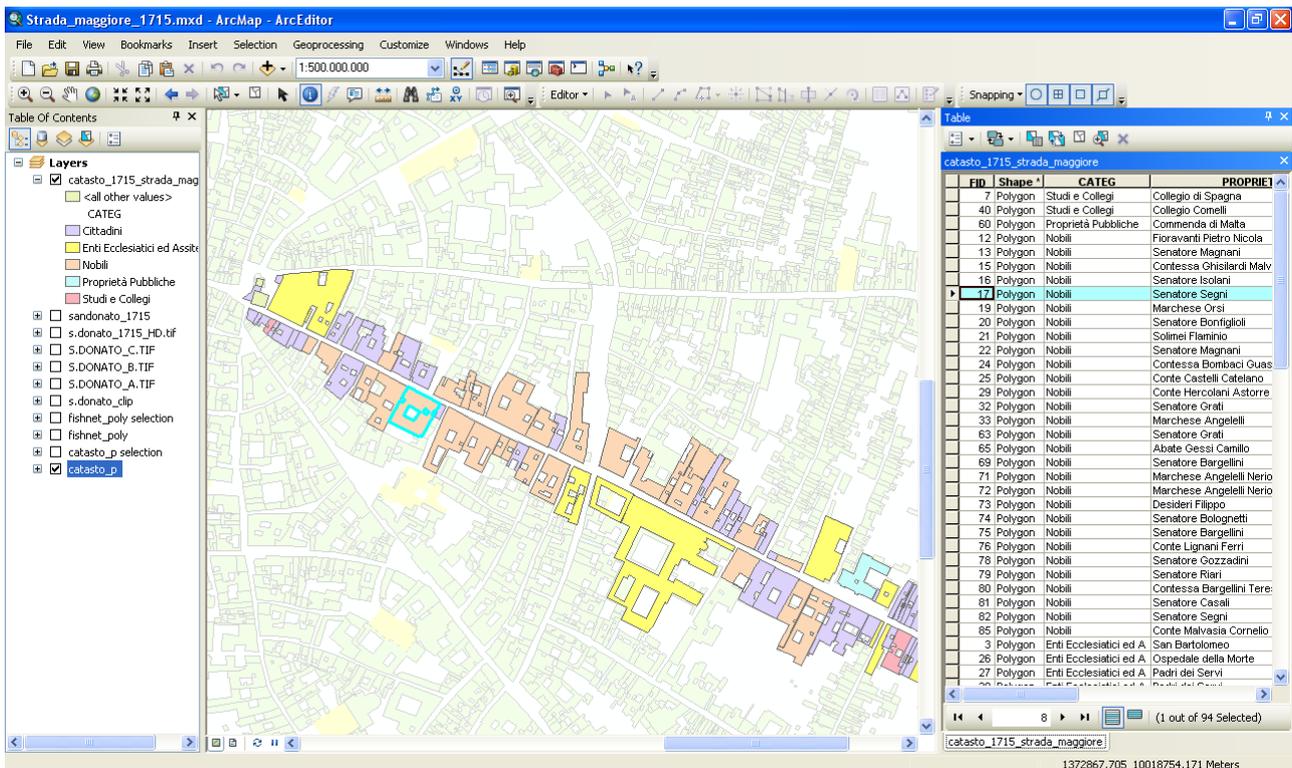


Figura 109 - ArcGIS: il *layer* vettoriale della metapianta del 1715 e relativa tabella, nella quale vengono registrate le informazioni associate alle geometrie, sovrapposto al *layer* vettoriale del catasto pontificio

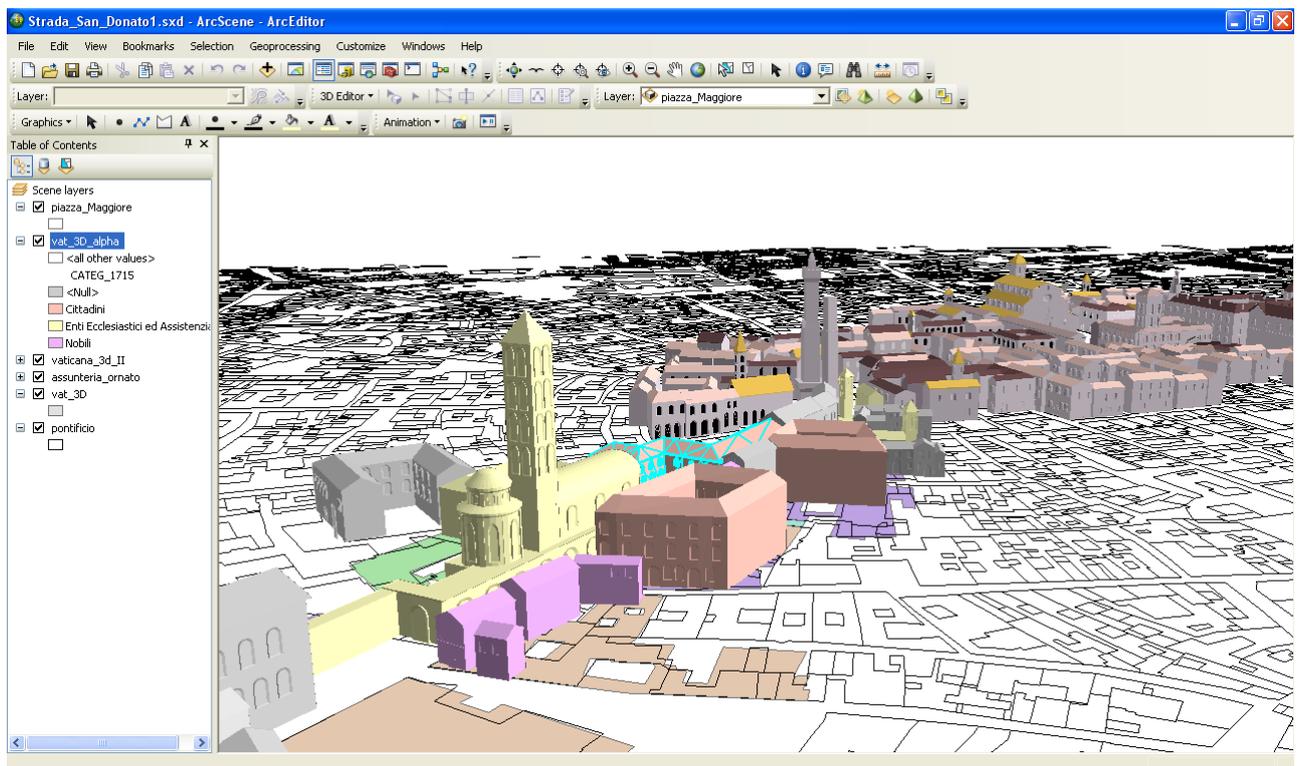


Figura 110 - ArcGIS: i modelli 3D degli edifici di strada S. Donato visualizzati in ArcScene e sovrapposti ai livelli della mappa del 1715 e del catasto pontificio

Da Blender ho in seguito esportato in formato COLLADA gli edifici che, singolarmente, vanno a popolare Strada Maggiore e Strada S. Donato, l'odierna via Zamboni. L'esportazione singola delle architetture, unità per unità attraverso l'assegnazione di un numero progressivo, si rende necessaria per poter trattare ogni edificio come tessere del mosaico urbanistico all'interno del GIS e per gestire al meglio il posizionamento geografico.

Il posizionamento dei modelli degli edifici all'interno del GIS è infatti un'operazione da attuarsi manualmente; i software di modellazione 3D come Blender infatti non offrono la possibilità di gestire in nessun modo le coordinate geografiche spaziali reali. L'unico riferimento che essi conoscono è quello loro interno dove gli assi X, Y, Z ed il loro centro cartesiano definiscono lo spazio reale relativo ma non assoluto.

Per posizionare ad esempio correttamente il terreno (cfr. par. 3.5) creato nel GIS in Blender, è stato necessario definire degli oggetti di riferimento (la griglia vettoriale del catasto pontificio, nello specifico) che, attraverso una sovrapposizione automatica dei loro *pivot*⁹¹, guidassero nella giusta posizione il terreno rispetto alla modellazione. In modo analogo per posizionare un oggetto 3D all'interno del sistema di riferimento di un GIS è necessario definirne la posizione in maniera manuale.

Nella versione 10 di ArcGIS la ESRI ha potenziato una tipologia di *feature* disponibile per le operazioni di editing vettoriale. Per la creazione e l'editing grafico vettoriale in un GIS sono presenti le opzioni di *point*, *line*, *polygon*; ESRI ha aggiunto, già da qualche versione la geometria di tipo *multipatch*⁹²dedicata proprio alla gestione della tridimensionalità del dato creato all'interno del GIS stesso. Nella versione 10 di ArcGIS il *multipatch* è stato ulteriormente sviluppato per poter gestire anche l'interscambio di dati 3D con pacchetti esterni al software ESRI. Questo sistema è valido in entrambe le direzioni:

1. Dal GIS verso software esterni per poter arricchire le geometrie tridimensionali di base che è possibile creare in ArcGIS attraverso le funzionalità più avanzate di software deputati alla sola modellazione.
2. Dai modellatori 3D verso GIS per re-importare i modelli arricchiti, ad esempio con texture, o importare modelli 3D fatti *ex novo* con programmi esterni al GIS.

⁹¹ In Computer Grafica il *pivot* è il baricentro dell'oggetto tridimensionale sul quale si applicano le trasformazioni spaziali, come lo spostamento, la rotazione e la scala.

⁹² <<http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/multipatch-geometry-type.pdf>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

In quest'ottica è stato impostato il flusso di esportazione-importazione da Blender verso ArcGIS.

Dopo aver realizzato il *geodatabase* ed importato gli *shapefiles* di riferimento, è stato creato uno *shapefile* vuoto di tipo *multipatch* e con esso la tabella destinata alla catalogazione delle informazioni. In questo modo si imposta un “contenitore” vuoto che andrà ad accogliere gli edifici 3D della modellazione dell'affresco vaticano.

I modelli sono stati importati nel file *multipatch* creato; per ogni oggetto il GIS crea, nella tabella collegata, un numero identificativo univoco che verrà poi sfruttato per la relazione tra *shapefiles*. All'interno della tabella ho creato anche dei campi appositi per registrare i dati derivanti dalla *Veduta prospettica di Bologna*, come i toponimi.

Una volta importati, i modelli vanno posizionati correttamente nella parcella corrispondente. Per questo si usa un posizionamento manuale attraverso il puntatore. Si appoggia il modello nella corretta parcella del catasto pontificio o della metapianta rifinandone in seguito l'allineamento per mezzo di normali operazioni di spostamento, rotazione ed eventuale scala.

Definito il posizionamento si può passare al collegamento e relazione tra le tabelle degli *shapefiles* presenti nel progetto.

In questo caso, per testare il corretto uso delle geometrie 3D esterne per gli scopi di analisi nel GIS sono state relazionate, attraverso i rispettivi identificativi univoci, le tabelle dei 3 elementi presenti:

1. Il catasto gregoriano del 1835.
2. La metapianta del 1715.
3. Le mesh 3D della *Veduta vaticana* del 1575.

Una volta impostate le relazioni tra le informazioni è stato possibile fare un'interrogazione incrociata. Selezionando un edificio diviene possibile visualizzare l'eventuale rimando agli altri due periodi per vedere i possibili cambiamenti, come cambi di proprietà, rifacimenti, abbattimenti ecc.

Mettendo in relazione le informazioni sugli edifici a disposizione per questi tre momenti storici differenti si è potuto dunque osservare, attraverso qualche campione esemplificativo, lo sviluppo urbano nelle zone prese in esame.

Un'analisi interessante ha avuto come oggetto i palazzi senatori, numerosi in queste due strade.

Le grandi famiglie senatorie che dall'avvio del governo papale fino all'occupazione napoleonica hanno preso parte al governo della città vollero costruirsi, soprattutto a partire dal Cinquecento, delle dimore che fossero all'altezza del lignaggio espresso dalla loro carica pubblica. Per questo motivo molti di loro comprando *ex novo* o utilizzando quelle già in loro possesso, procedettero all'abbattimento di molte dimore per fare spazio ai nuovi grandi palazzi, che in larga parte sono visitabili ancora oggi. In questo modo la componente edilizia tende a cambiare e questi cambiamenti possono essere ravvisati attraverso l'analisi diacronica delle tre fonti.

Selezionando i palazzi in 3D si apre la tabella che ci permette di vederne la situazione nel 1715 e nel 1835, se presente nei documenti. Negli esempi che seguono viene illustrato come, tramite questa metodologia, sia stato possibile osservare lo sviluppo architettonico di alcuni importanti palazzi urbani come palazzo Davia Bargellini, palazzo Malvezzi Locatelli, palazzo Paleotti (del ramo cadetto), palazzo Paleotti Salaroli, palazzo Magnani. Tutti questi casi vedono l'erezione del palazzo dopo il 1575. Nella *Veduta prospettica di Bologna* si può dunque osservare come appariva l'area prima di questa trasformazione nonché le case abbattute per creare lo spazio necessario per ciascun palazzo.

1. Palazzo Malvezzi Locatelli, situato in via Zamboni nn. 26-28 fu costruito nella sua forma attuale nel 1781 su progetto di Francesco Tadolini; nella *Veduta vaticana* e nel rilievo del 1715 sono ancora presenti le case sempre della famiglia Malvezzi che furono abbattute.

2. Palazzo Paleotti: appartenente al ramo non senatorio, è posto in via Zamboni al n.32 di fronte a palazzo Salaroli-Paleotti del ramo senatorio; questo venne riedificato nel 1781 e, nella *Veduta vaticana* sono ancora visibili le case preesistenti.

3. Palazzo Paleotti senatorio: in via Zamboni all'angolo con piazza Verdi, non muta sensibilmente le forme nelle tre situazioni temporali ma vede l'effettivo acquisto da parte dei Paleotti solo nel 1621, quindi posteriormente all'affresco bolognese.

4. Palazzo Bargellini: sito su Strada Maggiore all'angolo con largo Respighi. Il bel palazzo oggi visibile è stato edificato a partire dal 1638 sulle case appartenenti ad altre due famiglie bolognesi, i Desideri ed i Budrioli. Nella *Veduta prospettica* sono chiaramente visibili ancora queste case.

5. Palazzo Magnani, in via Zamboni 20. Il senatore Magnani stipulò il 23 agosto del 1576 una convenzione con Mariotto Ubaldini, mastro muratore, per la demolizione e rimozione delle macerie di alcune case acquistate nei primi anni del Quattrocento dai Fantuzzi. Anche in questo caso è possibile scorgere nella vaticana la situazione immediatamente pregressa all'erezione di quello che sarà la dimora senatoria dei Magnani.

Con questi semplici esempi si vuole dimostrare come un elemento 3D, creato con metodologie e mezzi esterni ad un GIS, possa ora essere usato come elemento stesso di un GIS per compiere confronti incrociati con diverse tipologie di fonti.

Riuscire ad usare il 3D in questo modo non significa solo evitare che nel giro di poco tempo il progresso delle tecniche e dei software in Computer Grafica finisca per riporre in un angolo modelli vecchi di qualche anno, ma significa anche aumentare il livello di percezione visiva in un GIS. Sintesi di questi sistemi è infatti agevolare la comprensione e l'analisi di grandi quantità di dati attraverso una riproposizione visuale delle informazioni e dei risultati. Portare il 3D all'interno dei GIS significa fare un passo avanti in questo procedimento di comprensione; questo è stato recepito dalle principali software house, che si stanno muovendo in questa direzione attraverso lo sviluppo di tecniche nuove e sempre più semplici di integrazione dei dati tridimensionali. La parola chiave in quest'ottica diventa dunque *interoperabilità*, la capacità di mettere in relazione, attraverso la standardizzazione dei formati di scambio dei file, programmi di natura e scopi diversi ma che sono accomunati da una capacità di riproposizione visuale delle informazioni atta a facilitare e a velocizzare, se usata correttamente, il lavoro di molti professionisti e studiosi anche nelle scienze storiche.

4.2.2. La ricostruzione virtuale della *Veduta vaticana* per l'*edutainment*: l'uso del *game engine* per la creazione di un ambiente interattivo

Un *game engine* è un motore grafico tridimensionale che permette la creazione di un ambiente virtuale interattivo. Attraverso un *game engine* è possibile creare un ambiente tipo game all'interno del quale un utente può spostarsi e muoversi liberamente. Principalmente questi sistemi sono nati, sviluppati ed utilizzati per l'industria dei videogames ma, da qualche anno, stanno vedendo uno sviluppo anche in ambiti non prettamente ludici, tanto da aver coniato un neologismo adatto a questa serie di prodotti: i *serious games*.

Questi, così come spiegato nei capitoli precedenti, hanno come finalità quella di ricreare situazioni reali a fini di addestramento (come nel campo medico, aeronautico e militare) o didattico-divulgativo. Quest'ultimo aspetto si rivela estremamente importante per il campo della ricerca storica, storico-archeologica e dei Beni Culturali in senso lato.

Per questo motivo si è deciso di testare la ricostruzione vaticana all'interno di un *game engine*, per cercare di ricreare una piattaforma virtuale della Bologna cinquecentesca cosicché possa essere utilizzata per comunicare in maniera intuitiva ed estremamente chiara anche ad una utenza non esperta la situazione urbanistica ed architettonica della città di cinquecento anni fa.

La scelta del motore grafico utilizzato è ricaduta su Unity 3D⁹³. Questo pacchetto commerciale è infatti uno dei *game engine* più all'avanguardia, insieme ad altri due titoli (Cry Engine e UDK- Unreal Development Kit); è stato inoltre il primo *game engine* commerciale a rilasciare una versione free per scopi non commerciali. Seppur con alcune limitazioni -anche importanti se vogliamo- la versione free di Unity comprende molte delle potenzialità del programma completo, permette di creare un ambiente interattivo importando i modelli tridimensionali da altri pacchetti software, aggiungere materiali, terreni, vegetazioni, fluidi e sistemi particellari ed esportare un file eseguibile su piattaforma sia Windows che Mac o su web player integrabile all'interno di uno sito internet.

In aggiunta (anche se a pagamento) è prevista la possibilità di esportare l'ambiente interattivo su dispositivi mobili, ampliando quindi il raggio di utilizzo anche a smartphone o tablet come Iphone o Ipad.

⁹³ <<http://unity3d.com/>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

Altri due sistemi interessanti da questo punto di vista sono UDK (Unreal Development Kit) della casa Epic Games⁹⁴ e Cry Engine della Crytek⁹⁵. Entrambi sono ottimi motori 3D con analoghe funzionalità di Unity; anche questi hanno visto negli ultimi tempi (anche se posteriormente a Unity) il rilascio di una versione educational gratuita se utilizzata per scopi non commerciali. Facendo un rapido paragone tra le tre soluzioni si possono riscontrare alcune macro differenze. Cry Engine è il motore con la migliore resa realistica, presenta una licenza educational che permette, al contrario di Unity, di sfruttare appieno le potenzialità del software ma non prevede al momento la possibilità di esportare su ambienti mobile o web. Quindi gli ambienti virtuali saranno utilizzabili solamente su piattaforme PC e Mac; questo, alla luce dell'enorme diffusione di sistemi mobili, rappresenta senza dubbio una forte limitazione.

UDK presenta una licenza di utilizzo educational completa, al pari di Cry Engine, permettendo di sfruttare anche funzioni avanzate come ombre in realtime e effetti avanzati ad esempio per la resa dei liquidi (fiumi, canali ecc.) che invece in Unity sono disponibili solo con la versione a pagamento. Inoltre permette la piena integrazione con iPhone e iPad e sempre all'interno della versione gratuita anche se non è al momento prevista la possibilità di esportare su web attraverso una soluzione web player.

Alla luce di queste considerazioni UDK si pone come l'ultima soluzione uscita in ordine cronologico tra le versioni free ma sicuramente la più interessante; al momento della fase di testing della modellazione della *Pianta vaticana* in ambiente 3D Engine UDK non aveva ancora provveduto al rilascio della sua versione educational, inoltre pesa l'impossibilità di sfruttare l'ambiente virtuale via web player; per questi motivi è stata naturale la propensione per Unity. Non è esclusa una possibile migrazione futura verso il motore grafico della Epic Games in caso di ulteriori miglioramenti.

⁹⁴ <<http://udk.com/>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

⁹⁵ <<http://www.crytek.com/cryengine>> [Ultimo accesso: marzo 2012]



Figura 111 - Game engines professionali: Unity, Udk, CryEngine

(fonte: <http://unity3d.com/>, <http://udk.com/>, <http://www.crytek.com/cryengine>)



Figura 112 - CryEngine: esempio dell'estremo livello di fotorealismo raggiunto dal motore grafico; sulla sinistra la scena reale e a destra la stessa resa virtualmente

(fonte: <http://sezione8.forumfree.it/?t=58315899>)

Il primo passaggio per l'importazione delle geometrie tridimensionali in Unity è stata la scelta del formato grafico che desse le maggiori garanzie nel riportare fedelmente le geometrie e nel mantenere i modelli il più leggeri possibile. Ancora una volta, avendo a che fare con una mole di poligoni non indifferente, è stato necessario porre particolare attenzione a questo aspetto. Negli

ambienti virtuali interattivi infatti, in misura ancora maggiore rispetto ai software di modellazione, il peso del modello ha un ruolo fondamentale: da esso infatti dipende la fluidità dei movimenti in quanto la scena deve essere ricalcolata ad ogni spostamento dell'utente nello spazio. È necessario evitare che tali spostamenti risultino scattosi quando non addirittura interrotti dall'eccessiva complessità della scena e degli elementi in essa inseriti. Sono stati testati tutti i formati in esportazione da Blender che fossero compatibili in importazione con Unity, ed in particolare: 3ds, COLLADA, obj, fbx, stl. I formati più validi tra questi si sono dimostrati il 3ds, COLLADA e obj; fbx presenta un peso maggiore, a parità di geometria e stl è soprattutto un formato orientato per lavori di reverse engineering e prototipazione.

Il formato scelto per l'esportazione è stato il COLLADA. La modellazione della *Veduta vaticana* è stata divisa in zone per agevolare le operazioni di interscambio tra i due software. Questo permette trasferimenti più veloci e la possibilità di modificare le geometrie in Blender in caso di aggiornamenti o necessità e riaggiornare automaticamente anche il modello in Unity. La comunicazione tra le due famiglie di programmi è uno dei punti di forza nell'integrazione tra un game engine ed un modellatore 3D; infatti è garantita in maniera semplice e veloce la possibilità di aggiornare, modificare, ripensare qualunque elemento importato nel motore grafico. È sufficiente, una volta effettuati i cambiamenti voluti al modello tridimensionale nel software di modellazione, esportare nuovamente la mesh nella cartella di progetto dove sono contenuti tutti gli elementi presenti nello spazio virtuale del motore grafico. In questo modo l'aggiornamento all'ultima versione dell'oggetto avverrà automaticamente, senza bisogno di doverlo riposizionare nella scena. Questa fondamentale caratteristica permette di ottimizzare al meglio tempi e modi di creazione dello spazio virtuale interattivo, fornendo sempre l'opportunità di ritornare sui modelli creati.

Il passo successivo ha visto la rifinitura dei materiali e delle textures usate in Blender (cfr. par. 3.4) all'interno di Unity. Questi vengono anch'essi esportati da Blender verso Unity insieme alle geometrie alle quali sono assegnati e necessitano solo in alcuni casi di un aggiornamento per ottimizzare alcune caratteristiche materiche (come lucentezza, riflessione ecc.) alla dinamicità che un ambiente interattivo crea.

Il terreno è stato l'elemento di più difficile contestualizzazione all'interno del motore grafico. La difficoltà è dovuta all'implementazione di un terreno impostato su dati reali, un caso questo non previsto solitamente nella creazione di videogiochi. Questa fase ha riguardato non solo la creazione del terreno e relativa testurizzazione ma anche l'aggiunta della vegetazione e dei canali.

Unity dispone di uno specifico *tool* per la gestione del terreno che permette facilmente di modellarlo secondo esigenze nonché di texturizzarlo secondo un metodo interattivo -*painting mode*. Anzitutto è stato necessario importare i dati territoriali reali trattati a GIS come *heightmap* affinché potessero essere letti correttamente da Unity. In seguito ho proceduto alla texturizzazione delle aree verdi interne agli isolati e a ridosso della *Circla* utilizzando, come per i materiali delle architetture, una serie di campionamenti cromatici estrapolati direttamente dall'affresco. In tal modo si è preferito ancora una volta prediligere l'aderenza alla fonte iconografica piuttosto che ad effetti di fotorealismo. Per la vegetazione ho utilizzato le librerie interne a Unity, le quali presentano una discreta varietà di specie ed un buon grado di verosimiglianza; inoltre, essendo uno strumento integrato nella gestione degli elementi del terreno, presenta facilità di utilizzo e un buon effetto finale. In ultimo sono stati tracciati i corsi d'acqua. Per la resa dell'acqua mi sono avvalso di un apposito *shader* presente in Unity che permette di simulare, oltre alla resa materica, il movimento della corrente così da conferire maggiore dinamismo al corso delle singole vie d'acqua.

Oltre al tracciato dei canali interni sono stati tracciati i percorsi immediatamente esterni alle mura. Questa integrazione è stata compiuta per una maggiore completezza di informazione, poiché lo "sguardo" dall'alto sul modello virtuale oltrepassa i limiti fisici del dipinto. Osservando la *Veduta vaticana* infatti ci si accorge che non vi è raffigurato nulla al di fuori della *Circla*, contrariamente a come invece appare nella cartografia bolognese successiva. Nella cornice della Sala Bologna infatti il territorio trova posto nell'affresco adiacente a quello cittadino e, forse per questo aspetto, forse per dare maggiore risalto al solo tessuto urbano o forse ancora perché costretti all'interno dei limiti imposti dalla parete, gli autori della *Veduta vaticana* si sono fermati alle porte della città. Nel modello virtuale, specie in ambiente interattivo, è stato necessario integrare questi aspetti attraverso il confronto con le mappe e le piante sei-settecentesche, nelle quali sono visibili il fossato esterno alle mura ed il corso che il canale di Reno, quello di Savena e l'Aposa hanno immediatamente fuori della città.



Figura 113 - Unity: visione globale della modellazione del tessuto urbano e del terreno di Bologna



Figura 114 - Unity: modellazione virtuale del tessuto urbano di Bologna con aggiunta della vegetazione

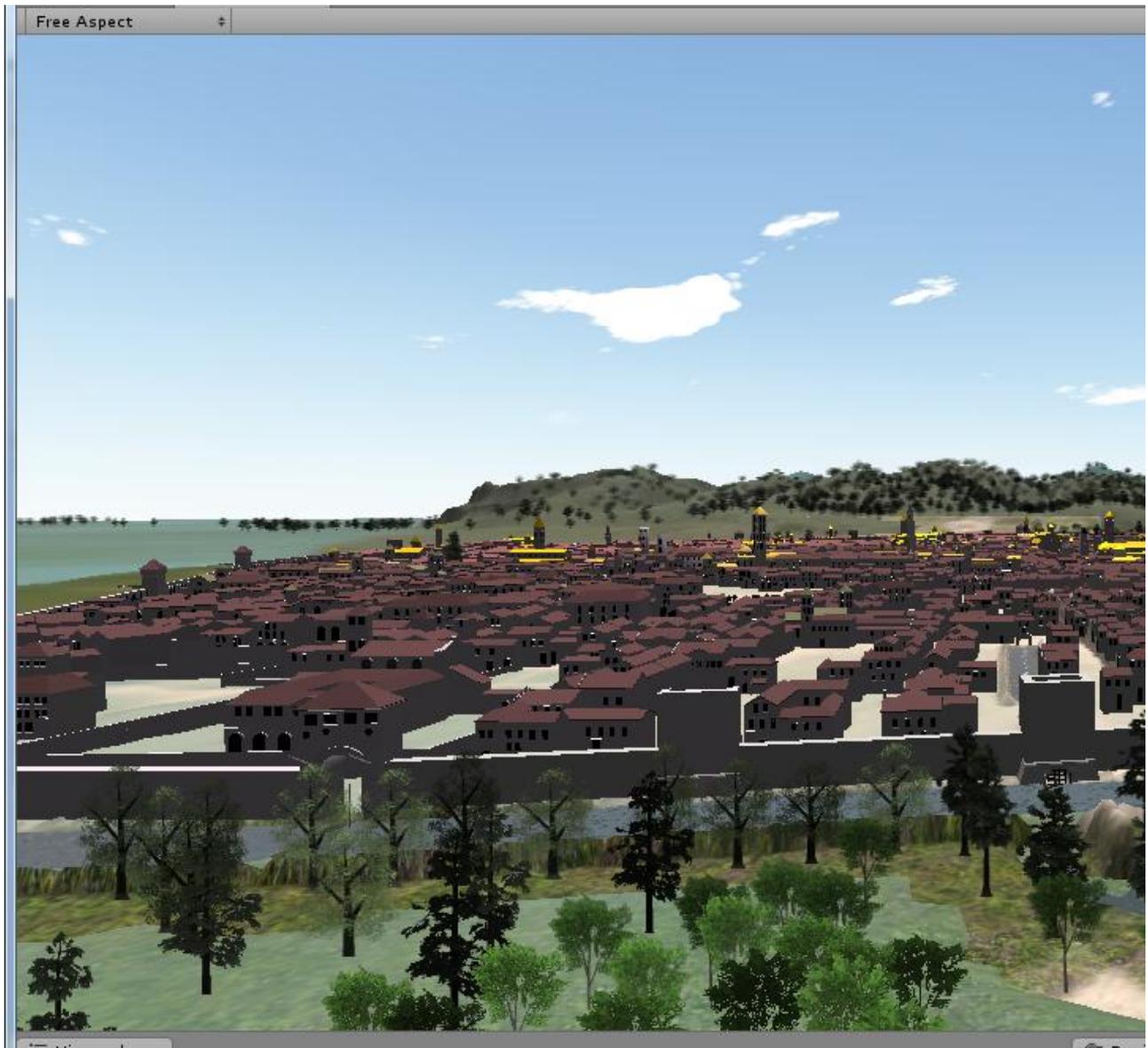


Figura 115 - Unity: modellazione virtuale del tessuto urbano di Bologna visto da nord

4.2.3. La ricostruzione virtuale della *Veduta vaticana* per l'*edutainment*: la creazione di un'app per i sistemi mobili

I dispositivi mobili (smartphone e tablet) stanno vedendo da qualche anno a questa parte una diffusione sempre maggiore nella vita quotidiana degli utenti medi. La facilità di utilizzo insieme alla costante connettività al web fanno sì che questi sistemi diventino ogni giorno parte sempre più integrante delle quotidiane abitudini.

I sistemi mobili riescono a raggruppare infatti tutta una serie di operatività che prima era demandata a tante diverse azioni: prenotare un ristorante o una visita ad un museo richiedeva infatti molte operazioni; cercare un numero di telefono, chiamare per una prenotazione e cercare infine le indicazioni stradali per raggiungere, dalla posizione corrente, il posto desiderato. Ora tutto questo è facilmente realizzabile attraverso un Iphone o Ipad, col quale ci si collega al web, si telefona e, attraverso la combinazione di GPS e mappe, si calcola il percorso in tempo reale. Lo sviluppo poi di applicazioni integrabili su questi sistemi e dalle più disparate finalità ha aperto nuove ed enormi prospettive commerciali e non solo. Diffusissime ad esempio sono le applicazioni ludiche, dove giochi classici e di ultima generazione sono stati portati ed ottimizzati per dispositivi mobili, riscuotendo enorme successo anche in virtù dei costi di acquisto dei prodotti estremamente accessibili quando non completamente gratuiti. Anche in campo culturale già da qualche tempo esistono proposte di applicazioni per *mobile*, concepite per offrire un servizio di divulgazione di informazioni su determinati luoghi o temi⁹⁶.

Prime tra le istituzioni a muoversi in questa direzione sono stati i grandi poli museali i quali, intuendone le possibili ricadute in termini di visibilità, hanno sviluppato applicazioni per agevolare le visite guidate e fornire contenuti informativi certificati dal museo stesso sulle sale e le opere esposte. Indubbiamente visitare un museo come il Louvre utilizzando un'app creata appositamente e dalla stessa struttura museale incuriosisce il visitatore ed aumenta la possibilità di una soddisfazione finale e quindi di un ritorno in termini di visibilità, pubblicità ed incremento delle visite. Accanto ai musei si stanno muovendo anche istituti di ricerca, Università e compagnie private, contribuendo ad uno sviluppo e ad una sempre maggiore diffusione di applicazioni per il

⁹⁶ *Comunicare e distribuire il turismo – Modelli e strumenti nell'era della multicanalità* . Terza conferenza italiana *Innovazione e Tecnologie dell'Informazione per il Turismo (ITIT)*, Milano IULM 30/10/2003 - 31/10/2003. All'interno della Conferenza è stato presentato per la città di Bologna il progetto di Rosa Smurra e Diego Pasinato dal titolo *Sistema di Città interattiva: applicazioni e servizi su tecnologie WAP e SMS*.

mondo dell'*edutainment*. La possibilità di arrivare a tanti in maniera semplice e diretta rappresenta indubbiamente una allettante prospettiva per chi si occupa di divulgazione e didattica nei campi storici, storico-artistici, archeologici e dei beni culturali in senso lato.

Per questo motivo è stato deciso di testare lo sviluppo di un'applicazione relativa alla rappresentazione vaticana di Bologna del 1575⁹⁷. Tale applicazione, denominata *Bononia picta*, si basa sul tentativo di coniugare al meglio le informazioni desumibili ed osservabili nell'affresco con le potenzialità mobili di posizionamento dei dispositivi smartphone e tablet. Si vuole dare la possibilità all'utente di poter girare per Bologna confrontando lo stato attuale con quello del tardo Cinquecento. Attraverso la localizzazione GPS l'utente potrà visualizzare dei punti di interesse attorno a lui e che compaiono anche nell'affresco vaticano, aprire una scheda di approfondimento nella quale potrà leggere informazioni specifiche, osservare la porzione di affresco del punto in cui si trova e vederne la ricostruzione cinquecentesca in 3D sotto forma di rendering o breve filmato.

Bononia picta è stata realizzata su ambiente IOS5 per sistemi Apple -Iphone e Ipad-; è comunque possibile uno sviluppo futuro anche per altri sistemi operativi mobili, come ad esempio Android.

Per creare l'applicazione sono state presi in considerazione diversi approcci metodologici disponibili; nello specifico ci si è rivolti a web software capaci di creare un'app senza alcuna competenza di programmazione⁹⁸ fino all'utilizzo di Xcode, l'ambiente di sviluppo integrato (IDE, Integrated Development Environment) di Apple per la progettazione di applicazioni⁹⁹.

Il primo tipo di soluzione si presenta indubbiamente come più veloce e di facile utilizzo, in quanto prevede una semplice procedura di registrazione presso un apposito sito web per permettere la creazione e lo sviluppo, tutto rigorosamente online, dell'applicazione desiderata. Sostanzialmente viene dunque utilizzata una sorta di "modello standard" per app modificabile nella grafica e nei contenuti secondo le proprie esigenze. L'aspetto negativo in questo tipo di approccio risiede nei limiti delle modificazioni che si possono apportare. Utilizzando solo gli strumenti messi a disposizione, si riescono a compiere superficiali modifiche di resa grafica ma sono impossibili modifiche strutturali profonde dell'applicazione. Questo anche per il fatto che AppsBuilder si occupa di tutto il procedimento, dalla creazione del codice alla compilazione fino alla distribuzione

⁹⁷ Orlandi M., Smurra R., *Bononia Picta: the 3d reconstruction of 16th century Bologna and the application of this technique to cultural tourism* (Atti del Quinto Congresso Internazionale Science and Technology for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin, 2011, Istanbul, Turchia, 22-25 novembre 2011), in corso di stampa.

⁹⁸ Come ad esempio AppsBuilder <<http://www.appsbuilder.com>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

⁹⁹ <<https://developer.apple.com/xcode/>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

dell'app su AppStore di Apple, evitando anche il procedimento di registrazione e di pagamento della quota annuale (99 dollari) che Apple richiede a chi si registra come sviluppatore (condizione necessaria per ridistribuire le proprie app su AppStore e iTunes). Un altro aspetto negativo dei programmi semi-automatici come AppsBuilder riguarda la presenza dei molti banner pubblicitari. Questi banner compaiono automaticamente e piuttosto numerosi; l'unica possibilità per eliminarli richiede un abbonamento al servizio AppsBuilder¹⁰⁰.

L'uso di Xcode lascia invece l'assoluta libertà di progettazione della propria applicazione; l'uso ed il download del programma sono gratuiti così come il testing della propria app sul simulatore di Iphone/Ipad presente in Xcode. Solo al momento della distribuzione o del testing su supporto reale viene richiesta la registrazione come Apple developer con conseguente versamento di quota annuale. Ovviamente l'uso di Xcode è subordinato ad una conoscenza base di Objective-C, il linguaggio di programmazione per la creazione di app.

Una soluzione intermedia può essere rappresentata da un programma gratuito denominato BuzzTouch¹⁰¹. Questo permette infatti sempre previa registrazione, di impostare l'architettura di base della propria app utilizzando gli strumenti grafici messi a disposizione sul loro sito; diversamente da soluzioni come AppsBuilder però si integra in fase di sviluppo con Xcode. Una volta impostata l'app infatti viene fatto scaricare il file progetto da aprire con Xcode (che è dunque necessario in questo caso). Attraverso BuzzTouch verranno create le pagine ed inseriti i contenuti, i quali saranno testati attraverso il simulatore all'interno di Xcode sul proprio Mac. L'integrazione tra i due sistemi permette l'aggiornamento continuo del progetto ed il testing in tempo reale; in aggiunta è possibile, attraverso il solo Xcode e la programmazione in Objective-C, andare a personalizzare in qualunque modo e a qualunque livello la struttura ed i contenuti dell'applicazione. Quest'ultimo sistema permette dunque un approccio veloce per quanto riguarda le funzioni base che si possono implementare in un'app e contestualmente una più approfondita gestione dei componenti (anche se subordinata al grado di conoscenza di Objective-C).

Il sistema BuzzTouch - Xcode è stato quello scelto per l'impostazione e lo sviluppo base di *Bononia picta*. Una volta registrato e impostata l'app ho scaricato il file progetto e l'ho aperto con Xcode. Ho quindi impostato, sempre su BuzzTouch, uno splashscreen, ossia un'immagine di presentazione che viene visualizzata per qualche secondo nelle operazioni di *loading* dell'applicazione. Quindi ho sviluppato la pagina principale inserendo un menù che possa reindirizzare alle principali parti

¹⁰⁰ Per un costo di circa 39 euro al mese.

¹⁰¹ <<http://www.buzztouch.com>> [Ultimo accesso: marzo 2012]

dell'app: una mappa ed una lista di luoghi. La mappa si appoggia direttamente sul servizio maps di Google e permette di aggiungere dei segnaposto attraverso l'indicazione delle coordinate geografiche di riferimento. Unendo a questo la possibilità da parte del sistema GPS presente in questi dispositivi di determinare la posizione corrente del fruitore è possibile creare dei percorsi culturali basati sulla *Veduta prospettica vaticana*. Tramite i segnaposto si può accedere ad una scheda informativa creata in semplice html all'interno della quale sono presenti informazioni storiche sul luogo o sull'architettura, l'immagine del posto come rappresentato nella *Veduta vaticana* ed una sua restituzione tridimensionale. Al momento la restituzione tridimensionale è stata implementata come rendering o filmato virtuale ma si vorrebbe giungere all'inserimento di un modello interattivo, gestibile attraverso comuni operazioni *touch* direttamente dall'utente.

La lista dei punti di interesse è un elenco delle architetture e dei luoghi inseriti nella mappa; attraverso l'elenco è possibile scorrere intuitivamente tutti gli elementi presenti anche sulla mappa nonché accedere in maniera immediata alla scheda descrittiva presente per ciascun elemento.

Nel menù principale è stata creata anche una scheda che rimanda ad una sezione del sito web del Centro "Gina Fasoli" per la Storia delle Città la quale contiene informazioni particolarmente chiare ed esaustive relative alla *Pianta prospettica vaticana* ed ai suoi principali punti di interesse. In tal modo si sfruttano su piattaforma *mobile* anche dei contenuti già presenti in rete e certificati dal punto di vista contenutistico impiegando contemporaneamente le risorse che i dispositivi mobili mettono a disposizione.

Il valore aggiunto che si vuole dare con *Bononia picta* non risiede tanto nei risvolti tecnologici legati alla realizzazione dell'app in sé, quanto nella certificazione del valore dei contenuti informativi che in essa l'utente può trovare. Essa si vuole porre come uno strumento "certificato" da studiosi e ricercatori dell'Università di Bologna e che garantisce innanzitutto la correttezza delle informazioni erogate e la qualità di un percorso formativo e didattico che, sfruttando (nel vero senso della parola) queste tecnologie, possa condurre con poco sforzo un fruitore non esperto alla scoperta di Bologna come si presentava cinquecento anni fa.

L'applicazione *Bononia picta* è tuttora in fase di sviluppo, come ricordato in apertura di paragrafo. I passi futuri prevedranno sicuramente l'aggiunta di numerosi altri punti di interesse con altrettante ricostruzioni tridimensionali estrapolate dalla modellazione vaticana nonché l'elaborazione di una maggiore e migliore integrazione del dato tridimensionale. Una volta poi elaborato un protocollo ed una chiara metodologia per la realizzazione di app sarà possibile espanderla anche ad altri progetti

per lo studio e la divulgazione dell'evoluzione urbana di Bologna, dalla sua fase romana a quella medievale ed oltre ancora.

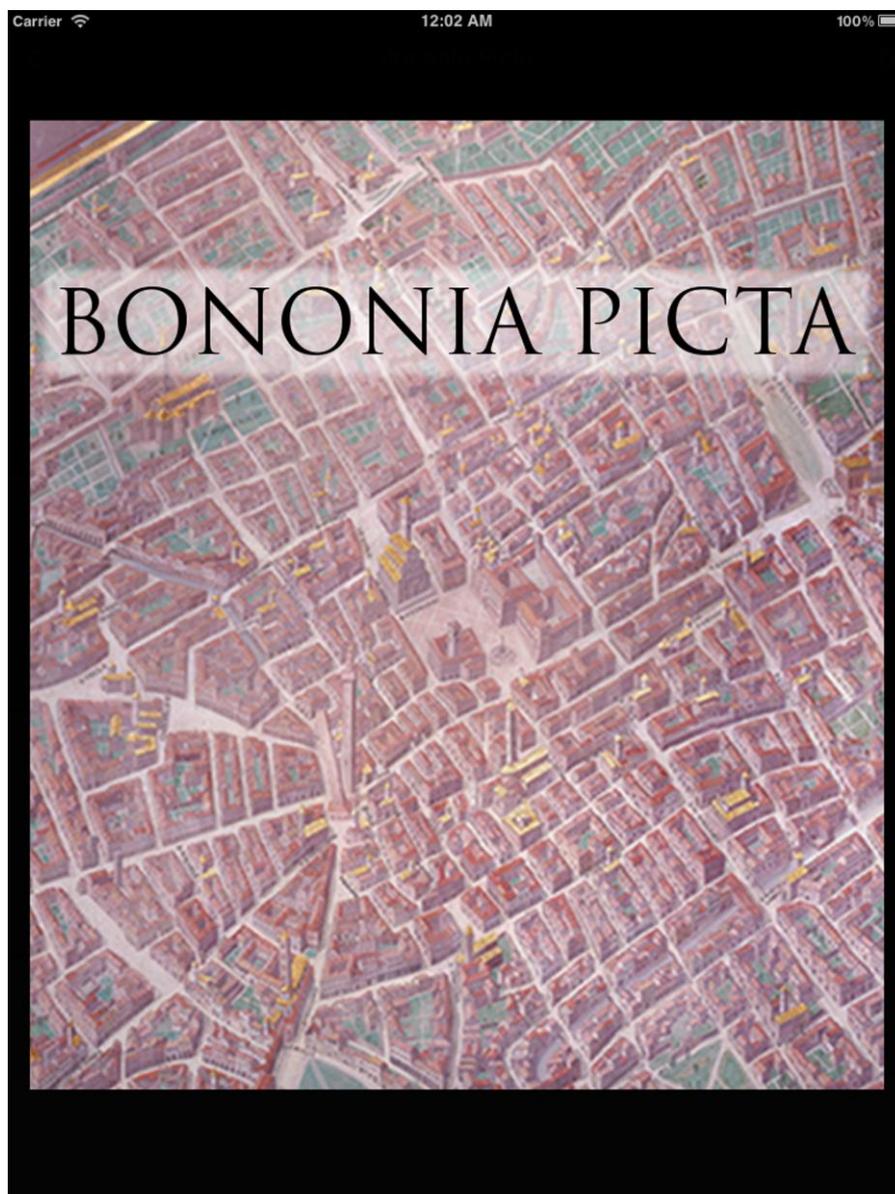


Figura 116 - *Bononia picta*: splashscreen



Figura 117 - *Bononia picta*: menu principale

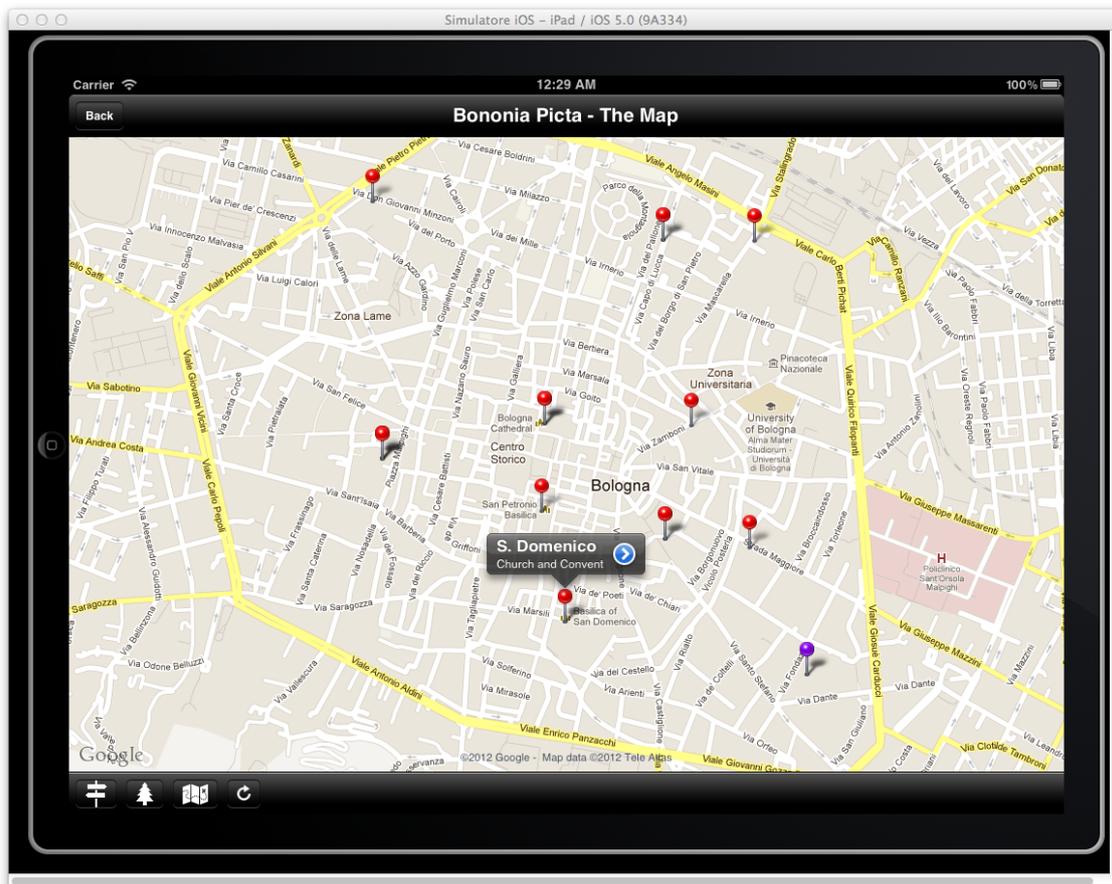


Figura 118 - *Bononia picta*: la mappa con alcuni punti di interesse

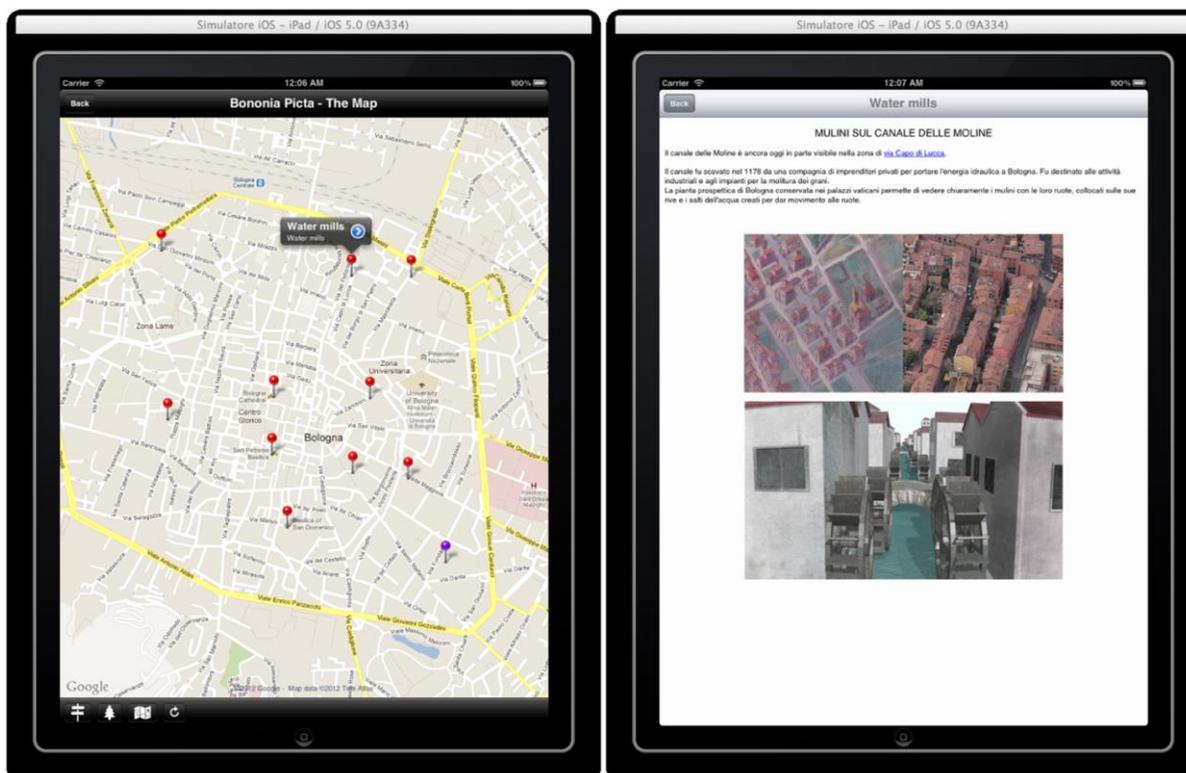


Figura 119 - *Bononia picta*: i mulini indicati sulla mappa e loro scheda descrittiva

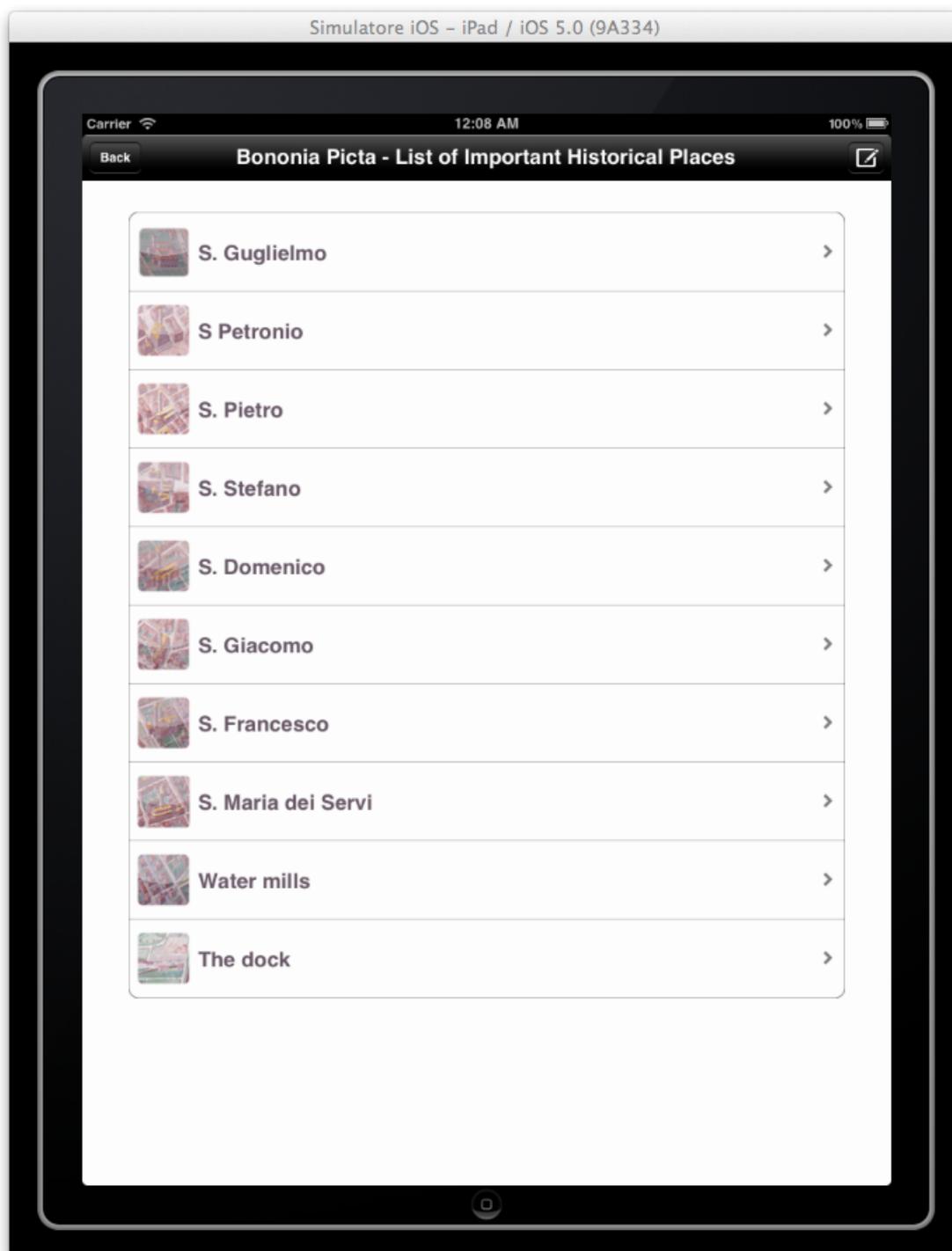


Figura 120 - *Bononia picta*: elenco di alcuni punti di interesse



Figura 121 - *Bononia picta*: la scheda relativa allo scomparso monastero di S. Guglielmo nei pressi di porta Mascarella

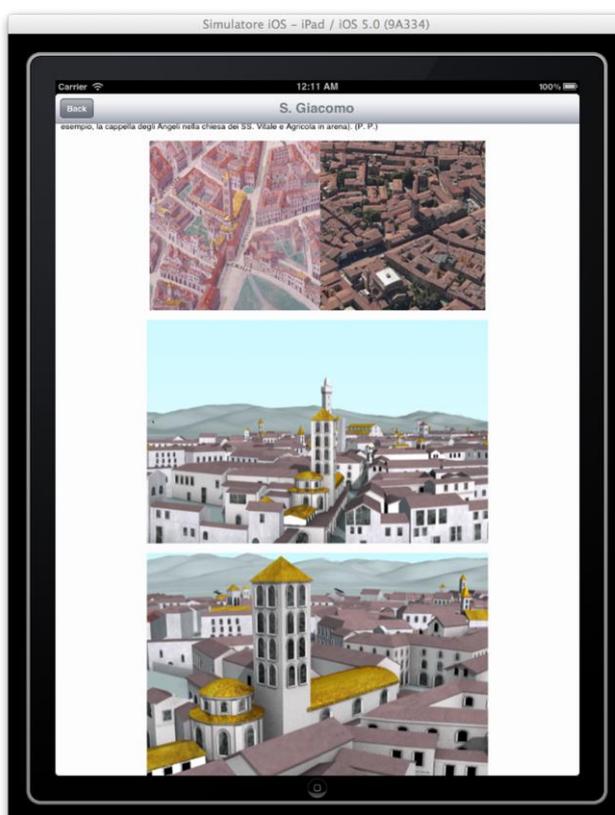


Figura 122 - *Bononia picta*: la scheda relativa a S. Giacomo Maggiore

Conclusioni

Il principale obiettivo di questo lavoro è stato quello di ricreare un modello virtuale per la città di Bologna alla fine del XVI secolo basandosi sulla *Veduta prospettica della città di Bologna* e di poter utilizzare questo modello anche al di fuori dell'ambiente di modellazione tridimensionale, nello specifico all'interno di un GIS (ArcGIS), di un game engine (Unity) per la creazione di un ambiente virtuale interattivo e di un'app per la fruizione *mobile* dei contenuti.

I principali problemi riscontrati sono derivati, in fase di modellazione, dal continuo raffronto tra l'affresco vaticano e la base topografica rappresentata dal catasto pontificio, soprattutto per gli isolati e per le strade sottoposte a distorsioni prospettiche all'interno della veduta. Una ulteriore problematica è derivata dal terreno virtuale che, modellato su dati reali e di grandi dimensioni, ha aumentato il peso informatico della modellazione in maniera sensibile. Si è cercato quindi, sia per il terreno sia per le architetture, di bilanciare il più possibile il livello di dettaglio ed il peso del file risultante.

Per le successive fasi la problematica principale è stata quella di individuare un formato di file che garantisse il risultato migliore nell'interscambio dei dati, tanto per ArcGIS quanto per Unity. A questo proposito è sembrato che il formato COLLADA potesse presentarsi come una buona soluzione per entrambe le situazioni.

Per la creazione dell'app non si sono riscontrate problematiche particolari, si attendono piuttosto gli inevitabili progressi che porteranno, si spera in tempi brevi, ad una più naturale integrazione del dato tridimensionale all'interno delle applicazioni, processo che ancora non vede delle linee di sviluppo ben definite.

La grafica 3D in ambito storico ed umanistico non può esaurire completamente il suo scopo nella sola riproposizione virtuale delle situazioni del passato. Questo è sicuramente un primo ed importante risultato, dal quale dovrebbe però avviarsi una fase successiva legata alla divulgazione dei contenuti.

Il processo di modellazione e creazione delle geometrie virtuali può essere considerato come posto a metà strada in un ideale percorso che dallo studio e dalla ricerca preliminare porta alla disseminazione dei risultati anche in favore di una utenza non esperta in materia.

In questo ipotetico percorso la ricostruzione virtuale della *Veduta prospettica di Bologna* si presenta come una fase successiva agli studi che hanno indagato e confermato l'attendibilità della

rappresentazione prospettica dipinta nell'affresco della Sala Bologna. Al contempo essa vuole raggiungere un duplice scopo: cercare di fornire uno strumento che possa essere utile sia per un proseguimento dello studio del tessuto urbano raffigurato nella veduta, sia come strumento di divulgazione della storia della città di Bologna nel tardo Cinquecento.

Per questi motivi è sembrato importante non fermarsi alla ricostruzione tridimensionale attraverso Blender ma cercare di integrare i modelli virtuali in altre piattaforme e attraverso modalità differenti al fine di cercare di sfruttare in maniera più completa le potenzialità che il dato virtuale può offrire. L'utilizzo di un GIS permette infatti di usare i modelli 3D anche in fase di studio e ricerca attraverso la sovrapposizione e l'incrocio con altri dati storici disponibili; la creazione di un'app permette di rendere consultabile il lavoro svolto attraverso i sistemi mobili, garantendone potenzialmente una diffusione ampia e una più facile comprensione per utenti non esperti in discipline storiche o anche per semplici appassionati.

Il lavoro relativo a quest'ultimo aspetto non può dirsi interamente terminato in quanto molti contenuti possono essere aggiunti per rendere più completo possibile il panorama di informazioni consultabili, nondimeno la struttura può ritenersi impostata per poter accogliere i dati che in futuro verranno inseriti. Inoltre questa stessa struttura rimane aperta e modificabile, in previsione di poter integrare ed aggiungere nuove funzioni a quelle già presenti.

Le tecniche e le metodologie illustrate, dunque, si sono dimostrate valide per il lavoro compiuto sulla *Veduta prospettica di Bologna* e possono considerarsi altrettanto applicabili a progetti di natura simile a quello presentato, che abbiano come oggetto la ricostruzione e la riproposizione degli spazi urbani e delle architetture del passato.

BIBLIOGRAFIA

Adami A. et al., *Lafrery's perspective map of Milan (1573): genesis and geometric content*, in *e-perimtron*, Vol. 6, No. 3, 2011, pp. 161-171.

Benati A., *S. Gregorio dei Mendicanti*, in Dondarini R., De Angelis C. (a cura di), *Da una crisi all'altra (secoli XIV-XVII)*, *Atlante Storico delle città italiane*, Bologna, Vol. 3, Bologna, 1997, p.177.

Benati A., *S. Maria della Pietà o dei Mendicanti*, in Dondarini R., De Angelis C. (a cura di), *Da una crisi all'altra (secoli XIV-XVII)*, *Atlante Storico delle città italiane*, Bologna, Vol. 3, Bologna, 1997, p. 138.

Bergonzoni F., Roversi G. (a cura di), *Le torri di Bologna: quando e perché sorsero, come vennero costruite, quante furono, chi le innalzò, come scomparvero, quali esistono ancora*, Bologna, 1989.

Berretta M., *Un contributo di modellazione alla fase medievale di Nu.M.E.*, in Bocchi F., Smurra R. (a cura di), *La storia della città per il museo virtuale di Bologna. Un decennio di ricerche nel Dottorato in Storia e Informatica*, Bologna, 2010, pp. 227-233.

Beseghi U., *Introduzione alle chiese di Bologna*, Bologna, 1960.

Beseghi U., *Palazzi di Bologna*, Bologna, 1960.

Bocchi F., *Il Duecento*, *Atlante Storico delle città italiane*, Bologna, Vol. 2, Bologna, 1997.

Bocchi F., *Bologna nei secoli IV-XIV. Mille anni di storia urbanistica*, Bologna, 2008.

Bocchi F., Smurra R. (a cura di), *La storia della città per il museo virtuale di Bologna. Un decennio di ricerche nel Dottorato in Storia e Informatica*, Bologna, 2010.

Bonfigli M. E., *La Realtà Virtuale applicata alla storia della città: il progetto Nu.M.E.*, in Bocchi F. e Smurra R. (a cura di), *La storia della città per il Museo Virtuale di Bologna. Un decennio di ricerche nel Dottorato in Storia e Informatica*, Bologna, 2010, pp. 51-66.

Bonino M., *Imbarcazioni e navigazione a Bologna*, in Tozzi Fontana M. (a cura di), *Bologna e l'invenzione delle acque: saperi, arti e produzioni tra '500 e '800*, Bologna, 2002, pp. 166-173.

Brito A., *Blender 3D Architecture, Buildings and Scenery*, Birmingham, 2008.

Ceccarelli F., Aksamija N. (a cura di), *La sala Bologna nei Palazzi Vaticani*, Venezia, 2011.

Ceccarelli F., *Lorenzo Sabbatini (probabilmente su disegno di Domenico Tibaldi)*. Pianta prospettica di Bologna, 1575, in Ceccarelli F., Aksamija N. (a cura di), *La sala Bologna nei Palazzi Vaticani*, Venezia, 2011, pp. 104-109.

Ceccarelli L., *Progetto Caere: dallo scavo al territorio. Una soluzione per la distribuzione dei dati tramite un GIS on-line*, in *Archeologia e Calcolatori*, 12, Firenze, 2001, pp. 105-121.

Conolly J., Lake M., *Geographical Information Systems in Archaeology*, Cambridge, 2006.

Cuppini G. P., *Palazzi senatori a Bologna: architettura come immagine del potere*, Bologna, 1974.

Di Sturco C., *Fonti catastali bolognesi: analisi della proprietà nella strada S. Stefano tra XVIII e XIX secolo*, tesi di Dottorato di Ricerca discussa nel 2007 presso l'Università degli Studi di Bologna (relatori prof.ssa Francesca Bocchi e prof.ssa Rosa Smurra), consultabile al sito <<http://amsdottorato.cib.unibo.it/242/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Di Sturco C., *Strada Santo Stefano tra XVIII e XIX secolo. Trasformazioni urbanistiche e socio-economiche*, in Bocchi F. e Smurra R. (a cura di), *La storia della città per il Museo Virtuale di Bologna. Un decennio di ricerche nel Dottorato in Storia e Informatica*, Bologna, 2010, pp. 177-185.

Dondarini R., De Angelis C. (a cura di), *Da una crisi all'altra (secoli XIV-XVII)*, *Atlante Storico delle città italiane*, Bologna, Vol. 3, Bologna, 1997.

Durand Y., *Nantes de la Renaissance a la Révolution*, in Bois P. (a cura di), *Histoire de Nantes*, Toulouse, 1984, pp. 155-240.

Dylla K., Frischer B., Mueller P., Ulmer A., Haegler S., *Rome Reborn 2.0: A Case Study of Virtual City Reconstruction Using Procedural Modeling Techniques*, in *CAA 2009. Making History Interactive* (Atti della Trentasettesima Conferenza CAA - Computers Applications in Archaeology 2009, Williamsburg, Virginia, 22-26 marzo 2009), 2010, pp. 62-66.

Falk Anderson E., McLoughlin L., Liarokapis F., Peters C., Petridis P., de Freitas S., *Serious Games in Cultural Heritage*, in *VAST2009 – Future Technologies to Empower Heritage Professionals*, (Atti del 10th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage, Malta, 22-25 settembre 2009), 2009, pp. 29-48.

Fanti M., *Le vie di Bologna. Saggio di toponomastica storica e di storia della toponomastica urbana*, Bologna, 1974.

Finelli A., *Bologna ai tempi che vi soggiornò Dante e l'ultima cerchia murata*, Bologna, 1929.

Fini M., *Bologna sacra. Tutte le chiese in due millenni di storia*, Bologna, 2007.

Francovich R., Nardini A., Valenti M., *La piattaforma GIS dello scavo nella gestione di un'area cimiteriale*, in Brogiolo G. P. (a cura di), *II Congresso Nazionale di Archeologia Medievale (Atti del II Congresso Nazionale di Archeologia Medievale, 2000, Brescia, 28 settembre - 1 ottobre 2000)*, Firenze, 2000, pp. 28-36.

Gatta G., *Valorizzazione di cartografia storica attraverso moderne tecniche geomantiche: recupero metrico, elaborazione e consultazione in ambiente digitale*, tesi di Dottorato di Ricerca discussa nel 2010 presso l'Università degli Studi di Bologna (relatore prof. Gabriele Bitelli), consultabile al sito <<http://amsdottorato.cib.unibo.it/3148/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Ghizzoni M., *Analisi storica e informatica di fonti iconografiche: la pianta prospettica di Bologna in Vaticano (1575)*, tesi di Dottorato di Ricerca discussa nel 2002 presso l'Università degli Studi di Bologna (relatore prof.ssa Francesca Bocchi).

Ghizzoni M., *L'immagine di Bologna nella veduta vaticana del 1575*, in Bocchi F., Smurra R. (a cura di), *Imago Urbis. L'immagine della città nella storia d'Italia*, Atti del convegno internazionale (Bologna 5-7 settembre 2001), Roma, 2003, pp. 139-173.

Ghizzoni M., *La pianta prospettica di Bologna nel 1575: attendibilità della fonte*, in Bocchi F., Smurra R. (a cura di), *La storia della città per il museo virtuale di Bologna. Un decennio di ricerche nel Dottorato in Storia e Informatica*, Bologna, 2010, pp. 85-98.

Guidi G., Frischer B. et al., *Virtualizing Ancient Rome: 3D Acquisition and Modeling of a Large Plaster-of-Paris Model of Imperial Rome*, in Beraldin J. A., El-Hakim S. F., Gruen A., Walton J. S. (a cura di), *Videometrics VIII (Atti del Convegno Videometrics - Electronic Imaging 2005, 18-20 gennaio 2005, San Jose, California, USA)*, 2005, pp.119-133.

Guidotti Magnani G. P., *Indice dei toponimi della sala Bologna*, in Ceccarelli F., Aksamija N. (a cura di), *La sala Bologna nei Palazzi Vaticani*, Venezia, 2011, pp. 189-193.

Greco G., Preti A. Tarozzi F. (a cura di), *Dall'età dei lumi agli anni Trenta (secoli XVIII-XX)*, *Atlante Storico delle città italiane, Bologna, Vol. 4*, Bologna, 1997.

Kvamme K., *Archaeological spatial analysis using GIS: methods and issues*, in Gottarelli A. (a cura di), *Sistemi informativi e reti geografiche in archeologia: GIS-INTERNET. VII Ciclo di Lezioni sulla Ricerca applicata in Archeologia* (Certosa di Pontignano 1995), Firenze, 1997, pp. 45-58.

Lercari N., *Nuove forme di comunicazione per Nu.M.E. (2010)*, in Bocchi F., Smurra R. (a cura di), *La storia della città per il museo virtuale di Bologna. Un decennio di ricerche nel Dottorato in Storia e Informatica*, Bologna, 2010, pp. 217-225.

Lugli F., *La ricostruzione della cartografia: la mappa di Bologna del 1715*, in Bocchi F. (a cura di), *I portici di Bologna e l'edilizia civile medievale*, Bologna, 1990, pp. 277-281.

Lugli F., *L'affresco vaticano: un metodo di utilizzazione*, in Dondarini R., De Angelis C. (a cura di), *Da una crisi all'altra (secoli XIV-XVII), Atlante Storico delle città italiane, Bologna, Vol. 3*, Bologna 1997, pp.107-110.

Mullen T., *Mastering Blender*, Indianapolis, 2009.

Nannelli P., *Porto e Salara*, in Dondarini R., De Angelis C. (a cura di), *Da una crisi all'altra (secoli XIV-XVII), Atlante Storico delle città italiane, Bologna, Vol. 3*, Bologna, 1997, p. 127.

Neri M., *Una base topografica digitalizzata per la ricerca storica: applicazioni GIS*, tesi di Dottorato di Ricerca discussa nel 2006 presso l'Università degli Studi di Bologna (relatore ing. Fernando Lugli).

Neri M., *Una base topografica digitalizzata per la ricerca storica: applicazioni GIS*, in Bocchi F., Smurra R. (a cura di), *La storia della città per il museo virtuale di Bologna. Un decennio di ricerche nel Dottorato in Storia e Informatica*, Bologna, 2010, pp. 143-151.

Orlandi M., Smurra R., *Bononia Picta: the 3D reconstruction of 16th century Bologna and the application of this technique to cultural tourism* (Atti del Quinto Congresso Internazionale Science and Technology for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin, 2011, Istanbul, Turchia, 22-25 novembre 2011), in corso di stampa.

Paselli E., *La città di Bologna e la sua storia: diffusione e condivisione delle conoscenze attraverso WebGis opensource e WebMapping*, tesi di Dottorato di Ricerca discussa nel 2009 presso l'Università degli Studi di Bologna (relatore prof.ssa Rosa Smurra), consultabile al sito <http://amsdottorato.cib.unibo.it/1566/> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Paselli E., *La città di Bologna e la sua storia: diffusione e condivisione delle conoscenze attraverso WebGis opensource e Web Mapping*, in Bocchi F., Smurra R. (a cura di), *La storia della città per il museo virtuale di Bologna. Un decennio di ricerche nel Dottorato in Storia e Informatica*, Bologna, 2010, pp. 201-216.

Pecere B., *Viewshed e cost surface analyses per uno studio dei sistemi insediativi antichi: il caso della Daunia tra X e VI sec. a.C.*, in *Archeologia e Calcolatori*, 17, Firenze, 2006, pp. 177-213.

Porta P., *S. Maria Maggiore*, in Dondarini R., De Angelis C. (a cura di), *Da una crisi all'altra (secoli XIV-XVII)*, *Atlante Storico delle città italiane*, Bologna, Vol. 3, Bologna, 1997.

Ricci C., Zucchini G., *Guida di Bologna Nuova edizione illustrata*, Bologna, 1968 (prima edizione 1930).

Ricci G., *Bologna*, Roma-Bari, 1980.

Sassatelli G., Morigi Govi C., Ortalli J., Bocchi F. (a cura di), *Da Felsina a Bononia: dalle origini al XII secolo*, *Atlante Storico delle città italiane*, Bologna, Vol. 1, Bologna, 1997.

Smurra R., Paselli E., *Bologna medievale, GIS e Google Earth: nuove forme di pubblicazione e fruizione per la ricerca*, in *Intelligenza artificiale e Scienze della Vita* (Atti del Decimo Convegno dell'Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale AI*IA 2008, Cagliari, 11-13 settembre 2008), 2008, pp. 92 – 100.

Smurra R., *Spazio e società nel comune medievale: la ricostruzione virtuale di Porta Ravennana a Bologna*, in Bocchi F., Smurra R. (a cura di), *La storia della città per il museo virtuale di Bologna. Un decennio di ricerche nel Dottorato in Storia e Informatica*, Bologna, 2010, pp. 25-49.

Stroffolino D., *La città misurata. Tecniche e strumenti di rilevamento nei trattati a stampa del Cinquecento*, Roma, 1999.

Valenti V., *La modellazione architettonica per il progetto Nu.M.E.*, in Bocchi F., Smurra R. (a cura di), *La storia della città per il museo virtuale di Bologna. Un decennio di ricerche nel Dottorato in Storia e Informatica*, Bologna, 2010, pp. 153-175.

Van Gumster J., *Blender for dummies*, Hoboken, 2009.

Veltman K., *New Media and Transformations in Knowledge*, in Gemmeke C., Hartmut J., Harald K. (a cura di), *Euphorie Digital? Aspekte der Wissensvermittlung in Kunst, Kultur und Technologie*, Bielefeld, 2001, pp. 35-62, 131-166.

Veltman K., *Development and Challenges in Digital Culture*, in *Electronic Imaging & the Visual Arts Conference* (EVA Conference 2001, Mosca, 3-8 dicembre 2001), pp. 33–39; Veltman K., *Historical Heritage and Future Creativity* (Atti del First International Workshop on ICTs, Arts and Cultural Heritage with Special Emphasis on Applications, Local Development and Local Learning, San Sebastian, 5 maggio 2003), pp. 33–39.

Veltman K., *Historical Heritage and Future Creativity* (Atti del First International Workshop on ICTs, Arts and Cultural Heritage with Special Emphasis on Applications, Local Development and Local Learning, San Sebastian, 5 maggio 2003).

Veltman K., *Edutainment, Technotainment e cultura*, in Valentino P. A., Delli Quadri L. M. (a cura di), *Cultura in gioco: le nuove frontiere di musei, didattica e industria culturale nell'era dell'interattività*, Firenze, 2004, pp. 165-205.

Veltman K., *New Technologies in the Communication of Cultural Heritage*, in *Recupero di Emergenze Storico-Artistiche e Effetti Positivi di marketing Territoriale* (Congresso internazionale, Albenga, 9-10 maggio 2008).

Wells S., Frischer B., Ross D., Keller C., *Rome Reborn in Google Earth*, in *CAA 2009. Making History Interactive* (Atti della Trentasettesima Conferenza CAA - Computers Applications in Archaeology 2009, Williamsburg, Virginia, 22-26 marzo 2009), 2010, pp. 373-379.

SITOGRAFIA

REALTÀ AUMENTATA

<<http://www.getonscreen.it/ar.htm>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

<<http://www.augmentedrealityformarketing.eu/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

<http://www.youtube.com/watch?v=Q_xF8ujj7ko> [Ultimo accesso: marzo 2012].

<<http://www.youtube.com/watch?v=yFwzFby2eNo>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

<<http://www.youtube.com/watch?v=D-A114Jn6EY>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

PRINCIPALI SOFTWARE DI MODELLAZIONE 3D

3ds Max <<http://usa.autodesk.com/3ds-max/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Maya <<http://usa.autodesk.com/maya/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Modo <<http://www.luxology.com/modo/index.aspx>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Cinema 4D <<http://www.maxon.net/it/home.html>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Lightwave <<http://www.newtek.com/lightwave.html>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Houdini <<http://www.sidefx.com/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

ZBrush <<http://www.pixologic.com/home.php>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Mudbox <<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=13565063&siteID=123112>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

SketchUp <<http://sketchup.google.com/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Daz 3D <<http://www.daz3d.com/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Cheetah3D <<http://www.cheetah3d.com/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

BLENDER

Blender <<http://www.blender.org>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Blender Cookie <<http://www.blendercookie.com>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Blender Artists <<http://blenderartists.org/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Blenderart Magazine <<http://blenderart.org/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Blender Magazine Italia <<http://www.blendermagazineitalia.it/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Blender Nation <<http://www.blendernation.com>> Ultimo accesso: marzo 2012].

MOTORI DI RENDERING ESTERNI

Vray <<http://www.chaosgroup.com/en/2/index.htm>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Maxwell Render <<http://www.maxwellrender.it/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Fryrender <<http://www.randomcontrol.com/fryrender> > [Ultimo accesso: marzo 2012].

GAME ENGINES

Unity 3D <<http://unity3d.com>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

CryENGINE <<http://www.crytek.com/cryengine>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

UDK < <http://udk.com/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Quest 3D<<http://www.quest3d.com/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

RICOSTRUZIONI STORICHE TRIDIMENSIONALI

Nu.M.E. <<http://www.centrofasoli.unibo.it>> sezione Nume. [Ultimo accesso: marzo 2012].

Nantes en 1757 <<http://www.axyz.fr/>> sezione Patrimoine - Applications interactives et temps réel. [Ultimo accesso: marzo 2012].

Hof van Dordrecht

<<http://www.paladinstudios.com>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

<<http://www.paladinstudios.com/cms/case-studies/hof-van-dordrecht/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Byzantium 1200

<<http://www.byzantium1200.com/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

<<http://www.youtube.com/user/Byzantium1200>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Rome Reborn <<http://www.romereborn.virginia.edu/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

GAMES E ANIMAZIONE 3D

Assassin's Creed Lineage <http://www.youtube.com/watch?v=RzzzMoO70_Y> [Ultimo accesso: marzo 2012]

Big Buck Bunny <<http://www.bigbuckbunny.org/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Sintel <<http://www.sintel.org/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

GIS

ArcGIS

<<http://www.esriitalia.it/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

<<http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/multipatch-geometry-type.pdf>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

MapAnalyst <<http://mapanalyst.org/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

APPLICAZIONI GIS IN CAMPO STORICO

Aquae Urbis Romae: The Waters of the City of Rome <<http://www3.iath.virginia.edu/waters/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Mapping medieval Chester <<http://www.medievalchester.ac.uk/index.html>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

SOFTWARE PER LA CREAZIONE DI APP

AppsBuilder <<http://www.appsbuilder.com>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

Xcode <<https://developer.apple.com/xcode/>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

BuzzTouch <<http://www.buzztouch.com>> [Ultimo accesso: marzo 2012].

