

LA MODELLAZIONE 3D DI UNA RUOTA AD ACQUA DEL XVI SECOLO

3D MODELING OF A 16TH CENTURY WATER WHEEL

*Martino Sacchi, Liceo Scientifico «Giordano Bruno» – Melzo,
martinosacchi60@gmail.com*

SOMMARIO

In questo articolo si descrive l'esperienza didattica realizzata durante l'anno scolastico 2016-17 nella 4 B del Liceo Scientifico Linguistico Giordano Bruno di Melzo consistente nella realizzazione da parte di un gruppo di studenti di una modellazione 3D animata di una macchina per il sollevamento dell'acqua dalle miniere, descritta nel libro *De Re Metallica* di Georg Bauer (1563).

PAROLE CHIAVE

New media, media education, PNSD, modellazione 3D, Blender

ABSTRACT

A 3D model of a complex machinery from the famous 16th century book *De Re Metallica*, by Georg Bauer (1563) was the goal of the workshop here presented. The workshop was carried out in 2016-17 by a group of 17-year-old students of Liceo Scientifico Linguistico Statale «Giordano Bruno» (Melzo, Milano, Italy). This paper describes the aims, the methodology, the contents and the tools that have been used to implement the model and the animation.

KEYWORDS

New media, media education, NPDS, modeling 3D, Blender

Autore per corrispondenza

Martino Sacchi, Liceo Scientifico Giordano Bruno – Melzo, martinosacchi60@gmail.com

LUOGO: Liceo Scientifico Linguistico Statale Giordano Bruno, Melzo (MI)
UTENTI: Classe IV Scientifico
DURATA PROGETTO: 50 ore
MATERIALI E TECNOLOGIE: notebook, Blender, Filmora, registratore proprietario Microsoft, Outlook, Skype
PRODOTTO REALIZZATO: Modellazione 3D, animazione, video

1 Il contesto didattico

La classe in cui si è svolta l'esperienza è composta di 20 tra studentesse e studenti ed è considerata dai docenti un gruppo particolarmente sensibile agli stimoli forniti dagli insegnanti. Tutti gli studenti della classe mostrano competenze informatiche buone. La quasi totalità è abituata a portare il notebook personale in classe e a utilizzarlo (in locale, visto che la scuola non dispone di rete wi-fi) per prendere appunti durante le lezioni almeno di storia e filosofia, di cui l'Autore è titolare di cattedra. Gli studenti sanno produrre e gestire un testo evoluto di Word (creazione di gabbia tipografica, inserimento di note a piè di pagina, uso degli stili nei titoli per creare automaticamente sommari, uso delle funzioni per la creazione di indici analitici automatici, inserimento delle immagini e delle didascalie, creazione automatica degli indici delle immagini, creazione manuale di marginalia), dispongono di conoscenze elementari di HTML, gestiscono in autonomia un account di classe su Google Drive, si muovono con scioltezza in ambienti di e-learning come Moodle, sanno costruire mappe concettuali complesse utilizzando CMap e infografiche utilizzando siti dedicati come Easil.ly.

Il liceo, dal canto suo, è stato cablato internamente con una fibra ottica certificata da 100 Mb/sec già nel 2001, anticipando quindi di molto l'Azione #2 del PNSD (Cablaggio interno di tutte le scuole).

All'interno della classe si era evidenziato già lo scorso anno (quindi in terza) un gruppetto di cinque studenti¹ che, seguendo un percorso del tutto autonomo e sganciato dalla normale attività scolastica, avevano imparato a utilizzare il programma Blender (Andresciani, 2014).

Si tratta, com'è noto, di una potente suite free e open source per la modellazione 3D, il rigging,² l'animazione, il rendering³ e il compositing.⁴ Gli studenti in questione, dopo aver sentito parlare del programma in una lezione di storia

¹ Verranno in seguito indicati con le sole iniziali per il rispetto della normativa sulla privacy e sui dati sensibili dei minori.

² Tecnica di animazione digitale usata soprattutto per la modellazione dei corpi umani, nella quale la rappresentazione della superficie esterna del corpo (skin) è collegata a un insieme di elementi gerarchici collegati tra loro (rig) raffiguranti le ossa.

³ Generazione di un'immagine a partire da una descrizione matematica di un ambiente 3D attraverso appositi algoritmi.

⁴ La combinazione di elementi visivi provenienti da fonti separate in singole immagini per creare l'illusione che siano parti della stessa scena.

(nella quale peraltro veniva citato solo di sfuggita) si erano attivati in modo del tutto autonomo per ritrovare il programma in rete, scaricarlo, installarlo e quindi cercare tutorial che ne descrivessero almeno le funzioni base.

Solo dopo qualche tempo che lavoravano in totale autonomia hanno condiviso con l'Autore i primi lavori: la modellazione di un Pokemon e una spada laser. Si è subito posto il problema di come operare per non sprecare l'occasione e ricondurre le evidenti competenze personali di questi studenti all'interno di un percorso scolastico riconoscibile, condivisibile e valutabile. Nel corso della classe terza il lavoro che l'Autore ha proposto loro è stato la modellazione 3D della chiesa di San Francesco a Pozzuolo Martesana.⁵ Nel corso della quarta ci si è proposti invece un obiettivo più ambizioso, come si vedrà più avanti.

In ogni caso si può già segnalare come le attività fin qui delineate corrispondano in effetti ad alcune delle indicazioni contenute nel documento del Piano Nazionale Scuola Digitale. Prima di tutto, esse corrispondono all'indicazione secondo la quale «occorre rafforzare le competenze relative alla comprensione e alla produzione di contenuti complessi e articolati anche all'interno dell'universo comunicativo digitale, nel quale a volte prevalgono granularità e frammentazione» (MIUR, 2015, p. 29); in secondo luogo, sembra evidente che rispondano anche alla «sfida delle competenze digitali» interpretata come il «sostenere l'attività del docente come facilitatore» (Ibidem, p. 76). Infatti, anche se sicuramente non ci troviamo di fronte a una situazione di difficoltà emozionale o personale da parte degli studenti, tali da richiedere in modo imperativo l'intervento di un docente facilitatore nel senso forte e pieno del termine (De Sario & Fedi, 2011, pp. 118-119), è altrettanto vero che i ragazzi manifestavano con tutta evidenza conoscenze, abilità e competenze nel campo informatico che non potevano essere ricomprese in maniera automatica nei normali curricula di un liceo scientifico a indirizzo tradizionale, quale è il Liceo «Giordano Bruno». Esisteva quindi il concreto rischio che tali conoscenze e competenze andassero disperse, o addirittura finissero per ostacolare i ragazzi nella normale attività di apprendimento: il loro evidente coinvolgimento emotivo e la loro passione per l'informatica facevano sì che qualsiasi cosa i docenti avessero proposto loro probabilmente sarebbe risultato in secondo piano rispetto a queste attività. Era ragionevole, oltre che conforme alle linee guida del PNSD, trovare il modo di facilitare il recupero di tali potenzialità modificando almeno in parte la traiettoria della didattica, almeno nelle materie in cui fosse possibile.

2 La scelta del progetto

Questa correzione di traiettoria è stata tutto sommato agevole. Nel corso di storia proposto dall'Autore, destinato a studentesse e studenti che per il 30% circa scelgono dopo gli esami di Stato una facoltà di ingegneria o comunque

⁵ Il lavoro è ora visibile all'indirizzo <http://www.ariannascuola.eu/ilfilodiarianna/it/storia/dinamiche-e-problemi/la-citta-nel-medioevo/609-la-chiesa-di-pozzuolo-martesana.html> [Accesso 02/10/2017].

scientifico,⁶ viene riservata sempre un'attenzione particolare alla storia della tecnologia. Nel XVI secolo (il periodo che viene affrontato all'inizio della classe quarta) una parte importante è rivestita dalla tecnologia mineraria e in particolare dalle pompe o meglio dai mezzi per togliere l'acqua dalle miniere. La fonte più famosa al riguardo è il celebre *De Re Metallica*⁷ di Georg Bauer (latinizzato in Georgius Agricola).

È stato piuttosto ovvio proporre agli studenti di scegliere tra le immagini del libro VI (dedicate alle macchine impiegate nelle miniere) quella di maggiore interesse per ricavarne un modello in 3D con animazione e relativo filmato, da realizzare con Blender. Una delle ragioni che rendeva interessante questa strategia era, tra l'altro, il fatto che non risultano reperibili on line animazioni delle macchine descritte da Bauer. La scelta degli studenti si è appuntata su una grande macchina per l'estrazione dell'acqua dalle miniere, caratterizzata dalla presenza di due ruote ad acqua solidali ma funzionanti in direzioni opposte per sollevare o abbassare nel pozzo della miniera un secchio in cuoio.⁸ Si tratta della settima e ultima macchina descritta da Bauer nella sezione ad esse dedicata: è un marchingegno molto famoso per le sue dimensioni e la sua complessità, che non a caso viene spesso riprodotto nei manuali scolastici (De Bernardi & Guarracino, 2012, p. 287). Di solito però il disegno viene presentato fuori contesto, talvolta in una tavola isolata e senza dare spiegazioni dettagliate sul funzionamento (Figura 1).

Una peculiarità dell'opera di Bauer, che non è possibile ovviamente approfondire in questa sede, è la compenetrazione tra immagine e testo esplicativo. Contestualmente allo studio dell'immagine, per comprendere il funzionamento concreto della macchina è stato in effetti necessario anche procedere allo studio del testo di accompagnamento. Non essendo stato possibile trovare una tradu-

⁶ «Scuola in chiaro» all'indirizzo: <http://cercalatuascuola.istruzione.it/cercalatuascuola/istituti/MIPS210009/giordano-bruno/alumni/universita/> [Accesso 02/10/2017]. Si tenga presente tuttavia che i dati sono distorti dal fatto che vengono calcolati come facenti parte di un unico panel statistico tutte le studentesse e gli studenti iscritti al Liceo «Giordano Bruno», che però si divide in Liceo scientifico e Liceo linguistico. Se si potessero estrapolare i dati relativi al solo Liceo scientifico, la percentuale di quanti scelgono una facoltà nell'ambito ingegneristico o scientifico salirebbe in modo consistente. «Eduscopio 2016-17», ad esempio, indica una percentuale di 37,5% di maturati che sceglie l'area tecnica (intendendo la facoltà di ingegneria e affini) e un altro 17,7% per l'area scientifica, per un totale di 55,2%.

⁷ Il *De Re Metallica* può essere considerato il primo trattato moderno sulle tecniche minerarie. Pubblicato nel 1556, contiene le conoscenze più aggiornate dell'epoca sui giacimenti minerali, sulle tecniche di ricerca, sulla coltivazione dei giacimenti e il trattamento dei minerali estratti. Esso è famoso non solo per il suo valore culturale, ma anche e soprattutto per il corredo di 290 xilografie che descrivono lo sviluppo delle tecniche minerarie e metallurgiche raggiunto in quei tempi in Europa. L'edizione utilizzata per questo lavoro è quella pubblicata a Basilea nel 1556 e reperibile in rete all'indirizzo: <https://archive.org/details/georgiagricolae00agri> [Accesso 02/10/2017].

⁸ La macchina è descritta alle pagine 155-158 dell'edizione citata.

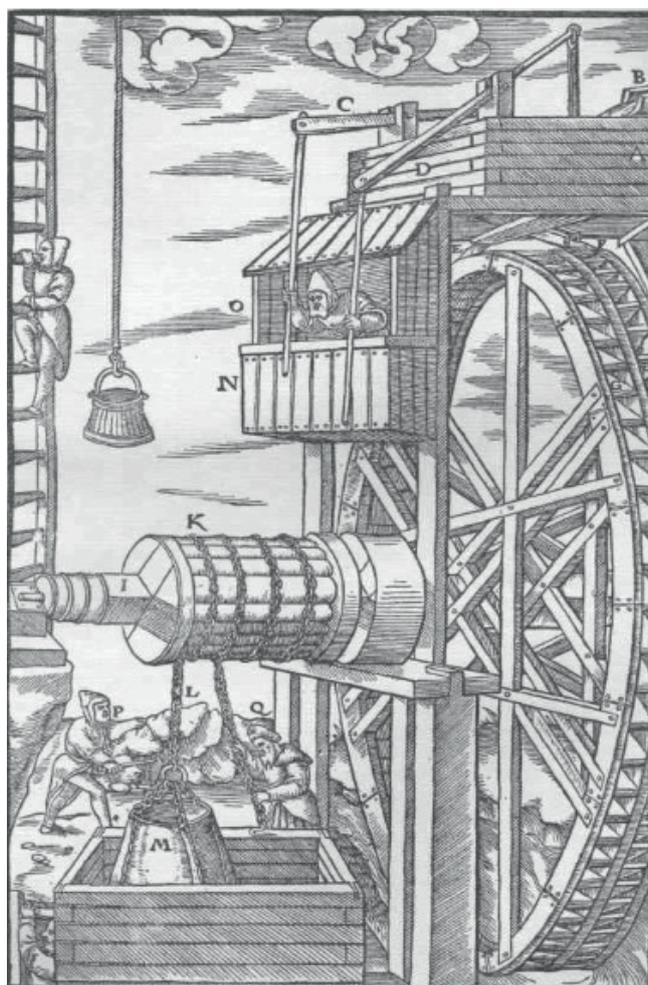


Fig. 1
Macchina per il sollevamento dell'acqua dalle miniere. Da Georg Bauer, *De Re Metallica*, libro VI.

zione italiana on line del *De Re Metallica*,⁹ l'Autore ha deciso di coinvolgere altri due studenti per leggere e tradurre in italiano la versione inglese di Herbert Clark Hoover (1950), disponibile sul sito Internet Archive. Questo aspetto del lavoro, inizialmente non previsto, è stato invece estremamente utile per comprendere concretamente l'utilizzo e il funzionamento della macchina a partire dal suo scopo fondamentale, che è quello di estrarre l'acqua dalle gallerie usando un sacco di cuoio.¹⁰ È quindi sicuramente corretto dire che questa esperienza didattica si è sviluppata anche nel senso della interdisciplinarietà, perché il testo

⁹ Precisa ed esplicita scelta dell'Autore è di contenere al massimo la spesa che le famiglie devono sostenere per la scuola. Da questa impostazione discende l'impegno a usare ove possibile solo programmi open source o comunque free e, tra le fonti, quelle reperibili gratuitamente in rete.

¹⁰ Questo sistema può apparire molto primitivo, ma era reso necessario dal fatto che alla metà del Cinquecento non erano ancora noti i principi fisici che permettono il funzionamento delle pompe ad aspirazione, e in ogni caso non era tecnicamente possibile realizzare delle pompe aspiranti in grado di superare una prevalenza anche solo di pochi metri.

prodotto dagli studenti è stato poi rivisto e parzialmente corretto dalla collega di inglese. Il lavoro di traduzione degli studenti, che non appariva convincente, è stato poi implementato dall'Autore attraverso un controllo incrociato tra la versione inglese e quella latina.¹¹ Un esempio di comparazione tra i due testi (con la traduzione proposta dall'Autore) potrebbe essere quello proposto nella tabella 1, che si riferisce all'incipit del passo dedicato alla ruota.

TABELLA 1

Comparazione tra il testo latino, quello inglese e la relativa traduzione italiana

Testo latino	<p>Sed machina, omnium quæ aquas trahunt maxima, sic construitur. Primò castellum in cauerna substructa collocatur, longum pedes XVIII. latum & altum pedes XII. in d riuus per subdiales canales aut cuniculum deducitur. Castello sunt duo ostia et totidem fores, habentes superiori parte uectes, quib. leuari in antis excauatis et rursus demitti possunt, ut illo modo ostia reserantur, hoc claudantur. Sub ostijs sunt duo canales, ex asserib. facti: qui excipiunt aquam e castello effluentem, eam in rotæ pinnas infundunt: quo impetu percussæ uersant rotam: breuior defert aquas, quæ percutiunt pinnas rotam uolentes uersus castellum: longior eas, quæ percutiunt pinnas rotam uersantes in comtrariam partem. Rotæ item theca siue loculamentum constata ex continuazione, ad quam etiam interius affixæ sunt tabulo. Ipsa rota est alta pedes sex & triginta, at inclusa in axi. Habet uerò duplices, ut mai didi, pinnas: quarum alteræ alteris situ sunt oppositæ, ut rota modo uersus castellum uersari possit, modo retro contrario motu.</p>
Testo inglese	<p>But the largest machine of all those which draw water is the one which follows. First of all a reservoir is made in a timbered chamber; this reservoir is eighteen feet long and twelve feet wide and high. Into this reservoir a stream is diverted through a water-race or through the tunnel; it has two entrances and the same number of gates. Levers are fixed to the upper part of these gates, by which they can be raised and let down again, so that by one way the gates are opened and in the other way closed. Beneath the openings are two plank troughs which carry the water flowing from the reservoir, and pour it on to the buckets of the water-wheel, the impact of which turns the wheel. The shorter trough carries the water, which strikes the buckets that turn the wheel toward the reservoir, and the longer trough carries the water which strikes those buckets that turn the wheel in the opposite direction. The casing or covering of the wheel is made of joined boards to which strips are affixed on the inner side. The wheel itself is thirty-six feet in diameter, and is mortised to an axle, and it has, as I have already said, two rows of buckets, of which one is set the opposite way to the other, so that the wheel may be turned toward the reservoir or in the opposite direction.</p>
Traduzione italiana	<p>Ma la macchina più grande per estrarre l'acqua [dalle miniere] è questa. In primo luogo c'è un serbatoio, scavato almeno in parte nella roccia, lungo circa 6 metri e largo quattro. Le acque di un ruscello vi arrivano attraverso una condotta artificiale o una galleria. Il serbatoio ha due ugelli di scarico, ciascuno dei quali ha una chiusura apribile collegata nella parte superiore a una leva: grazie a questa leva le chiusure possono essere sollevate e abbassate e di conseguenza i fori di uscita dell'acqua vengono aperti o chiusi. Sotto gli ugelli di scarico ci sono due condutture che raccolgono l'acqua che esce dal serbatoio e la dirigono sui cassette della ruota, mettendola in movimento. Il condotto più corto porta l'acqua che, colpendo i cassette, fa girare la ruota in senso antiorario, mentre quello più lungo porta invece l'acqua che colpendo i cassette la fa girare la ruota nell'altro senso. La struttura della ruota ovvero il suo alloggio è fatto di tavole al cui interno sono fissate delle assi. La ruota in se stessa ha un diametro di 12 metri circa e gira su un asse. Come ho già detto, dispone di due serie diverse di cassette, ciascuna delle quali è montata in senso opposto all'altra, in modo che la ruota possa essere fatta girare nelle due direzioni.</p>

¹¹ Per il testo latino è stata usata la versione stampata a Basilea nel 1556 e rintracciabile in rete all'indirizzo: <https://archive.org/details/georgiagricolae00agri> [Accesso 02/10/2017].

È stato scelto di far lavorare gli studenti sulla traduzione inglese perché il testo originale in latino presenta difficoltà eccessive: prima di tutto si tratta di una microlingua molto tecnica, inserita in un contesto linguistico che già di suo non è quello del latino classico studiato a scuola ma quello del Rinascimento tedesco, e infine la grafia delle parole della versione reperita in rete è quella originale del manoscritto, senza gli adattamenti alle convenzioni grafiche cui invece gli studenti sono abituati. Tuttavia anche il testo inglese si è dimostrato molto impegnativo, dato che pure qui ci si imbatte per forza nei tecnicismi della microlingua necessaria a descrivere macchinari così complessi. In molti casi, solo il confronto incrociato continuo tra testo e immagine ha permesso di sciogliere i dubbi di traduzione.

3 **Analisi dell'incisione e organizzazione del lavoro**

Una volta compreso il senso generale dell'incisione di Bauer si è passati alla fase successiva: cercare di interpretarla dal punto di vista tecnico, passaggio essenziale per poterla utilizzare come base per una modellazione convincente.

Questa fase del lavoro è stata un po' disordinata, nel senso che è stato possibile confrontarsi sul disegno solo in classe, in incontri di pochi minuti all'inizio delle ore di lezione, o durante l'intervallo, o addirittura alla fine delle lezioni. In questo il gruppo di lavoro ha purtroppo pagato lo scotto della posizione del liceo, che sorge alla periferia di una cittadina della provincia di Milano e il cui bacino d'utenza comprende numerosi comuni: gli studenti per venire a scuola devono usare linee automobilistiche che però interrompono i servizi di collegamento col liceo alla fine dell'orario scolastico. I ragazzi in generale perciò non possono fermarsi durante il pomeriggio a meno di non disporre di mezzi autonomi, e il gruppetto di studenti impegnati nel progetto non faceva eccezione. Questo è stato sicuramente un lato negativo del lavoro che ha ritardato il suo completamento e reso più complicate tutte le procedure.

Il progetto infatti è stato realizzato dagli studenti non a scuola ma a casa, utilizzando i propri computer. Si tratta di notebook e di mid-tower assemblati, a cui eventualmente è stata cambiata la scheda grafica per avere migliori prestazioni. Ciascuno degli studenti, come si dirà più sotto, si è fatto carico di una parte della modellazione: essenziale perciò è stata la possibilità di scambiarsi informazioni, immagini e istruzioni via mail o via Skype per allineare i vari segmenti del lavoro e permettere poi di integrare i risultati parziali nell'immagine finale. La versione di Blender utilizzata è stata la 2.77.

Ci si è immediatamente resi conto, nei briefing tenuti a scuola all'inizio del progetto, che la macchina così come è disegnata da Bauer semplicemente non può funzionare perché il tamburo sul quale si avvolge la catena non è collegato alla doppia ruota a destra che fornisce la forza motrice. Si è quindi deciso di aggiungere la parte di asse mancante, colorandola in grigio per evidenziare che si tratta di una aggiunta.

L'idea generale del funzionamento della macchina è stata subito abbastanza chiara, anche se è stata necessaria un'attenta riflessione sul disegno per comprenderne i dettagli: l'uomo nel gabbiotto di controllo muove delle leve che aprono e chiudono delle valvole sul fondo del serbatoio idrico. L'acqua investe, a seconda della valvola aperta, l'una o l'altra delle due ruote solidali, che trasmettono il loro movimento al tamburo centrale per avvolgere o svolgere la catena. È stato necessario ricorrere al testo esplicativo per essere certi della presenza di queste valvole, che non sono visibili nel disegno, e soprattutto per spiegare la presenza del tutto incongrua della scala a sinistra e del secchio appeso a una corda: si tratta di parti che si trovano in realtà nel pozzo verticale della miniera, e che sono state riprodotte in quella posizione per l'impossibilità grafica di posizionarle nel luogo in cui si trovano realmente, ossia sottoterra.

In questa fase le competenze più direttamente chiamate in gioco si riferiscono all'Area 2 (comunicazione) del panel DIGICOMP (Ferrari & Troia, 2015), e in particolare al punto 2.2 *Condividere informazioni e contenuti*:

- condividere con altri localizzazione e contenuto delle informazioni reperite;
- essere disponibile e in grado di condividere conoscenze, contenuti e risorse;
- agire come mediatori, essere proattivi nella distribuzione di notizie, contenuti e risorse;
- saper citare correttamente le fonti e integrare nuove informazioni all'interno di conoscenze già possedute.

4 Realizzazione del progetto

A questo punto è stato possibile distribuire il lavoro tra gli studenti, un'operazione che i ragazzi hanno gestito in completa autonomia:

- D.P. si è occupato della modellazione della doppia ruota ad acqua, dell'albero di trasmissione (che come ho detto è stato aggiunto per correggere l'errore del progetto iniziale), del sostegno alla ruota, dell'argano sul quale si avvolge la catena e di quest'ultima;
- M.A. ha costruito la cabina dove si trova il manovratore e il relativo sostegno; si è inoltre dedicato al montaggio audio-video, realizzando il filmato finale;
- L.V. si è occupato della creazione e dell'animazione delle leve necessarie al cambiamento di verso della macchina e i massi di sfondo;
- F.P. ha applicato le texture all'intero progetto e le luci necessarie a illuminare nel modo migliore possibile il progetto;
- A.P. infine si è occupato dell'animazione di tutti i componenti restanti.

La prima parte che è stata creata è stata la ruota ad acqua, la quale è stata modificata più volte nel corso del progetto. Una prima difficoltà è stata quella di determinare le sue dimensioni, ed è stata risolta utilizzando come punto di riferimento l'altezza (ipotetica) degli uomini raffigurati nell'incisione.

La prima versione della ruota è stata scartata dall'Autore perché lo studente che l'aveva realizzata aveva ingrandito eccessivamente la larghezza delle assi

che compongono il bordo della doppia ruota, ipotizzando che in caso contrario la struttura non avrebbe retto. L'Autore ha allora attivato un breve brainstorming in classe per cercare di capire se la ruota potesse funzionare anche come l'ha disegnata Bauer o se invece l'aspetto che ha nella incisione dovesse essere considerato una licenza poetica: finalmente si è riusciti a trovare un esempio di ruota ad acqua relativamente coevo¹² al disegno di Bauer nelle norie di Hama¹³ in Siria (Figura 2) nelle quali si può notare una struttura ancora più sottile e apparentemente più fragile di quella di Bauer. Questo ha convinto l'Autore e gli studenti del realismo e della fattibilità del disegno e pertanto le dimensioni delle assi sono state grandemente ridotte in modo da essere conformi all'incisione.

In questa fase le competenze digitali messe in gioco sembrano più attinenti all'area 1 (informazione) del quadro di competenze DIGICOMP (identificare, localizzare, recuperare, conservare, organizzare e analizzare le informazioni digitali, giudicare la loro importanza e lo scopo) dato che è stato necessario effettuare esattamente tutte queste operazioni per superare l'impasse nel quale il gruppo si era trovato a proposito della doppia ruota ad acqua di Bauer.



Fig. 2 Noria a Hama, in Siria.

¹² La ruota più antica risale al 1453, quindi è perfino anteriore alla macchina descritta nel *De Re Metallica*.

¹³ Per una descrizione dettagliata di questa noria si veda la scheda dell'UNESCO al seguente indirizzo: <http://whc.unesco.org/en/tentativelists/1291/> [Accesso 02/10/2017].

Intanto gli altri studenti provvedevano a modellare i restanti componenti della macchina (l'albero di trasmissione, il tamburo dell'argano, il sostegno della ruota, la cabina del manovratore). I diversi file sono stati poi uniti a quello con le leve creato da L., il quale ha curato anche il realismo dell'ambientazione inserendo le rocce come sfondo. Dopo aver completato la modellazione delle varie parti, gli studenti sono passati alla texturizzazione¹⁴ e all'inserimento delle luci.¹⁵ Questa fase ha richiesto un tempo superiore alle attese in quanto le prime versioni non risultavano soddisfacenti nella scelta dei colori delle texture per il legno, la roccia e il terreno, ed è stato necessario procedere per tentativi fino alla soluzione effettivamente adottata. Infine il lavoro è stato animato nelle sue varie parti ed è stata inserita una telecamera in movimento che mostrasse in modo dinamico l'intera macchina. Il filmato finale¹⁶ è stato realizzato usando il registratore proprietario Microsoft e Filmora,¹⁷ un software per l'editing video (Figura 3). È accompagnato da un commento (redatto da me e letto da uno studente) che spiega brevemente il funzionamento dell'impianto.

Non è stato possibile aggiungere anche l'acqua che nella realtà metteva in moto la macchina per una serie di problemi tecnici (la necessità di usare un numero troppo elevato di particellari e il fatto che con la modalità «Physics» di Blender i blocchi di fluido fossero troppo grandi).

Per rendere un'idea della complessità del lavoro, la renderizzazione finale ha richiesto circa una ventina di ore di lavoro di scheda video del computer più potente a disposizione dei ragazzi. Il lavoro è risultato particolarmente stressante per la macchina perché, oltre al movimento dei pezzi (la ruota gira; le leve si muovono; il tamburo ruota; il secchio sale, appeso a una catena che oscilla), c'è anche il movimento della macchina da presa che emerge dal pozzo della miniera e dopo una rotazione attorno all'impianto di circa 130° si ferma in un punto che permette una prospettiva simile a quella della incisione originale.

L'intero lavoro è durato circa un mese e mezzo: occorre però considerare che sono state presenti molte interruzioni a causa dei vari impegni scolastici.

¹⁴ Le texture sono immagini che rappresentano le forme e i colori della superficie di un oggetto o di un essere vivente, e che vengono applicate sull'oggetto già modellato per renderlo realistico.

¹⁵ Si tratta di un processo essenziale per rendere l'oggetto realistico con l'inserimento delle ombre calcolate a partire da un'ipotetica fonte di luce (generata dal programma). Nel video prodotto dai ragazzi queste ombre sono particolarmente evidenti sotto i massi del paesaggio, nella cabina di comando e sotto la ruota. Per ottenere questi effetti sono state usate tre sorgenti di luce differenti (senza considerare il fatto che lo sfondo bianco genera di per sé una leggera luce diffusa per tutta la scena che tende a diminuire le ombre). Due sorgenti sono poste sopra la scena e creano una luce zenitale, la terza, quella meno intensa, si trova a un'altezza poco inferiore a quella del tamburo dove si avvolge la catena ed è stata utilizzata per illuminare parti della macchina che altrimenti sarebbero state troppo in ombra.

¹⁶ Visibile su *Il filo di Arianna. Rivista on line per la didattica nelle scuole superiori*, <http://www.ariannascuola.eu/ilfilodiarianna/it/storia/dinamiche-e-problemi/la-tecnologia-nel-medioevo/i-mulini/644-la-macchina-di-georg-agricola-per-togliere-l-acqua-dalle-miniere.html> [Accesso 02/10/2017].

¹⁷ La versione usata è stata Filmora 7.5.0.



Fig. 3
Screenshot dal filmato finale.

La fase di realizzazione vera e propria ha coinvolto tutte le competenze previste per l'Area 3.1 e 3.2 (creazione di contenuti; integrazione e rielaborazione dei contenuti) del quadro di competenze DIGICOMP:

- creare contenuti in diversi formati inclusi i multimedia;
- editare e perfezionare contenuti prodotti in prima persona o da altri;
- esprimersi in modo creativo attraverso i media digitali e le tecnologie;
- selezionare e integrare risorse esistenti per creare conoscenza e contenuti nuovi, originali e rilevanti.

5 Valutazione complessiva del progetto

I punti di forza del percorso sono stati:

- l'importanza in sé dell'oggetto studiato e il fatto che sia stato messo a disposizione della comunità scolastica un video originale su un argomento (la macchina di Bauer) che non era mai stato trattato prima in questo modo;
- la capacità dimostrata dagli studenti di aggregarsi e di mettersi in gioco, creando e gestendo in modo sostanzialmente autonomo un gruppo di lavoro che ha lavorato intensamente per parecchie settimane;
- lo sviluppo negli studenti della capacità di leggere e interpretare un disegno tecnico, con la difficoltà aggiuntiva rappresentata dal fatto che si trattava di un disegno antico, con numerose imprecisioni;

- la crescita delle competenze degli studenti nell'affrontare una situazione complessa che li ha condotti a effettuare un'analisi approfondita sul piano tecnico, a scegliere gli strumenti informatici più idonei (e all'interno di essi le opzioni migliori) e infine a immaginare un output sotto forma di video condivisibile con la collettività: tutti risultati che si possono agevolmente rubricare sotto le indicazioni del PNSD che sottolineano l'importanza della didattica per competenze «intesa come progettazione che mette al centro trasversalità, condivisione e cocreazione, e come azione didattica caratterizzata da esplorazione, esperienza, riflessione, autovalutazione, monitoraggio e valutazione» (MIUR, 2015, p. 71), e che corrispondono perfettamente alle *competencies* indicate dal World Economic Forum nello studio *New Vision for Education* (2015) come «critical thinking/problem solving», «creativity», «communication» e infine «collaboration».

I punti deboli sono stati:

- una certa mancanza di coordinamento nel procedere del lavoro, dovuto alla mancanza di un momento di incontro a scadenze fisse tra tutti i componenti del gruppo e il sottoscritto;
- il mancato coinvolgimento degli altri studenti, pure interessati in linea di principio a sviluppare capacità e competenze informatiche di questo tipo; la ragione di ciò probabilmente è da individuare nelle alte richieste del nostro liceo sul piano della didattica tradizionale, che lasciano poco spazio e poco tempo per ricerche fuori dai binari considerati normali. Indubbiamente la curva di apprendimento di un programma come Blender è piuttosto ripida, soprattutto all'inizio, e non essendo possibile organizzare nel liceo un corso introduttivo a questo programma, gli studenti finiscono purtroppo per scoraggiarsi;
- il mancato coinvolgimento nel progetto di altri insegnanti (al di là del contributo della collega di inglese).

6 Sviluppi futuri

Questa esperienza ha ampliato e confermato le intuizioni già emerse l'anno scorso con il lavoro sulla chiesa di San Francesco a Pozzuolo Martesana: la modellazione in 3D a costo zero (o almeno molto contenuto) a scuola è possibile e permette di creare oggetti perfettamente integrabili in un percorso didattico tradizionale. L'impatto in termini di tempo è notevole e può essere sostenuto solo creando dei team che si suddividano il lavoro: il primo obiettivo quindi è quello di una disseminazione all'interno della classe e di tutta la scuola delle competenze sviluppate dal gruppo di studenti pionieri. Questo risultato potrebbe essere raggiunto attraverso:

- corsi pomeridiani tenuti a scuola dagli stessi studenti (magari sfruttando per l'input iniziale occasioni di condivisione come la tradizionale cogestione);
- una collaborazione trasversale (tra studenti dello stesso livello ma di classi diverse);

- una collaborazione verticale (studenti tutor più grandi e più esperti che seguono i meno esperti) per realizzare progetti comuni (eventualmente riconducibili a un qualche PON attivato dalla scuola).

Il secondo importante percorso possibile è quello volto a coinvolgere in maniera più ampia gli altri docenti (o almeno una percentuale consistente del consiglio di classe e/o del collegio docenti), mostrando nei fatti la fattibilità di una didattica basata sulle competenze ma non conflittuale con il normale lavoro didattico.

Bibliografia

- Agricola, G. (1563). *De Re Metallica*. Traduzione di Herbert Clark Hoover, New York: Dover Publications Inc., 1950.
- Andresciani, F. (2014). *Blender: le basi per tutti*. Milano: Mondadori.
- De Bernardi, A., & Guarracino, S. (2012). *Epoche*. Milano: Mondadori.
- De Sario, P., & Fedi, D. (2011). *L'insegnante facilitatore*. Molfetta (BA): La Meridiana.
- Ferrari, A., & Troia, S. (2015). *DIGCOM. Le competenze digitali per la cittadinanza*, http://www.cittadinanzadigitale.eu/wp-content/uploads/2015/11/digcomp_Ferrari_Troia.pdf [Accesso 02/10/2017].
- MIUR (2015). *Piano Nazionale Scuola Digitale*. <http://bit.ly/2eJ14sK> [Accesso 15.09.2017].
- World Economic Forum (2015). *New Vision for Education. Unlocking the Potential of Technology*, http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_NewVisionforEducation_Report2015.pdf [Accesso 02/10/2017].