Erasmus+ | AGENZIA NAZIONALE INDIRE

PRINTSTEM

Pedagogical Resources IN Teaching
Science, Technology, Engineering, Mathematics

PREVISIONE DELL'IMPATTO DELLA TECNOLOGIA DI STAMPA 3D: POTENZIALITA', FREQUENZA E INTENSITA' D'USO COME SUPPORTO NELL'INSEGNAMENTO DI COMPETENZE MATEMATICHE E SCIENTIFICHE

Intellectual Output N. 1

Rilascio della versione finale validata: aprile 2015

(Il progetto è finanziato dal Programma ERASMUS+ attraverso l'Agenzia Nazionale Italiana INDIRE. Il contenuto di questo material non riflette l'opinione ufficiale dell'Unione Europea, della Commissione Europea e delle Agenzie Nazionali. La responsabilità per le informazioni e le opinioni contenute in questo documento ricade interamente sull'autore/i. Numero di progetto 2014-1-IT02-KA201-004204)

INDICE

Breve panoramica sul progetto Print Stem ed elenco dei Partners p. 2

Prefazione p. 4

Capitolo I – Ricerca e raccolta di opinioni tra gli Esperti p. 6
I.1 Il Questionario "Primo Round" e i suoi risultati p. 6
I.2 Risultati della Sezione A: Potenzialità d'uso p. 8
I.2.-1.A.1 / I.2.-1.A.2 Elementi relativi alle criticità p. 8
I.2.- 2.A.1 / I.2.-2.A.2 Elementi relativi alle priorità p. 10
I.2.- 2.A.1 / I.2.- 2.A.2 Elementi relativi alla fattibilità p. 12
I.3 – Risultati della Sezione B: Modalità di impiego (variabili socio-tecniche) p. 15

Capitolo II – Verso una biblioteca di oggetti stampabili p. 23
Il Questionario "Secondo Round"
II.1 - Risultati della Sezione A: Potenzialità d'utilizzo p. 24
II.1.-1.A. Capacità relative all'alfabetizzazione p. 24
II.1.- 1.A.1 Alfabetizzazione matematica p. 24
II.1-1.A.2 Alfabetizzazione scientifica p. 27
II.2.- 2.A Conoscenze/Contenuti p. 30
II.2.- 2.A.1 Matematica: elementi relativi alle priorità/fattibilità per la stampa 3D p. 30
II.2. - 2.A.2 Scienze: elementi relativi alle priorità/fattibilità per la stampa 3D p. 33
II.3 Risultati della Sezione B: Modalità di impiego (variabili socio-tecniche) p. 36

Conclusioni p. 40

Appendice I p. 41
Appendice II p. 45
Appendice III p. 46

BREVE PANORAMICA SUL PROGETTO PRINT STEM

Tra le cause di precoce abbandono della scuola secondaria superiore da parte di studenti con un basso livello di competenze di base, vi è il fallimento nel processo di apprendimento delle competenze di alfabetizzazione matematica e scientifica e, più in generale, dei linguaggi formali e codificati. In coerenza con il "Quadro strategico per la cooperazione europea nel settore dell'istruzione e della formazione (ET 2020) - Conclusioni del Consiglio", l'obiettivo è quello di ridurre la quota di studenti europei quindicenni con abilità insufficienti in matematica e scienze a meno del 15% entro il 2020. Nel 2009 in Europa la quota di studenti con abilità insufficienti nelle materie attinenti alla scienza, secondo gli standard PISA, era del 17% sul totale degli studenti; la percentuale che non ha raggiunto un voto sufficiente in matematica era pari al 21% sul totale degli studenti.

La matematica in particolare, ma anche le altre materie scientifiche, sono spesso percepite dagli studenti come qualcosa di astratto, non correlato alle loro esperienze e percezioni quotidiane. Questo scollamento porta alla mancanza di interesse nei confronti di tali discipline e al progressivo abbandono da parte di soggetti che rappresentano una risorsa importante nel mercato del lavoro europeo, che è un mercato che offre molte possibilità di lavoro per persone in possesso di tali competenze. Per questo motivo, è fondamentale per sviluppare nuovi metodi di insegnamento in grado di promuovere l'interesse e la motivazione verso le discipline matematiche e scientifiche. Le stampanti 3D rappresentano una nuova frontiera di sperimentazione didattica: la possibilità di realizzare modelli tridimensionali di oggetti concepiti dagli studenti o di concetti o oggetti matematici o scientifici, apre nuove opportunità per motivare e aumentare l'interesse degli studenti nei confronti di queste discipline.

Il progetto **PRINT STEM** intende sviluppare programmi e relativi strumenti per un utilizzo replicabile di stampanti 3D, anche attraverso il trasferimento e l'adattamento di buone pratiche dei paesi partner che hanno già testato la loro efficacia nei rispettivi sistemi di istruzione / formazione. Per quanto riguarda le difficoltà di apprendimento rilevate a livello di astrazione e di osservazione riflessiva, la tecnologia aiuterà a superarle, rendendo possibile concentrarsi principalmente sulla sperimentazione attiva e il contatto concreto con forme e oggetti che implicano una più approfondita conoscenza dei linguaggi formali.

Risultati attesi di PRINT STEM:

1) analisi-studio della potenziale applicativo della tecnologia di stampa 3D alla didattica sperimentale della matematica e della scienza, affrontando i principali problemi dei ragazzi con difficoltà di apprendimento, in termini di mancanza di attenzione e di basso livello di coinvolgimento (Intellectual Output 1);
2) linee guida per la costituzione di un team interdisciplinare di docenti per una didattica sperimentale che impieghi le stampanti 3D. In questo modo i docenti saranno guidati verso nuovi approcci didattici e saranno invitati a progettare diverse possibili applicazioni della tecnologia della stampa tridimensionale nell'insegnamento delle proprie materie (Intellectual Output 2);

3) realizzazione di 5 programmi di Project Work extracurricolare (apprendimento autonomo e sperimentazione di tipo pupil-led) e accessibili come OER (Open Educational Resource - Risorsa Educativa Aperta) nel campo della progettazione e della tecnologia ingegneristica di produzione, per scoprire il fascino del "fare" utilizzando un approccio interdisciplinare (Intellectual Output 3);
4) Realizzazione di 5 sperimentazioni finalizzate alla mediazione di concetti astratti nell'insegnamento della matematica (sperimentazione di tipo "teacher-led"), accessibili come OER (Open Educational Resource - Risorsa Educativa Aperta) (Intellectual Output 4);
5) Realizzazione di 5 sperimentazioni finalizzate alla mediazione di concetti astratti nell'insegnamento della fisica e delle scienze naturali (sperimentazione di tipo "teacher-led"), accessibili come OER (Open Educational Resource - Risorsa Educativa Aperta) (Intellectual Output 5).

Per ulteriori approfondimenti, per favorire visitare la pagina http://www.printstemproject.eu/

Partner responsabile del presente Intellectual Output è Cisita Parma Srl.

ELENCO DEI PARTNERS

PARTNER	**PAESE**
Coordinatore: Istituto d'Istruzione Secondaria Superiore "A.Berenini"	Italia
Cisita Parma Srl	Italia
Istituto Istruzione Superiore "C. E. Gadda"	Italia
Forma Futuro Scarl	Italia
Kirkby Stephen Grammar School	Gran Bretagna
Danmar Computers Malgorzata Miklosz	Polonia
Asociacion De Investigacion De La Industria Del Juguete, Conexas y Afines	Spagna
Sabanci Kiz Teknik ve Meslek Lisesi	Turchia
1epalchanion	Grecia
Evropská rozvojová agentura, s.r.o.	Repubblica Ceca

PREFAZIONE

Gentile lettore,

Lo scopo di questo documento è offrire un'analisi completa sulle potenzialità di sfruttamento delle stampanti 3D nelle scuole per migliorare le capacità nelle discipline STEM di studenti di 15 anni, età nella quale si verifica il più significativo abbandono scolastico nelle scuole europee.

Come previsto dal progetto, abbiamo identificato un panel di esperti sia in materia di istruzione (insegnanti di discipline STEM) che in relazione alle imprese (esperti di tecnologia di stampa 3D), scelto nell'ambito della rete di relazioni professionali di ciascun partner, per aiutarci ad affrontare la questione dell'apprendimento/insegnamento delle discipline STEM e le possibili metodologie per risolvere le relative problematiche in virtù dell'utilizzo, per scopi didattici, di stampanti 3D nelle scuole.

Nel progetto PRINT STEM il problema principale è:

"Quale può essere un utilizzo proficuo della tecnologia di stampa 3D per l'insegnamento di discipline STEM?"

Abbiamo bisogno di trovare consenso per rendere profittevoli le sperimentazioni di progetto.

Per rispondere a questa domanda ci siamo basati sul metodo DELPHI, che consiste nell'investigare un problema specifico presso un gruppo selezionato di persone mediante ripetute tornate di consultazione, fino all'ottenimento di un certo grado di consenso.

In questo caso, abbiamo somministrato un questionario ("Primo Round") e un successivo ("Secondo Round") a ogni componente del Panel di Esperti.

I risultati di entrambe le sessioni del metodo Delphi sono stati elaborati e aggregati in modo anonimo.

Nel questionario "Primo Round" abbiamo investigato le principali capacità critiche nelle discipline STEM per studenti di 15 anni, e chiesto agli esperti di collocarle secondo una scala di priorità. Abbiamo anche considerato le variabili socio-tecniche nell'utilizzo di stampanti 3D nelle scuole, sia dal punto di vista degli insegnanti che degli studenti, e chiesto agli esperti di esprimere il proprio punto di vista sulla questione.

Nel questionario "Secondo Round" siamo partiti dai risultati del questionario precedente e chiesto a ogni esperto quali oggetti fisici (correlati alle principali capacità critiche) potrebbero essere realmente stampati, sia nelle sperimentazioni di tipo "pupil led" che in quelle di tipo "teacher led", e quali metodologie didattiche sarebbero più adeguate.

Alla fine abbiamo raccolto un'utile biblioteca di oggetti stampabili, che possono essere tenuti in concreta considerazione per i prossimi "Outputs" del progetto PRINT STEM.

Lo scopo di questa analisi è quello di offrire ai partner e alle scuole che realizzeranno le successive attività di progetto delle linee guida metodologiche per affrontare la stampa 3D quale miglior metodo

per ottenere il coinvolgimento dell'allievo e per far loro compiere progressi nelle discipline STEM, prevenendo un precoce abbandono scolastico.

Le linee guida metodologiche saranno composte da:

- Argomenti e competenze che sono fondamentali per l'apprendimento delle materie STEM

- Una raccolta di esempi di oggetti stampabili

- Tecnologie per la stampa 3D e relative condizioni socio-tecniche per un uso sostenibile a scuola

Ci auguriamo che questo studio potrà essere utile anche per il futuro sfruttamento della tecnologia di stampa 3D in progetti replicabili nelle scuole.

CAPITOLO I - Ricerca e Raccolta di Opinioni tra gli Esperti

Il Questionario "Primo Round"

Cercando di rispondere alla domanda fondamentale del progetto PRINT STEM, abbiamo cercato il modo più opportuno per raccogliere opinioni significative.

Il nostro team ha identificato due categorie adeguate di esperti da coinvolgere nella ricerca: insegnanti di discipline STEM da un lato, esperti di tecnologia di stampa 3D dall'altro.

Si è partiti dal presupposto che gli insegnanti di discipline STEM abbiano non solo una piena conoscenza della materia che insegnano, ma anche una profonda comprensione dei principali problemi che sorgono nella didattica e a livello di istanze pedagogiche.

Gli esperti di stampa 3D dovrebbero invece fornire un punto di vista tecnico relativo al modo di utilizzare le macchine, e anche istruire sulle opportunità (e i limiti) offerti da questa tecnologia in termini di approccio didattico.

Per questo motivo abbiamo chiesto a ciascun partner coinvolto nel progetto di identificare i due esperti, all'interno o all'esterno delle proprie organizzazioni, per collaborare all'indagine.

Idealmente, il gruppo di esperti sarebbe stato composto da un numero uguale di insegnanti e di esperti di business: in realtà gli insegnanti sono molto più numerosi delle persone lato "business" (circa due terzi del panel di esperti sono rappresentati da insegnanti di materie STEM).

Possiamo naturalmente presupporre che, all'interno delle organizzazioni dei nostri partner, gli insegnanti rappresentino la parte più coinvolta e interessata a comprendere il potenziale della stampa 3D per scopi didattici.

Dopo aver creato il panel, ogni Partner ha consegnato il Questionario "Primo Round" del metodo Delphi agli esperti selezionati.

In questa prima sessione sono stati coinvolti nella ricerca 19 esperti.

I.1 Il Questionario "Primo Round" e i suoi risultati

Come indicato nel formulario di progetto, l'obiettivo finale del progetto PRINT STEM è prevenire l'abbandono precoce di studenti con basso rendimento nel loro primo o secondo anno di istruzione secondaria.

Gli studenti di 15 anni che ottengono voti bassi in matematica e scienze corrono un serio rischio di abbandonare l'istruzione; per questo le Istituzioni devono trovare una chiave per coinvolgere gli studenti, risvegliando il loro interesse ad apprendere le materie di area STEM.

Le stampanti 3D offrono agli studenti un'opportunità entusiasmante per utilizzare le conoscenze STEM, migliorando le loro conoscenze e consentendo loro di imparare qualcosa di più che per mezzo di metodologie tradizionali.

Abbiamo progettato il questionario “Primo Round” come strumento di indagine per indagare un eventuale uso proficuo della tecnologia di stampa 3D per la didattica delle discipline STEM.

Nel redigere il questionario, al fine di armonizzare i contributi di ciascun partner, si è deciso di prendere a comune riferimento i documenti relativi alle ultime indagini PISA - Programme for International Student Assessment, un sondaggio internazionale promosso ogni tre anni dall'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico (OCSE) per valutare le capacità degli alunni quindicenni.

PISA ha lo scopo di determinare se essi hanno acquisito alcune competenze ritenute essenziali per svolgere un ruolo consapevole nella società e per continuare ad apprendere lungo tutto l’arco della vita.

Per ogni area di indagine (lettura, matematica, scienze) è stato sviluppato un quadro che definisce i contenuti, i processi cognitivi e i contesti problematici, fornendo il quadro teorico per la realizzazione delle prove.

Abbiamo assunto i riferimenti Pisa più recenti per la scienza (versione 2015) e per la matematica (2012) al fine di organizzare un panorama comparabile di scelta degli oggetti critici di apprendimento (capacità e contenuti di conoscenza / argomenti).

L'adozione di queste cornici concettuali a sostegno del metodo Delphi nel nostro progetto è direttamente correlata agli obiettivi delle due sperimentazioni previste (sperimentazioni di tipo “teacher led” di area matematica e scientifica).

Può essere coerente anche con la sperimentazione di tipo “pupil led”, che si concentra su tutto il ciclo della creazione dell'oggetto (dalla progettazione alla stampa).

Nella nostra visione, l'ingegneria e le capacità tecnologiche rappresentano la “messa in pratica” di concetti di matematica e scienze (requisiti basilari): per questo riteniamo che le cornici concettuali PISA selezionate siano esaustive per gli scopi del progetto (mettere in condizione gli alunni di 15 anni di affrontare efficacemente le prove PISA, ottenendo risultati migliori).

Il questionario “Primo Round” consisteva in due sezioni principali: Sezione A, finalizzata a verificare le potenzialità di utilizzo di stampanti 3D a scopo di didattica delle discipline STEM; Sezione B, finalizzata a investigare le questioni socio-tecniche collegate all’impiego di stampanti 3D "(in altre parole, come utilizzare e chi dovrebbe far funzionare la macchina a scuola).

La Sezione A (potenzialità di utilizzo) consisteva in domande quantitative circa le criticità nell’apprendimento della matematica e della scienza, che gli esperti dovevano valutare con un punteggio da 1 (argomento non critico per studenti di 15 anni) a 5 (argomento massimamente critico). La seconda parte della sezione A conteneva domande su argomenti di matematica e scienze e la loro priorità / fattibilità in una sperimentazione di stampa 3D, per essere valutati in base alla stessa logica.

Nelle pagine seguenti troverete i dati aggregati delle diverse parti della sezione A, e alcuni grafici per una migliore comprensione degli orientamenti del gruppo di esperti.

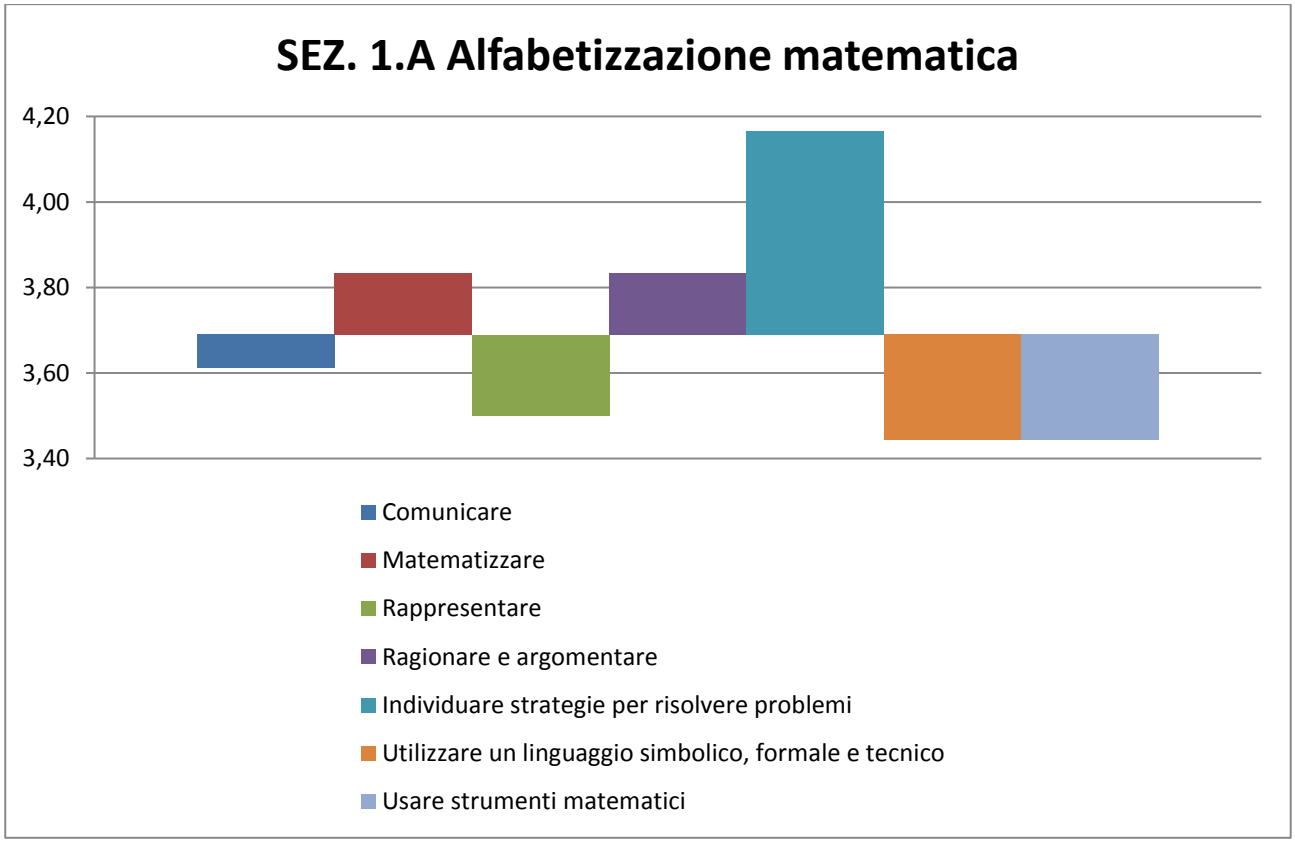
Le risposte valide per la sezione A sono 18.

I.2 Risultati della *SEZIONE A: POTENZIALITA' DI UTILIZZO*

I.2.-1.A.1 / I.2.-1.A.2 Elementi relativi alle criticità

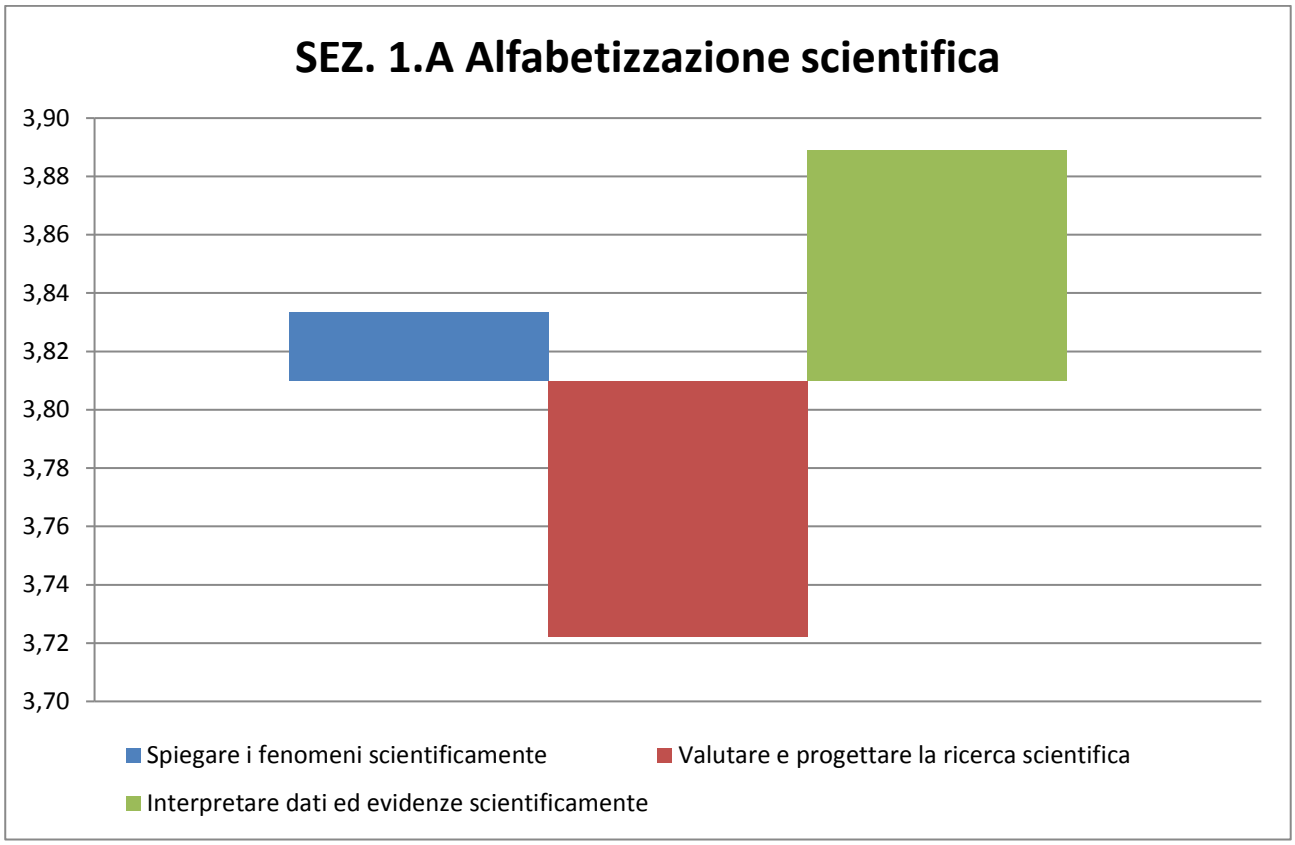
Il risultato del panel mostra un livello di criticità analogo per studenti di 15 anni tra alfabetizzazione matematica e scientifica. L'**alfabetizzazione scientifica**, in media, ha ottenuto un livello di criticità leggermente superiore (**3,81**) rispetto all'**alfabetizzazione matematica** (**3,69**).

Relativamente all'alfabetizzazione matematica, i temi **E** (Elaborazione di strategie per risolvere problemi: **4,17**), **B** (Matematizzazione: **3,83**) and **D** (Ragionamento e argomentazione: **3,83**) hanno un livello di criticità leggermente superiore alla media.



Analizzando la composizione del gruppo di esperti, si nota che 6 insegnanti su 13 giudicano l'alfabetizzazione matematica critica per gli studenti quindicenni a un livello sopra la media (≥**3,69**).

Relativamente all'alfabetizzazione scientifica, i temi **C** (Intepretare dati ed evidenze in modo scientifico: **3,89**) e **A** (Spiegare fenomeni scientificamente: **3,83**) hanno un livello di criticità superiore alla media.



Analizzando la composizione del gruppo di esperti, si nota che 9 insegnanti su 13 giudicano l'alfabetizzazione scientifica critica per gli studenti quindicenni a un livello sopra la media (≥**3,81**).

I.2.- 2.A.1 / I.2.-2.A.2 ELEMENTI RELATIVI ALLE PRIORITA'

In termini di priorità media, l'alfabetizzazione matematica (**2,81**) e l'alfabetizzazione scientifica (**2,73**) sono fondamentalmente equivalenti.

Relativamente all'alfabetizzazione matematica, i temi con un livello di priorità superiore alla media **(≥ 2,81)** sono:

- E (Relazioni con e tra oggetti geometrici bi e tri dimensionali: **4,17**)

- F (Misurazioni: **4,11**)

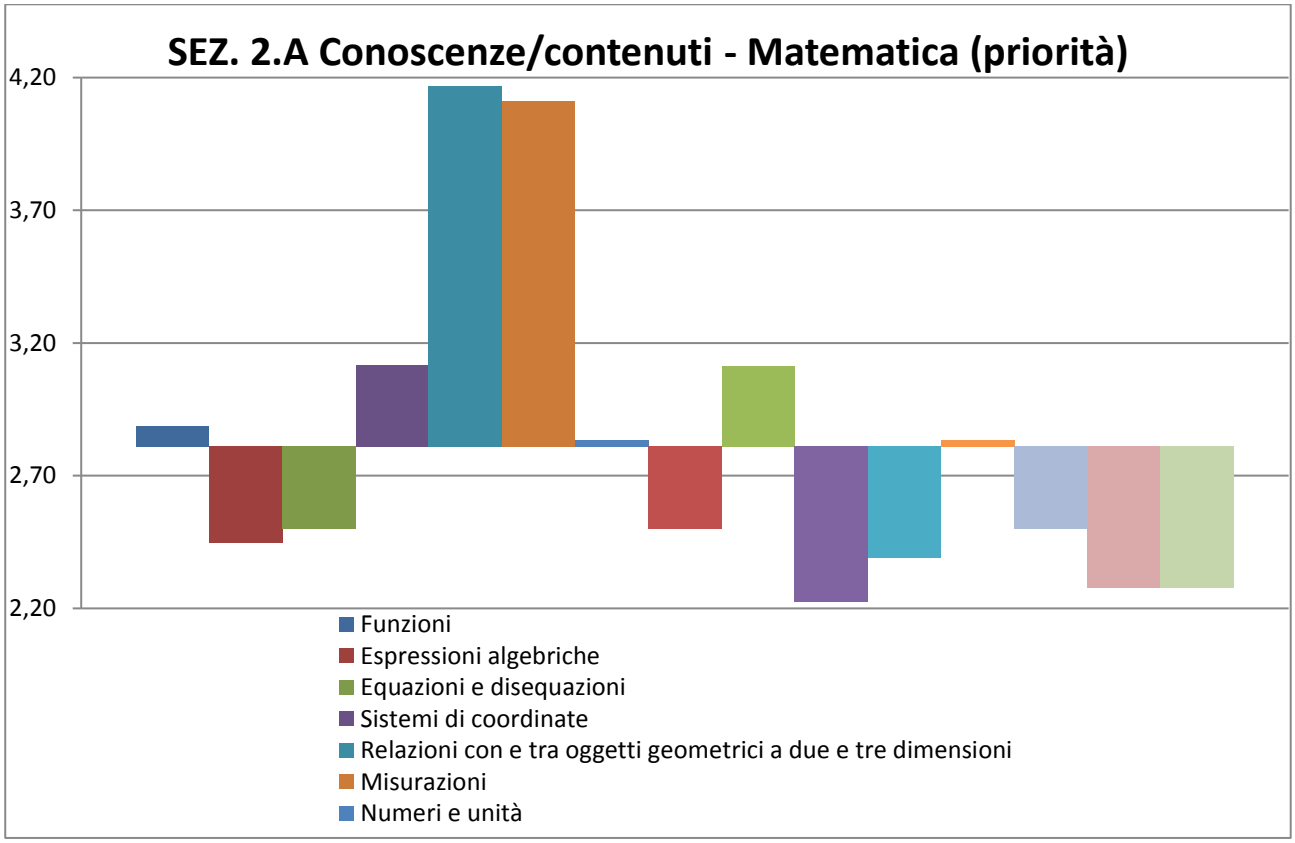
- D (Sistemi di coordinate: **3,12**)

- I (Percentuali, rapporti e proporzioni: **3,11**)

- A (Funzioni: **2,89**)

- G (Numeri e Unità: **2,83**)

- L (Raccolta dati, rappresentazione e interpretazione: **2,83**)



Relativamente all'alfabetizzazione scientific, i temi con un livello di priorità superiore alla media **(≥ 2,73)** sono:

- A (Struttura della materia: **3,89**)

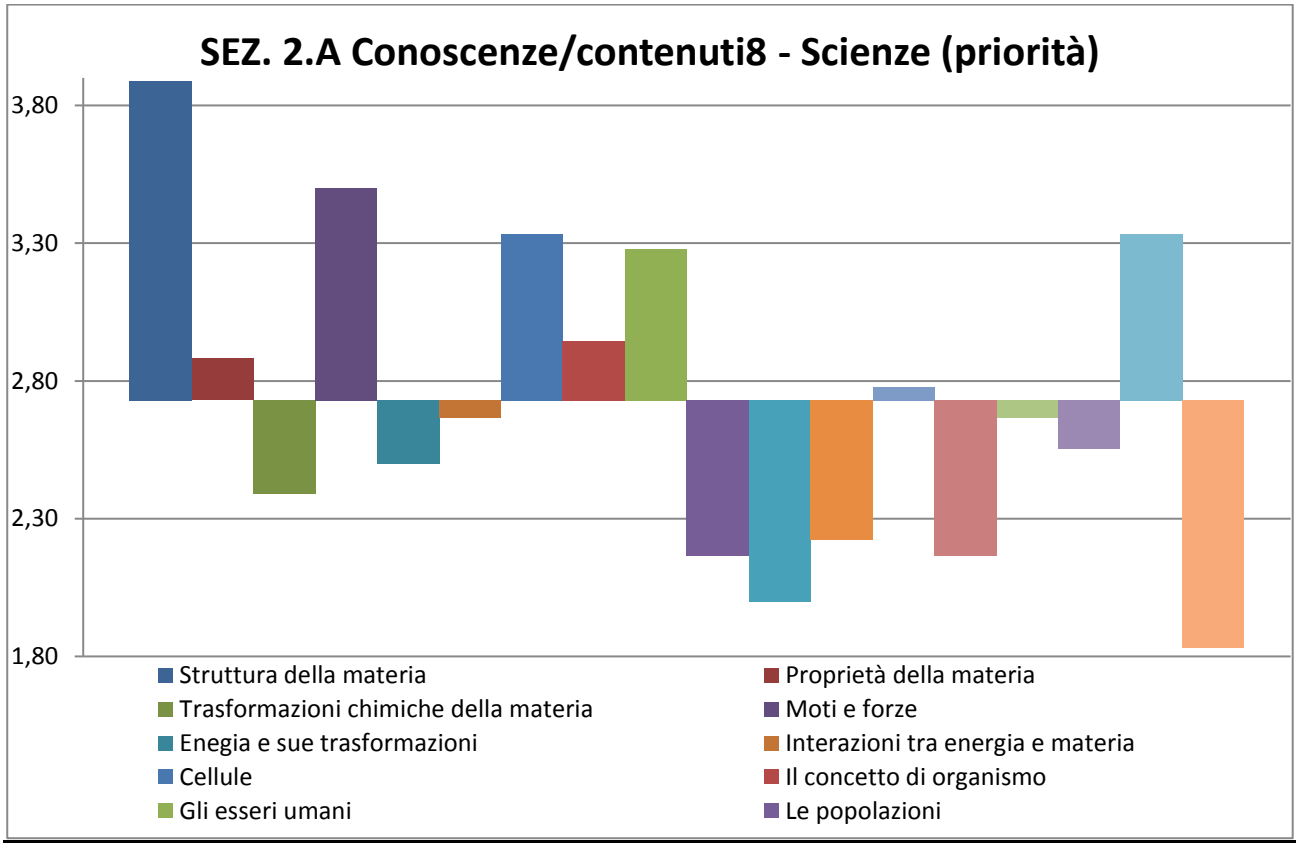
- D (Moti e forze, azione a distanza: **3,50**)

- G (Cellule: **3,33**)

- Q (La Terra nello spazio: **3,33**)

- I (Il corpo umano: **3,28**)

- B (Proprietà della materia: **2,88**)



I.2.- 2.A.1 / I.2.- 2.A.2 ELEMENTI RELATIVI ALLA FATTIBILITA'

Così come è stato notato che l'alfabetizzazione matematica risulta un po' meno critica dell'alfabetizzazione scientifica, la matematica è considerata, in media, più fattibile per la stampa 3D (**3,26**) in paragone alle scienze (**2,73**).

Relativamente all'alfabetizzazione matematica, gli argomenti con un livello di fattibilità superiore alla media (**≥ 3,26**) sono:

- F (Misurazioni: **4,50**)

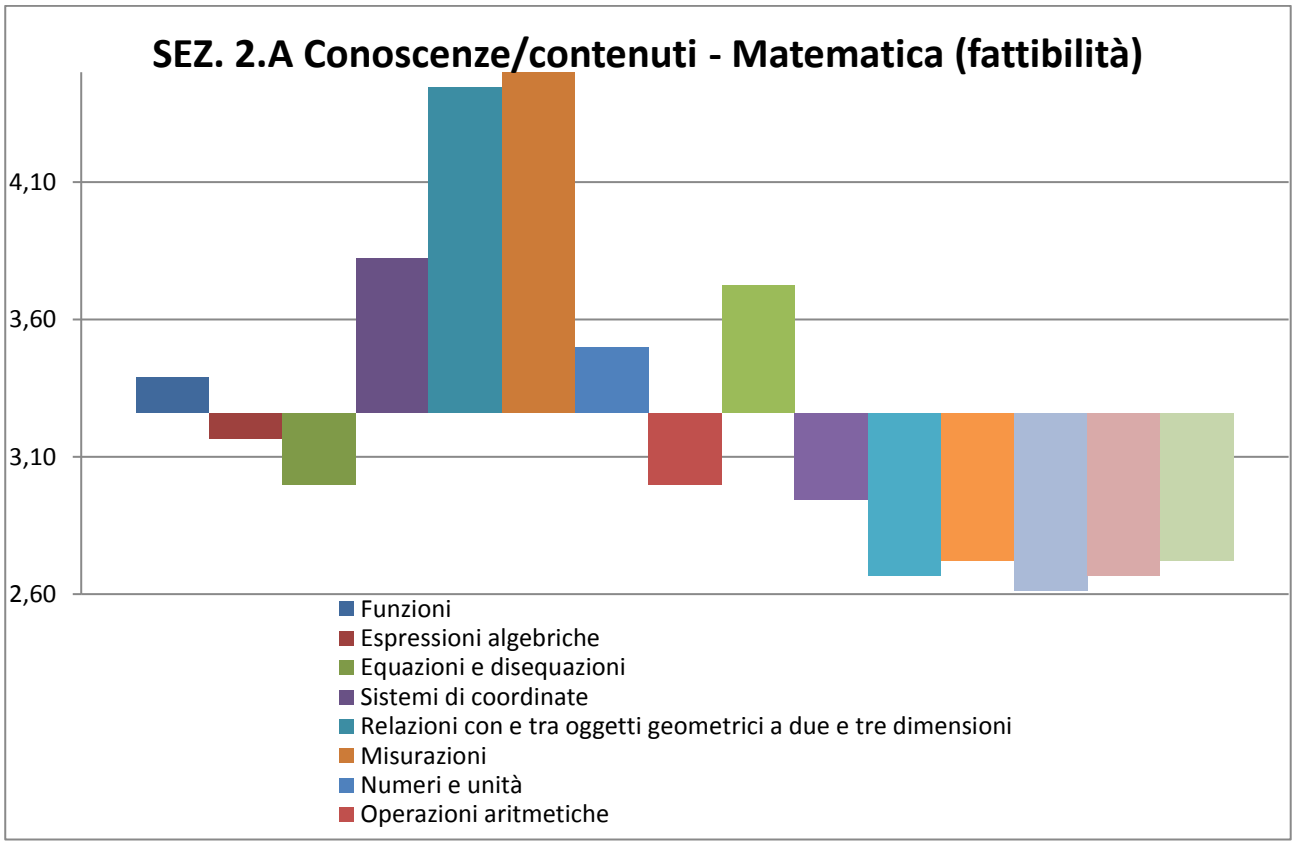
- E (Relazioni con e tra oggetti geometrici bi e tri dimensionali: **4,44**)

- D (Sistemi di coordinate: **3,82**)

- I (Percentuali, rapporti e proporzioni: **3,72**)

- G (Numeri e Unità: **3,50**)

- A (Funzioni: **3,39**)



Relativamente all'alfabetizzazione scientifica, gli argomenti con un livello di fattibilità superiore alla media **(≥ 2,73)** sono:

- A (Struttura della materia: **3,78**)

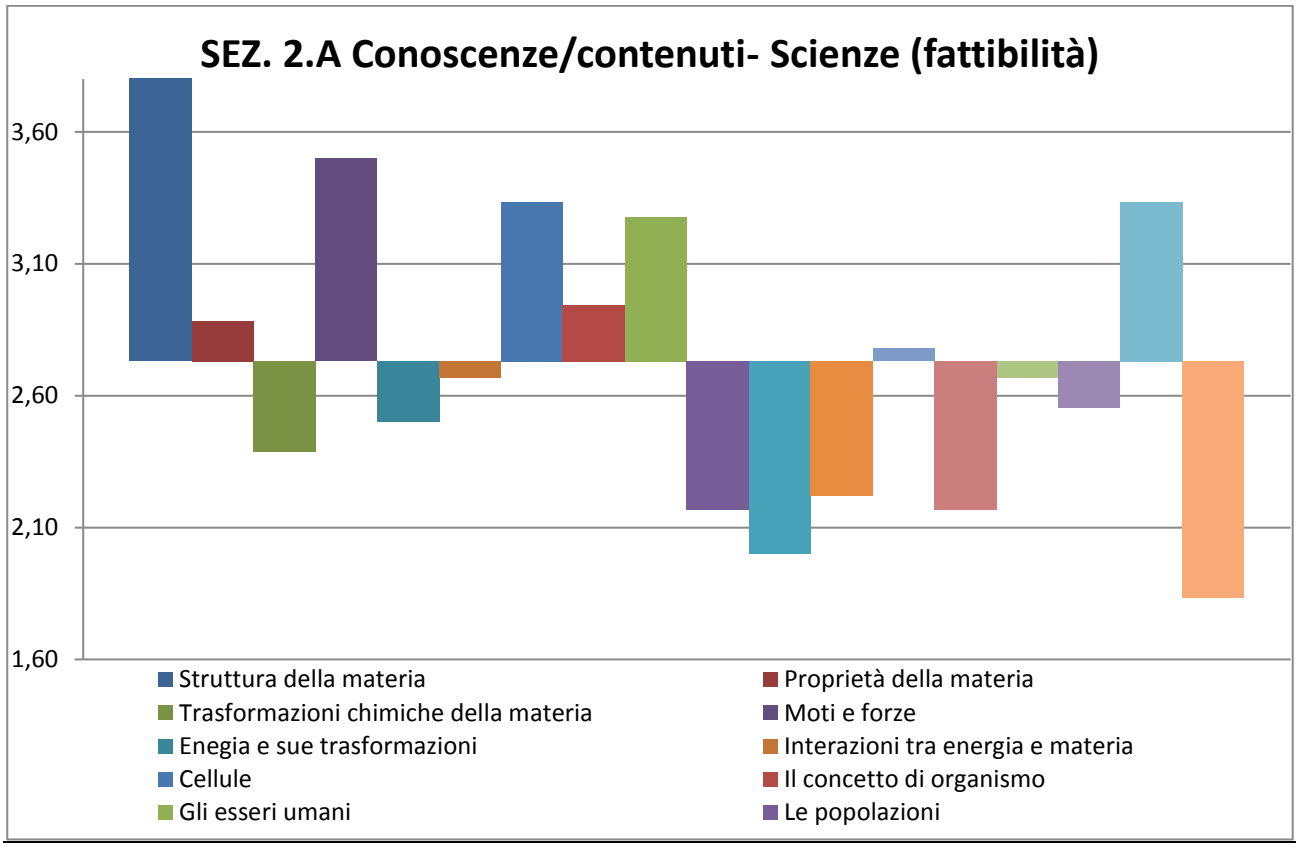
- G (Cellule: **3,67**)

- D (Moti e forze, azione a distanza: **3,56**)

- I (Il corpo umano: **3,28**)

- Q (La Terra nello spazio: **3,06**)

- B (Proprietà della materia: **3,00**)



E' importante notare il seguente risultato: per quanto riguarda entrambe le discipline (matematica e scienze), gli elementi ritenuti avere priorità più elevate sono anche giudicati più fattibili a livello di stampa 3D.

Evidenziamo di seguito alcuni altri argomenti che non sono state inclusi nel questionario, ma sono stati suggeriti direttamente dagli esperti nelle note:

Alfabetizzazione Matematica:

CAPACITA':

- Ragionamento e prova (Valutazione di concetti, relazioni e processi di ragionamento cognitivo, la dimostrazione e strategie metacognitive impiegate, le proprietà e metodi inferenziali, deduzioni, proprietà generali e applicate di numeri d forme, scoprire relazioni matematiche tra diversi insiemi di numeri e cifre; dimostrare la validità o non validità di un argomentazione). **VALORE 5**

ARGOMENTO:

- Calcolo degli interi Z e Q razionale, in particolare conversione da frazioni a decimali finiti o infiniti e viceversa, approssimazioni e valutazione dell'ordine di grandezza. **VALORE 4**
- Eseguire misurazioni, in particolare angolari, effettuando con successo conversioni tra diverse unità di misura, formulare ipotesi circa il possibile esito di una misura, identificare eventuali dati o risultati di elaborazione computazionale che sono in contrasto con il contesto. **VALORE 4**

Alfabetizzazione Scientifica:

CAPACITA':

- Raggiungere comprensione spazio-temporale (identificare cause e relazioni, situazioni problematiche; processi storici e geografici; strategie metacognitive utilizzate nella comprensione spazio-temporale). **VALORE 4**

ARGOMENTO:

- TRASFORMARE IL MOVIMENTO CIRCOLARE IN LINEARE
  Valore di priorità 3; Valore di fattibilità 5
- MONTARE PARTI DIVERSE PER REALIZZARE ESPERIMENTI
- Valore di priorità 3; Valore di fattibilità 4

I.3 – Risultati della *SEZIONE B: MODALITA' DI IMPIEGO (VARIABILI SOCIO-TECNICHE)*

Nella sezione B del questionario "Primo Round" abbiamo chiesto al Panel di esperti il parere su *chi* dovesse essere coinvolto in tutto il processo sperimentale di stampa 3D nelle scuole, e *come* dovrebbero essere azionate le macchine.

Parlando di *chi* dovrebbe utilizzare la stampante 3D, si apre un vasto scenario di possibili attori in questo progetto. Posto che gli studenti sono gli utenti finali e i beneficiari ultimie, ci sono molte figure che giocano un ruolo importante: gli esperti di stampa 3D, gli insegnanti e il personale scolastico, gli specialisti ICT e i tecnici.

Una grande questione sorge nelle menti degli insegnanti delle discipline STEM: come può il personale della scuola imparare ad utilizzare le stampanti 3D e garantire sessioni sperimentali efficaci agli studenti?

Per questo motive abbiamo chiesto al Panel di esperti di esprimere il proprio punto di vista su:

- che genere di esperti dovrebbero essere coinvolti nel progetto PRINT STEM e quali ambiti di conoscenza dovrebbero padroneggiare

- se gli insegnanti di discipline STEM dovrebbe ricevere una formazione specifica relativamente alla tecnologia di stampa 3D, e a quale livello

- che tipo di approccio didattico sia più adatto per coinvolgere gli studenti nel progetto

- come coinvolgere specialisti in stampa 3D ed esponenti del mondo "business" nel progetto

- come gestire l'accessibilità degli studenti alle macchine per la stampa 3D

- le problematiche tecniche correlate alla scelta di una stampante 3D, e secondo quale logica operare (logica del fare / logica dell'acquistare)

Ci riferiamo a tutte queste questioni come a variabili socio-tecnologiche.

Ogni esperto ha risposto a domande aperte avendo la possibilità di scrivere liberamente le proprie considerazioni (non era richiesto alcuna classificazione in termini di punteggio). Nelle pagine seguenti è possibile leggere i risultati aggregati per ogni problematica, in forma di "parole chiave" e trend emergenti dai questionari.

Per quanto riguarda informazioni molto specifiche sulla scelta di hardware e software, è presente una corposa sezione alla fine di questo documento (vedi allegati qui sotto).

Le risposte valide per la SEZIONE B sono 18.

Domanda 1 – Che tipo di esperti ritiene importante coinvolgere?

Parole chiave

- Esperti in Tecnologia di stampa 3D

- Esperti di ICT

- Ingegneri e Architetti

-Disegnatori CAD

- Insegnanti di materie STEM

- Esperti di pedagogia e tematiche educative

Domanda 2 – Che conoscenze e competenze devono avere gli esperti?

Parole chiave

- Conoscenze informatiche

- Competenze di CAD e disegno industriale

- Conoscenza dei materiali

- Conoscenze di elettronica

- Competenze di lingua inglese

- Consapevolezza delle potenzialità e dei limiti delle stampanti 3D a scopi didattici

- Consapevolezza delle difficoltà di apprendimento degli studenti

- Un valido approccio pedagogico

Domanda 3 – FORMAZIONE SPECIFICA: ritiene utile/necessario rendere gli insegnanti più informati relativamente all'impiego delle stampanti mediante formazione specifica a carattere tecnico?

Abbiamo individuato nel Panel di esperti alcuni trend a proposito di questa questione.

a) NON UTILE

"La formazione degli insegnanti non è né utile né necessaria. Le scuole non hanno tempo a sufficienza per programmare nuove attività"

b) SOLO FORMAZIONE DI BASE

"La formazione degli insegnanti può essere utile per informarli a proposito di un uso basilare delle stampanti 3D, per comprendere come lavorano le stampanti 3D e portare avanti il progetto. Fino ad ora le stampanti 3D non sono state utilizzate nelle scuole, per cui tale formazione è necessaria per accrescere la consapevolezza."

"Inizialmente gli insegnanti non necessitano di possedere alcuna conoscenza poiché il modo di operare della macchina è molto semplice, e con una formazione di poche ore possono avviare e far lavorare la macchina, ma alla fine sarebbe opportuno formare un poco gli insegnanti su questo argomento per ottenere di più dalle stampanti e migliorare l'insegnamento."

c) E' NECESSARIA UNA FORMAZIONE SPECIFICA E INTENSIVA

" Non necessariamente la programmazione, ma la modellazione 3D e alcune conoscenze informatiche sono un must per gli insegnanti. Senza una formazione completa, la maggior parte degli insegnanti non sarà in grado di utilizzare affatto la tecnologia 3D."

"E' di cruciale importanza che tutti gli insegnanti coinvolt nel progetto ricevano formazione specifica, in particolare quando si usa il software di progettazione. Senza una formazione specifica ed efficace sarà impossibile effettuare sperimentazione efficaci di un qualche valore."

Domanda 4 – APPROCCIO DIDATTICO: ritiene utile/necessario rendere gli insegnanti maggiormente informati in relazione a nuovi approcci didattici?

Abbiamo individuato nel Panel di esperti alcuni trend a proposito di questa questione.

a) NON UNA PRIORITA'

"No, non è utile in termini di apprendimento degli studenti"

"Gli insegnanti dovrebbero essere aggiornati ma solo a livello di informazione aggiuntiva. Non identifico questa come una problematica prioritaria, perchè i docenti non devono essere forzati a cambiare radicalmente la propria visione della disciplina che insegnano o il modo di interagire con i propri allievi [...]"

b) TRADIZIONE E INNOVAZIONE PROCEDONO BENE DI PARI PASSO

"La società attuale si è evoluta molto rapidamente in pochi anni, e gli studenti hanno bisogno di tenere il passo con le nuove tecnologie per prepararsi per il futuro. [...] Credo che l'insegnamento tradizionale non dovrebbe sparire all'inizio del processo di apprendimento, ma è certo che gli studenti hanno nuovi bisogni e nuove preoccupazioni."

c) E' NECESSARIA UN'AMPIA GAMMA DI NUOVE STRATEGIE DIDATTICHE

"Gli insegnanti coinvolti nel progetto devono essere ben informati della possibile varietà di strategie di insegnamento ed essere in grado di applicare all'apprendimento un approccio flessibile. Senza un approccio flessibile all'insegnamento e all'apprendimento, al progetto non potrà essere applicata una gamma completa di sperimentazioni."

"Metodi innovative, centrati sullo studente, aiutano gli allievi ad essere maggiormente coinvolti. Queste iniziative facilitano la creatività degli studenti, il lavoro di gruppo e la delineazione di conclusioni. Sarebbe bello che questo succedesse normalmente nelle scuole."

"[...] In base alla mia personale esperienza, so per certo che un ambiente in cui l'insegnante è più un mentore che un leader porta a risultati di gran lunga migliori, piuttosto che avere un gruppo di studenti bendati che seguono le istruzioni senza fare domande."

Domanda 5 – Come è possibile prevedere il coinvolgimento di esperti del mondo "Business"/Partner Tecnici? (ad esempio: esperti di CAD, programmatori informatici, tecnologi del processo di stampa, altri – specificare)

Abbiamo individuato nel Panel di esperti alcuni trend a proposito di questa questione.

a) NON REALIZZABILE

"Non lo so / Onestamente non lo vedo possibile nella realtà attuale"

"E' molto difficile. La scuola è un mondo separato dal business e non ci esistono finanziamenti di sorta"

b) REALIZZABILE ATTRAVERSO L'ALLEANZA CON ISTITUZIONI ESTERNE

"Può succedere contattando Fab Lab Makers, laboratori per la prototipizzazione 3D e Università tecniche"

"Il coinvolgimento di esperti tecnici e del mondo business può essere ottenuto mediante corsi intensivi e incontri che evidenzino l'utilizzo pratico della stampante 3d nel mondo del lavoro [...]. "

c) REALIZZABILE ATTRAVERSO ATTIVITA' DI PROMOZIONE/SPONSORIZZAZIONE

"Potrebbe essere introdotto a livello di lezioni dimostrative o utilizzato in attività extracurricolari durante club di hobby/interessi. Dimostrazioni di stampa 3D su larga scala e di soluzioni non standard possono aumentare l'interesse degli alunni nei confronti di questa tecnologia e facilitare il loro percorso per aumentare le proprie competenze."

"Per esempio coinvolgendo gruppi editoriali che finanzino lo sviluppo di nuove proposte tratte dai risultati del progetto, ovvero alla fine chi, oltre a ciò che è comunemente offerto, sia in grado di dare un valore aggiunto a quanto svolto. "

Domanda 6 - Ritieni importante (e quanto) un LAVORO COLLABORTIVO tra esperti di diverse categorie? Come potrebbe essere realizzato?

Abbiamo individuato nel Panel di esperti alcuni trend a proposito di questa questione.

a) IMPORTANTE MA DIFFICILE

"E' importante ma non saprei come ottenerlo"

"Il lavoro collaborative può essere efficace in certe situazioni, tuttavia può essere difficile da prevedere all'interno di schemi di lavoro o progetti a causa delle scadenze temporali e del problema delle distanze fisiche"

b) MOLTO IMPORTANTE E REALIZZABILE

"Sì, è molto importante. Gli specialisti devono scambiarsi conoscenze ed esperienze. Una consulenza tra pari e laboratori/formazione comune possono essere di grande aiuto. Potrebbe succedere che specialisti di settori diversi prestino attenzione ad aspetti differenti, e naturalmente essi sono in grado di fornire supporto nello specifico campo di esperienza."

"[...] Può essere realizzato agevolmente organizzando, ad esempio, gruppi di studenti con obiettivi diversi ma uno scopo comune più alto, che può essere raggiunto solo attraverso la collaborazione. La chiave è comprendere che non c'è una reale concorrenza ma solo il divertimento di creare e allargare i propri orizzonti. Succede invece spesso che, quando molti esperti di campi diversi si trovano a lavorare sullo stesso obiettivo, scatti una qualche forma di competizione e di arroganza."

Domanda 7 - Ritieni importante (e quanto) la presenza di personale dedicato in modo stabile alla tecnologia per l'assistenza tecnica in itinere?

Abbiamo individuato nel Panel di esperti alcuni trend a proposito di questo tema.

a) SI', STABILMENTE

"Sì, per ragioni di sicurezza all'interno della scuola"

" Sì, perché le problematiche tecniche e di manutenzione sono separate dalla didattica"

"Sì, è importante, perché le stampanti 3D a basso costo spesso presentano problemi "

"E' molto importante, perché se non c'è personale dedicato stabilmente alla tecnologia e capita un malfunzionamento nel processo di stampa, anche il più insignificante, la stampante è inutilizzabile e si verifica una totale perdita di utilità"

B) E' SUFFICIENTE UN SUPPORTO A DISTANZA/INIZIALE

"Il bisogno di assistenza è legittimo agli inizi. Tuttavia, man mano il progetto avanza e gli insegnanti prendono confidenza, sarà sempre meno necessario [...] Appena i docenti acquisteranno confidenza con

il software e l'hardware di progetto saranno in grado di prevenire le problematiche e avranno già risolto la maggior parte di esse in una fase di studio, prima di confrontarsi con l'insegnamento vero e proprio"

"[...] Un tecnico esperto, affiancato da un assistente, è sufficiente per coprire le necessità di 5-6 scuole. Tuttavia, il vero problema da prendere in considerazione è l'acquisto di una scorta di pezzi di ricambio per le parti mal funzionanti."

Domanda 8 - Ritieni importanti (e quanto) gli aspetti logistici dell'utilizzo della stampante (come ad esempio l'accessibilità della macchina quale fattore motivante)?

Abbiamo individuato nel Panel di esperti alcuni trend a proposito di questo tema.

a) NON IMPORTANTE

"No, non influenzerebbe affatto l'utilizzo della stampante 3D. Ci sono troppi problemi logistici nelle scuole "

"Non penso, dopo un momento iniziale di grande interesse e curiosità, agli aspetti logistici di collocazione della stampante dovrebbe essere data un'elevata priorità."

b) MOLTO IMPORTANTE

"Molto importante. Secondo me, l'accesso dovrebbe essere supervisionato dagli insegnanti/personale tecnico, ma libero per gli studenti".

"Gli studenti che utilizzeranno la stampante saranno molto motivati dalle sue potenzialità. L'opportunità di trasformare un'idea in un prodotto 3D sarà un fattore motivante per gli alunni. Questo contribuirà ad accrescere il loro interesse nei confronti delle discipline STEM e a incrementare la loro voglia di imparare. Gli alunni con ridotte capacità avranno la possibilità di vedere risultati tangibili e questo potrà risveglierà il loro interesse nei confronti dei loro lezioni."

"Il grado di accessibilità della stampante è probabilmente l'aspetto più importante di questo progetto. Uno dei vantaggi di utilizzare stampanti 3D sta nella facilità d'uso e nell'assenza di pericoli reali, il che le rende le macchine ideali da utilizzare da parte degli studenti, teoricamente di qualsiasi età. Ogni esperienza di apprendimento o educativa è sempre più significativa e offre maggiore opportunità di comprensione quando gli alunni davvero, in prima persona, toccano, utilizzano e fanno propria quella stessa esperienza."

Domanda 9 – Preferiresti creare da zero i contenuti della sperimentazione (LOGICA DEL "FARE")?

Abbiamo individuato nel Panel di esperti alcuni trend a proposito di questo tema.

a) LA LOGICA DEL "FARE" NON DOVREBBE ESSERE UTILIZZATA

"Non ritengo si dovrebbe usare una logica del "fare". Richiede un carico di conoscenza maggiore, più tempo e un maggior supporto esterno da parte di altri referenti."

"All'inizio la logica del "fare" non dovrebbe essere usata. Come accade in molti campi del sapere, in particolare quelli tecnici, l'approccio ottimale è conosciuto come "reverse engineering". In questo caso, si dovrebbero usare modelli già realizzati e, nel frattempo, studiarli per imparare come sono stati fatti. Questo dovrebbe sviluppare una generazione di utenti in grado di incamminarsi, in fasi successive e dopo aver accumulato esperienza, in direzione di una logica del "fare"

b) MEGLIO UNA SOLUZIONE MISTA

"Sarei per proporre una soluzione mista, ovvero ottenere modelli e disegni da fonti esterne e modificarli secondo i propri specifici bisogni educativi. Lo sviluppo di modelli per la stampa 3D richiede un sacco di tempo. Non ha senso sviluppare qualcosa che già esiste - tranne se il processo apporta valore educativo. Vi è anche una questione di tempo, modelli complessi possono richiedere diverse ore di lavoro di progettazione, non credo potrebbe funzionare in una tipica situazione di aula."

c) DEVE ESSERE IMPIEGATA UNA LOGICA DEL "FARE"

"E' preferibile creare da zero. Può sembrare molto difficile creare da zero in quanto principianti in progetti di stampa 3D; tuttavia questo accelererà il processo di apprendimento di insegnanti e alunni. Avere la possibilità di trasformare la propria idea in un prodotto 3D contribuirà al loro apprendimento attivo. Dopo un periodo di prova iniziale per tentativi ed errori, essi impareranno a concretizzare le proprie idee in prodotti tridimensionali."

Domanda 10 – Preferiresti acquisire contenuti già esistenti, ad esempio programmi gratuiti o disegni scaricabili da siti internet (LOGICA DELL' "ACQUISTARE") ?

Abbiamo individuato nel Panel di esperti alcuni trend a proposito di questa problematica.

a) LA LOGICA DELL'"ACQUISTARE" E PIU' REALISTICA

"Sì, perché non è realistico pensare che insegnanti e studenti creino da zero modelli e disegni. Le cose procedono più facilmente se possono seguire un modello."

"Questa opzione è più realistica: utilizzare contenuti già esistenti rende l'avvio della sperimentazione più agevole e meno problematico. Durante la fase iniziale del progetto è necessario non perdere l'interesse degli studenti e un eccesso di problemi porta invece allo scoraggiamento. Dopo questa prima fase, si può passare a una logica del "fare" ."

"La logica dell'"acquistare" è il primo approccio alla questione. Un modello scaricabile, ad esempio, dà grande soddisfazione a un principiante perché fornisce un risultato rapido senza che resti impantanato nel processo di creazione. Creare da zero lo costringe a una maggiore lentezza, forse potrebbe essere più gratificante nel lungo periodo ma a rischio di abbandono precoce, frustrazione e altri effetti collaterali di una curva di apprendimento eccessivamente ripida. Come ho detto, la logica dell'"acquistare" va intesa non in sostituzione di una logica del "fare" ma come un prologo necessario che a questa naturalmente conduce."

b)LA LOGICA DELL' "ACQUISTARE" NON E' LA SCELTA MIGLIORE NEMMENO PER I PRINCIPIANTI

"In alcuni casi potrebbe essere utile, ma la prima opzione è preferibile. Si fanno meno sforzi, ma il rischio è quello di non comprendere il vero scopo del modelli 3D scaricati. Inoltre, non vengono coinvolti gli alunni nella sperimentazione."

"Non credo che la logica dell'"acquistare" sia un'opzione preferibile. I don't think to buy it is a good option. E' una buona opportunità, se si riescono a trovare librerie gratuite su Internet, ma se occorre pagare sviluppatori per ottenere i file, risulta molto dispendioso, e le scuole spesso non hanno fondi. Potrebbe essere una soluzione che molte scuole collaborino, ogni scuola pagando uno, due o tre disegni, e poi si condivida tutto: questo non risulterebbe altrettanto oneroso."

CAPITOLO II

Verso una libreria di oggetti stampabili

Il Questionario "Secondo Round"

Come affermato prima, il metodo Delphi consiste in un'indagine, relativamente a un argomento specifico, mediante la ripetuta consultazione di uno stesso gruppo di persone (Panel) in relazione ai problemi della ricerca, fino al raggiungimento di un consenso comune.

Dopo che un esaustivo rapporto di feedback circa le questioni del Questionario "Primo Round" è stato consegnato al Panel, nel Questionario "Secondo Round" si parte dai risultati del primo turno di consultazione e si cerca di andare oltre.

L'intento era capire se gli stessi esperti riconoscessero o meno i risultati, visualizzandoli in maniera aggregata, e chiedere loro di confermare o contraddire le dichiarazioni, motivando la propria scelta.

E' stata mantenuta la stessa struttura del primo questionario: Sezione A relativa alla *possibilità di utilizzo* di stampanti 3D a scuola, e Sezione B relativa a *come utilizzare* e gestire la macchina a scuola.

Nella Sezione A del Questionario "Secondo Round" abbiamo mostrato i risultati delle domande quantitative frutto della prima consultazione, e chiesto agli esperti del Panel di affermare, in primo luogo, se erano d'accordo o meno con la capacità / argomenti selezionati come più importanti.

In secondo luogo, si è chiesto loro di fare alcune proposte circa una libreria di oggetti fisici che potrebbero essere effettivamente stampati, tanto in sperimentazioni di tipo "pupil-led" quanto in sperimentazioni di tipo "teacher-led", prefigurando (ed eventualmente delineando) un ambiente didattico ideale o la metodologia per eseguire in modo efficace le sperimentazioni.

Nelle pagine seguenti troverete un quadro completo delle risposte degli esperti del Panel nel suo complesso, che tiene conto anche di dichiarazioni di accordo o disaccordo.

Il Questionario "Secondo Round" ha visto il coinvolgimento di 18 esperti. Le risposte valide risultano essere 17.

II.1 – Risultati della *SEZIONE A: POTENZIALITA' DI UTILIZZO*

II.1.-1.A. CAPACITA' RELATIVE ALL'ALFABETIZZAZIONE

II.1.-1.A.1 ALFABETIZZAZIONE MATEMATICA

Relativamente all'alfabetizzazione matematica, in accordo con i risultati del Questionario "Primo Round" la questione più critica risulta:

INDIVIDUARE STRATEGIE PER RISOLVERE PROBLEMI con una media di 4,17

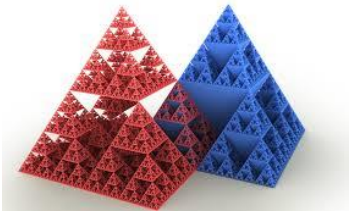
Nel Questionario "Secondo Round", nonostante due esperti si siano dichiarati scettici sulla possibilità di riscontrare nel curriculum di studi di matematica o geometria per studenti 15enni qualche argomento che potrebbe essere usato per la stampa 3D, alcuni esperti ha invece sottolineato ulteriori capacità che dovrebbero essere coinvolte per progettare un'efficace sperimentazione di stampa 3D di tipo "pupil-led":

- **Ragionare e argomentare** (v. lista Pisa), "perché laddove con la loro propria iniziativa e capacità di ragionamento gli studenti stessi abbiano raccolto prove, essi saranno in grado di sviluppare straordinarie capacità di problem solving"
- **Rappresentazione** (v. lista Pisa)
- **Scienze informatiche** (fuori dalla lista Pisa), quale competenza importante nel processo di progettazione di oggetti

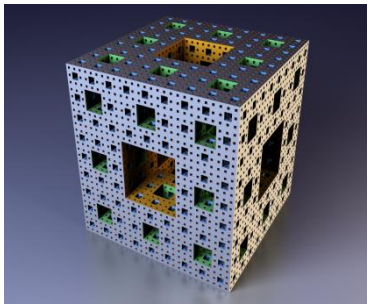
Un consiglio specifico da parte di un insegnante ci avverte: *" "E 'importante per gli alunni vedere l'importanza della matematica, senza che essi vengano "stravolti" da un uso eccessivo della matematica"*

Second oil Panel di esperti, esempi di **oggetti fisici** che possono essere stampati nelle sperimentazioni **di tipo "pupil-led"**, basate sugli argomenti di alfabetizzazione matematica più critici, sono:

- Classici Frattali 3D
  come il Tetraedro di Sierpinsky o la Spugna di Menger



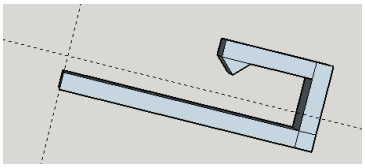
Tetraedro di Sierpinsky



La Spugna di Menger

- Un cubo, una piramide a base quadrata o un cilindro

- Un oggetto in equilibrio su un supporto adatto, in modo che l'asta inferiore sia perfettamente orizzontale



- Una scarpa

- Una forma per scarpe adattata elettronicamente. (Una forma per scarpe è una forma meccanica con le sembianze di un piede umano. E' fatta di legno, ferro o plastic e viene sempre usata nella produzione di scarpe. Il problema con le forme per scarpe è che esse vengono sempre fornite in misure standard predefinite.)

- Un aeroplano giocattolo

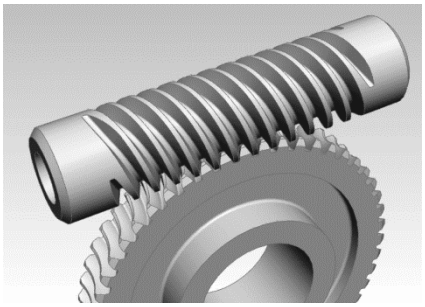
Relativamente alla progettazione di sperimentazioni di tipo "pupil-led", è possibile notare che alcuni oggetti sono direttamente connessi con gli argomenti di matematica che sono stati individuati per priorità e fattibilità (principalmente "Relazioni entro e tra oggetti geometrici in due e tre dimensioni"). Altri oggetti (scarpe, forme per scarpe, modellini di aereo) sono solo indirettamente connessi con argomenti matematici. Forse essi possono meglio valorizzare l'atteggiamento pratico degli allievi, ma gli insegnanti devono definirli analiticamente al fine di collegarli alla matematica.

Per quanto riguarda la **metodologia didattica e operativa** da adottare durante le **sperimentazioni di tipo "pupil-led"** di stampa 3D orientate alla matematica, qui di seguito troverete le considerazioni espresse da alcuni esperti, che hanno indicato questi principali possibilità:

A. "Il corso potrebbe essere diviso in 3 moduli. Alla fine di ogni modulo gli studenti dovranno completare determinati compiti e incarichi che verranno raccolti nella pubblicazione finale di progetto. Nel Modulo 1, lezioni frontali insegneranno agli studenti le informazioni di base circa l'oggetto da stampare e sugli

strumenti e le attrezzature tecniche (software e macchinari) disponibili per la loro sperimentazione. Nel Modulo 2, gli studenti studieranno le caratteristiche progetteranno ogni parte dell'oggetto. Essi riceveranno istruzioni per valutare e stimare correttamente tutti i valori, per completare la ricerca con gli strumenti tradizionali o grazie a immagini o scansioni laser. Nel Modulo 3, gli studenti stamperanno l'oggetto in laboratorio, dopo aver ricevuto istruzioni specifiche su come far funzionare la macchina".

B. "L'organizzazione pratica dovrebbe iniziare con la consegna agli studenti di disegni del cambio e delle leggi matematiche cui il movimento del cambio è soggetto. Essi dovrebbero quindi procedere alla creazione di un meccanismo semplice che ha una certa velocità di rotazione assiale. Le difficoltà potrebbero essere adattate utilizzando non solo ruote dentate frontali e includendo quelle elicoidale o quelle a vite senza fine."



C. "Tutto il gruppo dovrebbe partecipare alla scelta dell'oggetto da stampare. Questo gruppo dovrebbe essere diviso in sottogruppi che affrontano le varie fasi di progettazione e costruzione del prodotto:

1. Il trattamento di funzioni matematiche necessarie per la realizzazione dell'oggetto.

2. L'elaborazione del modello 3D tramite il software Autocad.

3. La realizzazione fisica dell'oggetto attraverso la stampante 3D, che dovrebbe aiutare l'intero gruppo coinvolto ".

D. "Una buona organizzazione pratica potrebbe consistere nel lasciare che gli studenti progettino la superficie direttamente con un programma di matematica, come *Derive*. Una volta progettate queste superfici, il disegno può essere elaborato con programmi CAD (*Magics, 3D Studio, Rhinoceros* ...) per dare spessore, oppure può essere manipolato e infine inviato a *Cura, Repetier Host*, affinché venga costruire con una stampante 3D."

E. "Gli studenti potrebbero essere organizzati in gruppi o cellule e lavorare su aspetti diversi della stampa, con un approccio di tipo "apprendimento collaborativo". Un altro modo di organizzare la cosa sarebbe quello di avere allievi che lavorano su aspetti diversi di un progetto, in modo che alcuni alunni lavorino su diversi progetti, più facili o più veloci da usare. Questo significherebbe che la stampante può essere utilizzata continuamente nel corso di un progetto."

F. Uno degli esperti mette in evidenza un documento estremamente interessante e prezioso sulla stampa 3D rilasciato dall'Università di Harvard negli Stati Uniti. I contenuti sono altamente tecnici e adatti per gli specialisti, ma alcuni spunti potrebbero essere utili anche a questo livello. I documenti possono essere scaricati gratuitamente da

http://www.math.harvard.edu/~knill/3dprinter/documents/trieste.pdf

II.1-1.A.2 ALFABETIZZAZIONE SCIENTIFICA

Relativamente all'alfabetizzazione scientifica, secondo i risultati del Questionario "Primo Round" l'argomento più critico è:

INTERPRETARE SCIENTIFICAMENTE DATI ED EVIDENZE con una media pari a 3,89

Il Panel di esperti in genere concorda con questa valutazione, anche nel Questionario "Secondo Round". Alcune ulteriori proposte sottolineano ulteriori capacità quali competenze cruciali per realizzare **sperimentazioni di tipo "pupil-led"** efficaci:

• **spiegare i fenomeni scientificamente**, "concentrandosi sull'identificazione, l'utilizzo, la creazione di modelli esplicativi e rappresentazioni. In questo modo, uno studente può facilmente visualizzare e sperimentare modelli teorici o modelli che è abituato a vedere solo sulla carta."

• **risolvere problemi**: mentre si progetta un oggetto, "è importante individuare le difficoltà e identificare strategie per risolvere i problemi".

Secondo il Panel, sono esempi di **oggetti fisici** che possono essere stampati durante **sperimentazioni di tipo "pupil-led"** basate sugli argomenti di alfabetizzazione scientifica più critici:

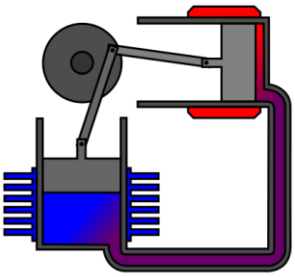
- La strutture delle più comuni molecole chimiche
- Un oggetto della vita quotidiana degli studenti, per esempio la cover di uno smartphone o un portachiavi
- Una tomaia per scarpe prodotta elettronicamente.
  (La tomaia è la parte superiore di una scarpa che funge da copertura della suola. Nella produzione di scarpe, vi è la necessità di controllare se la tomaia corrisponde alla suola sovrapponendola alla suola stessa. Questa operazione viene spesso realizzata con carta piegata a mano)
- Una casa con giardino, o il plastico della scuola
- Un vaso
- Oggetti in cui studiare i centri di gravità
- Un ingranaggio triplo che comporta l'uso di tre ruote dentate, tutte collegate a coppie.
- Una tripla elica, meccanismo con tre ingranaggi elicoidali, collegate a coppie, tutte ad angolo retto tra loro.

Ingranaggio elicoidale

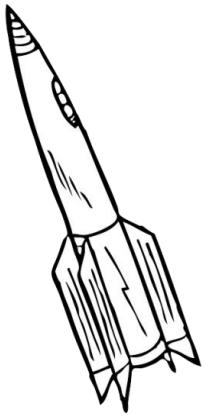
- Gli studenti possono sviluppare la propria "trasformazione di movimento da lineare a circolare" basata sulle idee di Leonardo Da Vinci, e anche condurre la propria sperimentazione sul volume di trasformazione

Ruote dentate

- Un motore stirling



- Progettare e costruire **un razzo spaziale in scala**, che potrebbe in realtà essere testato. Potrebbe impiegare motori a razzo simili a fuochi d'artificio. Le due aree principali da testare e sperimentare sarebbero il cono anteriore e la pinna caudale ove è montato il motore a razzo.



Al fine di progettare sperimentazioni di tipo “pupil-led”, si noti che alcuni oggetti sono direttamente connessi con gli argomenti scientifici (soprattutto "struttura" e "proprietà della materia", "moti e forze, azione a distanza"), tra quelli identificati per priorità e fattibilità. Altri oggetti (casa, vaso, motore, razzo spaziale) sono solo indirettamente collegati con gli argomenti scientifici. Forse essi possono valorizzare meglio un atteggiamento pratico degli allievi, ma gli insegnanti devono definirne in modo analitico il loro collegamento con argomenti scientifici.

Per quanto riguarda la **metodologia didattica e pratica** da adottare durante le **sperimentazioni di tipo “pupil-led”** di stampa 3D orientate alle scienze, qui di seguito è possibile trovare le considerazioni di alcuni esperti, che hanno evidenziato questi principali possibilità:

A. “L'insegnante potrebbe mostrare agli alunni una struttura complessa in cui manca un particolare. Il pezzo mancante potrebbe essere l'oggetto che devono stampare: gli allievi devono quindi indovinare la

vera forma dell'oggetto e le sue dimensioni. Per rendere le cose più difficili, l'insegnante potrebbe mostrare la struttura incompleta come uno schizzo 2D o forse un progetto 3D realizzato a CAD. Si potrebbe anche chiedere agli alunni di ri-dimensionare l'oggetto a una scala più piccola o più grande. Uno ulteriore compito per gli studenti potrebbe essere, dopo aver messo a punto qual è la forma da stampare, decidere quale orientamento sia ottimale per stampare con successo. In questo caso li dovrebbero supportare, nella realizzazione, le leggi della fisica. Per fare un esempio, se devono stampare la base di una piramide quadrata non sarebbe saggio mettere sulla base il quadrato più piccolo, perché il materiale bollente in uscita dall'ugello della stampante potrebbe solidificare in modo indesiderato."

B. Individuare momenti procedurali operativi quali:

1 – Identificazione dell'oggetto da stampare

2 – Disegno dell'oggetto

3 – Reperimento di istruzioni su come stampare l'oggetto

4 – Stampa dell'oggetto

5 –Utilizzo dell'oggetto

C. Relativamente al disegnare e stampare scarpe e tomaie:

- Un certo insieme di varie scarpe usate viene consegnato agli alunni. Gli studenti sono invitati a riprodurre le scarpe attraverso misurazioni matematiche, calcoli tecnici e stampa 3D."
- "Forme per scarpe in varie dimensioni vengono consegnate agli alunni. Si chiede loro di effettuare le necessarie misurazioni e trasferire i dati raccolti al computer. Ci si aspetta che realizzino tomaie prodotte elettronicamente che alla fine ben si adattano ai loro modelli di forme per scarpe."

D. Relativamente al progetto di una casa:

- "Gli studenti con la guida dell'insegnante realizzano ogni componente della casa in scala. Finestre, tetto, porte, mobilio per ogni stanza, cortile. Il progetto sarà assegnato a gruppi di studenti che hanno necessità di collaborare per completare l'edificio."

E. Relativamente al disegno e stampa di componenti di un motore stirling:

- "Gli studenti studiano il funzionamento del motore stirling, e una volta capito il suo funzionamento progetteranno il proprio oggetto e quindi ne realizzeranno la produzione con una stampante 3D, in modo che possano vederlo in funzione, e, naturalmente, ottenere una migliore comprensione di come si comporta in tempo reale"

F. Per disegnare e stampare un razzo spaziale, gli insegnanti dovrebbero prima fornire i seguenti spunti:

1.Fisica: gravità, aerodinamica, traiettoria, forze, velocità, altezza e misurazioni

2. Chimica: energia, ossidazione, combustibili, reazioni, i tassi di reazione e sperimentazione fisica.

3. Matematica: la matematica potrebbe essere impiegata in tutti i processi di cui sopra

II.2.- 2.A CONOSCENZE/CONTENUTI

II.2.- 2.A.1 MATEMATICA: ELEMENTI RELATIVI ALLE PRIORITA'/FATTIBILITA' PER LA STAMPA 3D

Relativamente ad argomenti matematici e loro priorità/fattibilità per **sperimentazioni di stampa 3D di tipo "teacher-led"** ,secondo i risultati del Questionario "Primo Round" i temi principali sono:

- RELAZIONI ENTRO E TRA OGGETTI GEOMETRICI BI E TRI DIMENSIONALI

4,17 la media di priorità **4,44** la media di fattibilità

- MISURAZIONI

4,11 la media di priorità **4,50** la media di fattibilità

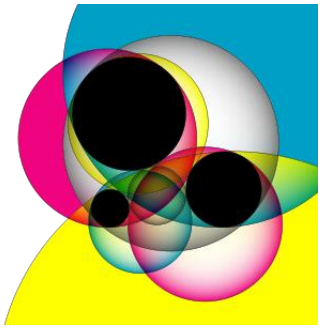
Il Panel di esperti nel suo complesso ha confermato l'assunto generale secondo cui è *le relazioni tra oggetti 2D & 3 D* l'argomento principale sul quale basare le **sperimentazioni di stampa 3D di tipo "teacher-led"**. Solo tre esperti hanno espresso preferenza verso *Misurazioni* per delineare le sperimentazioni.

Relativamente ad esempi di oggetti stampabili, l'assunto generale è che potrebbe essere difficile trovare qualcosa che abbia in primo luogo a che fare con la conoscenza matematica.

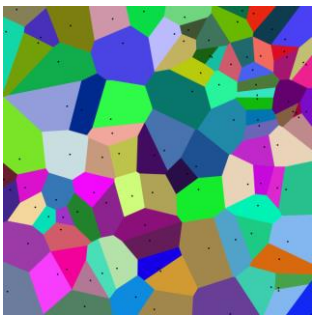
Un esperto evidenzia che "potrebbe essere molto difficile creare un progetto di stampa 3D che sia delineato principalmente secondo una prospettiva matematica. Sarebbe molto più semplice scegliere un progetto a tema scientifico e solo in seguito pensare a come la matematica potrebbe essere utilizzata nell'ambito del progetto stesso. Un punto di partenza potrebbe essere la progettazione e stampa di una semplice **abitazione**. Se la casa doveva essere costruita in scala, ad esempio in scala 1:100, potrebbero essere impiegati semplici metodi di misurazione ed elementi base di matematica."

Ulteriori esempi di **oggetti** stampabili in **sperimentazioni di tipo "teacher-led"** orientati alla matematica sono:

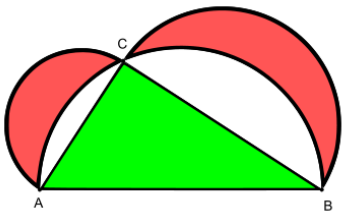
- Progetto ispirato ai cerchi di Apollonio



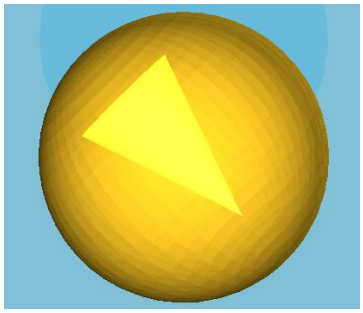
- Progetto ispirato ai Diagrammi di Voronoi



- Lune di Ippocrate

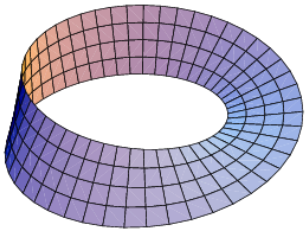


- Solidi tridimensionali (cubi, cilindri, sfere, coni, piramidi) con cavità interne



- Una macchina plotter per il taglio di tomaie o di un componente.
- (Una macchina plotter è uno strumento tecnologico molto usato nel taglio preciso di tomaie nella produzione di scarpe. Produttori cinesi di macchine plotter vantano una forte presenza sul mercato globale.)

- Il nastro di Möbius



Per quanto riguarda la **metodologia didattica e operativa** da adottare durante le **sperimentazioni di stampa 3D di tipo "teacher-led"** orientate alla matematica, qui di seguito è possibile trovare le affermazioni di alcuni esperti, che propongono queste soluzioni:

A. "È necessario creare diversi gruppi separati ma allo stesso tempo tra loro collegati. Ogni gruppo deve seguire specifiche fasi del progetto, ovviamente tutti i problemi e le loro soluzioni dovrebbero essere approvate dall'intero gruppo."

B. "L'insegnante potrebbe, in un primo momento, solo chiedere agli alunni di identificare un solido a scelta fornendo un volume specifico che essi sono tenuti a seguire. Gli alunni potrebbero poi decidere (in piccoli gruppi), quale sia il miglior solido su cui lavorare e quali dimensioni (lunghezza, altezza, larghezza) dovrebbe avere per eseguire al meglio il compito affidato loro dal docente. Le opere saranno esaminate e valutate alla fine, in modo che la stampa possa avere inizio. "

C. Individuare momenti procedurali operativi quali:

1. Presentazione del problema da un punto di vista matematico e storico

2. Costruzione dell'oggetto

3. Utilizzo del kit per sperimentazioni plurime

4. Generalizzazione (Riconduzione alla teoria da un punto di vista matematico)

D. Circa solidi 3D con cavità interne: "Gli studenti possono osservare e studiare la sfera, le sue posizioni e l'equilibrio a seconda del posizionamento del centro di gravità all'interno della cavità. Gli studenti possono quindi effettuare misurazioni di densità media studiando il galleggiamento. Anche semplicemente descrivendo accuratamente l'oggetto e tutti i dettagli necessari, gli studenti saranno impegnati attivamente e, pertanto, il processo di apprendimento sarà certamente salutare in termini di vocabolario geometrico. Il galleggiamento di oggetti simili può quindi dare nuovi stimoli per ulteriori attività e progetti che sono ancora da delineare e sperimentare."

II.2. - 2.A.2 SCIENZE: ELEMENTI RELATIVI A PRIORITA'/FATTIBILITA' PER LA STAMPA 3D

Relativamente ad argomenti scientifici e loro priorità/fattibilità per sperimentazioni di stampa 3D, secondo i risultati del Questionario "Primo Round" i temi principali sono:

SISTEMI FISICI – **Struttura della materia**: **3,89** la media di priorità; **3,78** la media di fattibilità

SISTEMI FISICI – **Moti e forze** e azione a distanza; **3,50** la media di priorità; **3,56** la media di fattibilità

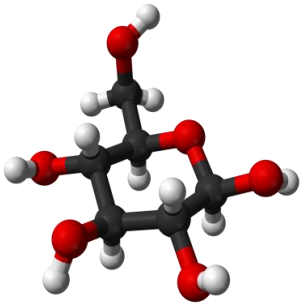
Gli esperti in questa sezione rilevano opinioni diverse sugli argomenti più rilevanti per **sperimentazione di tipo "teacher-led" orientate alla scienza.** Mentre circa la metà di loro valuta come argomento principale la "Struttura della materia", altri esperti scelgono "Moti e forze".

Alcuni di loro sottolineano ulteriori contenuti/conoscenze che, secondo la propria opinione, dovrebbero essere attentamente considerati durante la progettazione di una **sperimentazione di tipo "teacher-led"**:

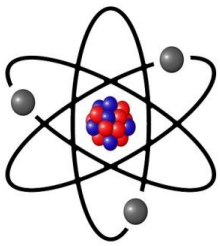
- "Studio attivo e ricerca, ragionamento creative e autonomo, perseveranza, la ricerca di soluzioni alternative".
- "Modelli del cosmo; molecole organiche; studi del corpo umano e degli organismi animali."
- "L'argomento più importante per la stampa 3D è costituito dalle **Proprietà della Materia** perchè mostra le diverse possibilità di utilizzo di due oggetti con medesima forma e dimensione ma realizzati in materiali diversi".

Esempi di **oggetti** stampabili in **sperimentazioni di tipo "teacher-led"** orientati alla scienza sono:

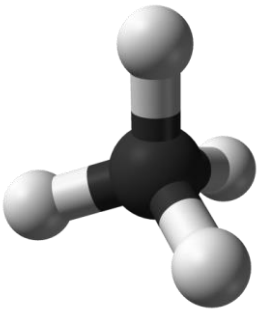
- Molecole inorganiche od organiche (es. glucosio)



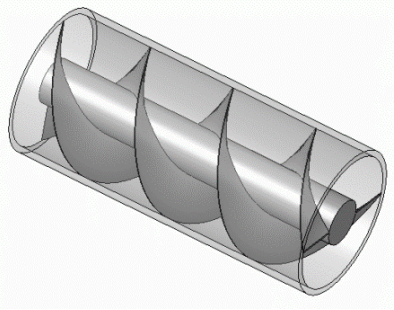
- Un **atomo** e le sue particelle (ioni, protoni, elettroni)



- La struttura chimica del **Metano**



- La vite di Archimede



- **Auto giocattolo** comprensive di dettagli e accessori (come ruote, motore elettrico, ingranaggi)
- Trasporto ferroviario, come il **treno** di **Maglev** (levitazione magnetica)
- Trasporti su acqua, come **imbarcazioni veloci**

Per quanto riguarda la **metodologia didattica e operativa** da adottare durante le **sperimentazioni di stampa 3D di tipo "teacher-led"** orientate alla scienze, qui di seguito è possibile trovare le affermazioni di alcuni esperti, che evidenziano queste principali possibilità:

A. Utilizzare il metodo del “Reverse Engineering” per osservare, disegnare e stampare un oggetto

B. “L'insegnante introduce il problema, mostra il solido da stampare e parla del suo utilizzo finale (quali forze fisiche deve sopportare, se gli è permesso di crescere / ridursi e se ha bisogno di essere un conduttore o meno). Lascia decidere agli allievi quale sia il miglior materiale da utilizzare (ovviamente tra quelli che una stampante 3D può effettivamente utilizzare) e li esorta a stampare quanto hanno deciso. Egli potrebbe quindi mostrare come diversi materiali scelti dagli alunni resistano più o meno alle sollecitazioni fisiche inserendo l'oggetto stampato all'interno del motore in cui è stato concepito per lavorare. Un ingranaggio fatto di un materiale fragile potrebbe rompersi in pochi secondi. Un ingranaggio fatto di un materiale sbagliato potrebbe cambiare dimensione (se si produce un cambiamento di temperatura) e non funzionare più (potrebbe anche sciogliersi).”

C. A proposito della vite di Archimede, potrebbe essere utilizzata la seguente metodologia:

1. Ripassare le informazioni sull’oggetto già in possesso degli studenti (Principio di Archimede o densità)

2. Identificare le caratteristiche da esaminare (volume, massa)

3. Identificare l’obiettivo della sperimentazione con gli studenti e invitarli a fornire suggerimenti per risolvere il problema (paragonare le forze in acqua in relazione ad oggetti di forme e massa diverse)

4. Stampa dell’oggetto

5. Esecuzione degli esperimenti in laboratorio"

D. A proposito delle macchine giocattolo:

"Gli student saranno suddivisi in gruppi diversi per disegnare ognuno il proprio modellino di veicolo, e alla fine della sperimentazione potrebbe essere organizzata una gara per verificare quale sia il più veloce, una volta costruiti, tenendo in considerazione i principi della fisica.”

E. A proposito di treni e navi:

"Questi progetti potrebbero essere basati sui principi di aerodinamica e su come le forze possano influenzarli. A un livello più basso, i progetti potrebbero essere basati sulla manifattura di oggetti stampati in 3D. L’elemento matematico del progetto potrebbe essere un semplice "bullone" che fa parte del disegno. Per esempio con il progetto dell’imbarcazione potrebbe essere svolto un semplice calcolo relativo allo spostamento dell'acqua. Questo potrebbe quindi collegarsi a massa, volume e peso.”

II.3 Risultati della *SEZIONE B: MODALITA' DI IMPIEGO (VARIABILI SOCIO-TECNICHE)*

Nel Questionario "Secondo Round" si è chiesto agli esperti di attribuire un punteggio a parole chiave e tendenze che sono emerse dalla Sezione B del Questionario "Primo Round".

Date le stesse domande 1-10 (vedi sopra, pagine da 14 a 20), al Panel di esperti è stato chiesto di valutare ogni parola chiave (per le domanda 1 e 2) da 1 (non importante) a 5 (massimamente importante), e a ogni tendenza (Domande 3 -10) da 1 (completamente in disaccordo) a 5 (completamente d'accordo), aggiungendo considerazioni personali per una migliore comprensione.

Gli esperti hanno in genere confermato le opinioni già espresse nel questionario precedente. Ognuno ha attribuito gli stessi valori alle stesse domande come in precedenza, spesso rafforzando la propria opinione con ulteriori spiegazioni.

Parole chiave e tendenze sono definitivamente confermate nel "Secondo Round".

Domanda 1 – Che tipologia di esperti ritieni sia importante coinvolgere?

Le valutazioni evidenziano come esperti da coinvolgere prioritariamente gli insegnanti di discipline STEM (**4,41** in media), seguiti da esperti di tecnologia di stampa 3D (**4,31** in media) e progettisti CAD (**4,06** in media).

Un esparto suggerisce di coinvolgere anche insegnanti di Arte e Storici dell'Arte.

Domanda 2 – Quali conoscenze e competenze devono avere gli esperti?

La scelta più opzionata è "Consapevolezza di potenzialità e limiti delle stampanti 3D per scope didattici" (**4,24** di media), seguita da competenze di CAD e Disegno Industriale (**4,12** di media) e un buon approccio pedagogico (**4,06** di media).

Domanda 3 – FORMAZIONE SPECIFICA: ritieni utile/necessario formare gli insegnanti circa l'uso delle stampanti mediante una formazione tecnica specifica?

Sebbene coesistano orientamenti diversi entro il Panel, la maggioranza di esperti si ritrova in un punto tra **la tendenza B.** (*solo formazione di base*) e la **tendenza C.** (*formazione specifica e intensiva*).

La maggior parte degli insegnanti tende a dichiarare che, in mancanza di una formazione adeguata, non sarà in grado di erogare lezioni efficaci e organizzare sperimentazioni efficaci per gli studenti.

Al contrario, gli esperti di business tendono a incoraggiare un approccio "fai-da-te" per imparare a far funzionare una macchina, con necessità di formazione solo di base.

Circa le questioni educative collegate al progetto un esperto afferma:

"Stampare qualcosa in 3D è semplice. Altra cosa è applicare questo alla formazione. Io ritengo essenziale formare adeguatamente gli insegnanti relativamente a caratteristiche e limitazioni, altrimenti le stampanti 3D saranno solo gadget fantasiosi collocati in un angolo dell'aula."

Domanda 4 – APPROCCIO DIDATTICO: ritieni utile/necessario formare gli insegnanti in relazione a nuovi approcci all'insegnamento?

La tendenza C. è la più votata ("E' necessaria una varietà di nuove strategie didattiche", **3,94** di media).

Il Panel in generale concorda con il bisogno di una varietà di strategie di apprendimento per coinvolgere gli studenti nel progetto PRINT STEM, e con l'urgenza di introdurre nella didattica le nuove tecnologie, purché questo non cancelli i metodi di insegnamento tradizionali o costringa gli insegnanti a cambiare radicalmente il proprio metodo.

Domanda 5 – Come si può programmare il coinvolgimento di esperti di Business/partner tecnologici? (es. esperti di CAD, programmatori, tecnologi dei processi di stampa, altri – specificare)

La tendenza B. è la più votata ("Fattibile attraverso la collaborazione con istituzioni esterne", **3,76** di media), anche se la maggioranza degli esperti è preoccupata della difficoltà di reperire partners esterni per le scuole.

Le opinioni più rilevanti sono espresse nelle seguenti affermazioni:

"In qualità di membro di un Università tecnica che adotta la tecnologia di stampa 3D per le proprie attività, vedo possibile una collaborazione tra scuole e università tecniche sotto forma di seminari o corsi opzionali regolari."

"Attualmente, l'unica fonte efficace di programmazione e modellazione sono esperti professionisti poiché ovviamente 1) insegnanti e studenti sono nuovi arrivati nel campo della stampa 3D, 2) è illusorio aspettarsi un balzo improvviso nelle competenze di alfabetizzazione informatica. Quindi le scuole devono trovare un modo per pagare e assicurarsi il coinvolgimento di professionisti esperti nel loro piano di studi. "

Domanda 6 - Ritieni importante (e quanto) un LAVORO COLLABORATIVO tra esperti di discipline diverse? Come può essere realizzato?

La tendenza B. ("Importante e fattibile", **3,82** di media) è superiore alla tendenza A. ("Importante ma difficile", **2,94** di media).

I punti di vista più caldeggiati sono riportati di seguito:

"Esistono molti studi interdisciplinari anche nel mondo accademico. Per prima cosa, si fa convergere intorno ad un argomento specifico l'interesse di esperti in diversi campi. Quindi essi lavorano in base a un protocollo di collaborazione che definisce chi è responsabile di che cosa, stabilendo scadenze chiare

e prefissate per ogni compito da svolgere. Infine essi collaborano. Di solito, la sinergia come frutto della collaborazione va oltre qualsiasi risultato che ogni esperto possa produrre individualmente. "

"E' cruciale il collegamento con il mercato, ma non necessariamente in contemporanea con il processo di apprendimento. E' interessante il fatto che le aziende possano fornire alle scuole nuove idee relative a questo. Occorre concentrarsi sempre più sul fatto che gli studenti in pochi anni possano essere assorbiti nel mondo del lavoro".

Domanda 7 – Ritieni importante (e in quale misura) la presenza di personale dedicato alla tecnologia in modo stabile per un supporto in itinere?

La tendenza A. ha ricevuto una votazione molto elevata ("Si, stabilmente" **4,00** di media).

La maggioranza degli insegnanti è spaventata dall'eventualità che problematiche tecniche possano ridurre il beneficio didattico di una stampante 3D a scuola, ostacolando un utilizzo benefico e agevole di questa tecnologia.

Domanda 8 - Ritieni importante (e in che misura) gli aspetti logistici dell'uso della stamapante (ad esempio l'accessibilità della macchina quale fattore motivante)?

La tendenza B. ha ricevuto una votazione molto elevata ("Molto importante" **4,00** di media).

Quasi tutti confermano che gli studenti dovrebbero avere libero accesso alla macchina, anche se molti insegnanti suggeriscono che personale tecnico supervisioni la stampante per evitare danni o un uso improprio.

L'opinione più rilevante è riportata nella frase seguente:

"La filosofia della stampa 3D è quello di aprire la tecnologia agli utilizzatori. Quando è apparsa la stampante 3D a basso costo, è comparso anche il concetto di FabLab. Fab Lab (laboratorio di fabbricazione) è un laboratorio di piccole dimensioni che offre opportunità di fabbricazione digitale. Questo concetto deve essere trasferito alle scuole. Questo "Laboratorio" può essere condiviso da docenti e studenti, naturalmente prevedendo una qualche forma di sorveglianza."

Domanda 9 – Preferisci creare da zero i contenuti della sperimentazione (LOGICA DEL "FARE)?

Domanda 10 – Preferisci acquistare contenuti esistenti, ad esempio programmi gratuiti o disegni gratuitamente scaricabili da siti web (LOGICA DELL' "ACQUISTARE")?

Si riportano di seguito i risultati aggregati per le due questioni insieme, dato che chi preferisce la logica del "fare" non è favorevole alla logica dell'"acquistare" e viceversa. Ogni esperto ha confermato l'opinione già espresso nel Questionario "Primo round", valutando la stessa tendenza allo stesso modo in cui già lo aveva fatto.

La tendenza più votata, considerando le Domande 9 e 10 insieme, è risultata la **9B** ("Una soluzione mista", **3,82** in media).

A prescindere dalle opinioni, un esperto spiega in modo molto esaustivo ciò che dovrebbe guidare gli insegnanti STEM coinvolti nel progetto nella scelta del tipo di logica più adatto:

"L'apprendimento è una questione spinosa e una strada accidentata. Si tratta, per necessità, di un processo graduale con svolte sbagliate, vicoli ciechi o rovesci totali. Il punto focale è ottenere e mantenere *lo slancio del movimento cognitivo*. Pertanto, senza paura di fallire e pienamente consapevoli che i fallimenti e gli errori del passato sono le basi per il successo futuro, i nuovi utilizzatori di stampa 3D dovrebbero partire da zero e continuare a costruire sui solidi risultati del giorno precedente ".

CONCLUSIONI

Questo studio si propone di suggerire una possibile metodologia di lavoro alle scuole coinvolte nel progetto PRINT STEM, soprattutto per coloro che stanno acquistando una stampante 3D in questo momento o si trovano ad utilizzare la macchina per la prima volta a scopo didattico.

Il documento potrebbe essere utile in futuro a fini di disseminazione, nel caso in cui altre scuole europee intendessero adottare la tecnologia di stampa 3D per migliorare l'insegnamento delle discipline STEM.

Il progetto PRINT STEM identifica gli insegnanti delle discipline STEM come le figure chiave dell'intero processo. Poiché lo scopo del progetto è il rafforzamento delle competenze STEM degli studenti, gli insegnanti sono necessariamente coinvolti nella progettazione e realizzazione di sperimentazioni efficaci in termini di coinvolgimento e sviluppo degli studenti.

Per questo motivo gli insegnanti hanno una grande responsabilità per la riuscita del progetto, per cui dovrebbero sentirsi sicuri nell'uso della macchina e nel gestire la sperimentazione degli studenti.

Considerando i risultati del nostro Panel, gli insegnanti sottolineano alcuni problemi da affrontare, come ad esempio:

- la percezione delle stampanti 3D come di un lavoro solo per "personale autorizzato”

- preoccupazioni relative al funzionamento della macchina e sul come venirne a conoscenza

- preoccupazioni su come ricevere una formazione adeguata

- preoccupazioni su quale potrebbe essere l’approccio didattico migliore

D'altra parte, c'è anche un atteggiamento molto positivo da parte della maggioranza degli insegnanti. Si rilevano grandi aspettative, in particolare da parte di scuole che non hanno ancora organizzato alcuna sperimentazione di stampa 3D per i propri studenti.

Considerando i risultati del nostro Panel, si notano i seguenti punti salienti:

-entusiasmo per nuove opportunità di insegnamento e di apprendimento che si accompagnano all’introduzione delle stampanti 3D

- desiderio di coinvolgere studenti in attività entusiasmanti e utili

-visione ottimistica dei miglioramenti raggiungibili nelle discipline STEM l’effettuazione di sperimentazioni con 3 stampanti

-fiducia di essere supportati da un team di specialisti che possono essere di aiuto in caso di necessità

Inoltre, si sottolinea la ripercussione positiva di far parte di un team internazionale, dove ogni scuola e insegnante può chiedere supporto e contare su una comunità di apprendimento e di insegnamento in grado di impostare domande e trovare risposte.

Ringraziamo sinceramente tutti i componenti del gruppo di esperti per il prezioso contributo.

APPENDICE I. CRITERI PER L'ACQUISTO DI TECNOLOGIA

I.1- CONSIDERAZIONI LIBERE SULLA TECNOLOGIA DI STAMPA 3D - HARDWARE

Esperto 1	E' necessario avere un laboratorio attrezzato con diverse opzioni tecnologiche per la stampa 3D. Sul mercato è possible trovare macchinari che lavorano in modi molto diversi uno dall'altro, anche se raggiungono risultati analoghi
Esperto 2	Macchine economiche; veloci nell'eseguire i compiti; facili da utilizzare
Esperto 3	L'Hardware è molto diversificato. La scelta dipende sull'uso che si intende farne e in relazione a quanto tempo si ha a disposizione. Per esempio "Maker Boot" è più economico ma meno efficace di una stampante 3D laser, che è molto più precisa nel delineare i dettagli e più versatile nell'impiego di nylon e in termini di elasticità. Oppure si può procedere con stampanti 3D a gesso, anche se il materiale che utilizzano non è così resistente. I costi sono molto diversi.
Esperto 4	1. Fare scorta di parti di ricambio che sono a rischio di danneggiamento dopo alcuni turni di sperimentazione 2. Annotare le parti che si danneggiano più facilmente (un esperto può dare ulteriori consigli) 3. Acquistare stampanti con letti riscaldati 4. In caso di mancanza di fondi acquistare una stampante DIY (es ULTIMAKER). Altrimenti facilitarsi la vita acquistandone una assemblata. 5. Se lo scopo del progetto specifico è una migliore comprensione della struttura delle stampanti 3D, acquistarne un modello DIY.
Esperto 5	Credo che la stampante 3D possa avere un ruolo fondamentale nella scuola. E 'importante per uno studente studiare materie scientifiche non solo da un punto di vista teorico: uno studente che vede prendere forma un oggetto studiato in linea teorica è decisamente più stimolato e motivato. L'hardware delle stampanti 3D è piuttosto semplice, questo permette di poterle addirittura costruire in scuole dotate di laboratori meccanici ed elettrici.
Esperto 6	In questo particolare momento, come ho detto, la stampa 3D è agli stadi iniziali. Mentre questo è estremamente interessante e stimolante, ha lo svantaggio di offrire meno modelli di stampante, spesso con prezzi elevati e non un'ottima qualità di stampa. Come è accaduto 20 anni fa con le stampanti a getto d'inchiostro e laser, possiamo aspettarci che i prezzi crollino vertiginosamente nei prossimi anni, in parallelo con un notevole miglioramento della qualità offerta. Possiamo aspettarci che le stampanti future siano più accurate, consentendo la produzione di oggetti più precisi e più resistenti. Per questo motivo, una spesa consistente in hardware, oggi come oggi, significa che anche stampanti di prezzo elevato risulteranno obsolete in futuro. Questo è qualcosa che si verifica ogni giorno nel mondo dei computer, ma in questo caso più che mai. Vorrei suggerire di utilizzare un budget ragionevole (ma non enorme) al momento dell'acquisto di stampanti ora, impiegando piuttosto i soldi nella formazione degli insegnanti e in discipline più teoriche. Ora è il momento di creare esperti di stampa 3D che utilizzeranno (per ora!) macchine imperfette. Quando la tecnologia ci darà stampanti più sofisticate, saremo in grado di usarli a pieno regime.
Esperto 7	///
Esperto 8	///
Esperto 9	Per quanto riguarda l'hardware di stampanti 3D ,come scuola la nostra preoccupazione principale è la sicurezza di queste stampanti. La stampa 3D ha molti vantaggi, ma devono esserne stimati i potenziali rischi, e dovremmo considerarne i problemi di sicurezza come parte integrante di un approccio alla gestione del rischio. Alimentatori ad alta tensione, diverse parti in movimento e superfici calde rendono le stampanti 3D relativamente complesse. Pertanto, al momento di scegliere l'hardware, la nostra priorità sarà ridurre al minimo questi rischi. La seconda priorità relativamente all'hardware è ridurre gli oneri di manutenzione / riparazione / anomalie / intoppi, ecc. Idealmente la stampante dovrebbe essere in grado di stampare continuamente pur a fronte di una ridotta manutenzione. La testa di estrusione non dovrebbe bloccarsi e i cavi non dovrebbero logorarsi, ecc Dovrebbero essere prese in considerazione caratteristiche quali: dimensione di stampa, risoluzione di stampa, velocità di stampa e materiale utilizzato. Requisiti aggiuntivi quali una LAN wireless, una porta Ethernet e una porta USB daranno l'opportunità di ottenere il modello 3D sul dispositivo indipendentemente da dove si lavora e consentiranno di eseguire stampe senza un collegamento al computer.

Esperto 10	I meccanismi indicati di seguito dovrebbero essere presi in considerazione al momento di acquistare la tecnologia necessaria - Area e finalità di utilizzo - La tecnologia utilizzata - Dimensione della macchina - Spessore dello strato - Possibilità di interfaccia tra la stampante e il file da stampare: unità USB, LAN senza fili, lettore di schede di memoria - Facilità di utilizzo - Velocità e dimensione della stampa - Sicurezza - Reperibilità e costo dei materiali di consumo - Assistenza post-vendita
Esperto 11	• La marca della stampante scelta necessita di assistenza locale di tecnici qualificati sul territorio circostante • Il costo ridotto dei materiali di consumo e delle parti di ricambio • Fare scorta delle parti di uso più comune • La marca della stampante deve avere buone recensioni sull'affidabilità dei suoi prodotti
Esperto 12	///
Esperto 13	Prima di acquistare una stampante 3D è importante raccogliere informazioni dalle aziende che hanno utilizzato quel particolare tipo di stampante. E' anche importante comprare una stampante da una ditta che sia sul mercato da alcuni anni, non da un'azienda appena nata.
Esperto 14	Due considerazioni principali devono essere tenute presenti nella scelta dell'hardware: Affidabilità e facilità di manutenzione sono cruciali in aula. La velocità di produzione è molto importante quando si ha a che fare con le dimensioni tipiche di una classe La dimensione della stampante non è importante secondo me. Due piccole macchine producono più di una grande.
Esperto 15	Affidabilità, facilità di utilizzo, facilità di manutenzione e velocità di stampa sono tutti fattori da considerare.
Esperto 16	La prima considerazione è sicuramente di tipo economico. Stampanti a basso costo sono spesso discutibili quanto a qualità e affidabilità. A causa della lentezza di stampa, una stampante non è sufficiente per una scuola. Vanno anche calcolati costi di fornitura e manutenzione.
Esperto 17	///
Esperto 18	///
Esperto 19	Pensiamo che la cosa migliore sia acquistare le stampanti nel paese di origine, al fine di garantire una corretta manutenzione e, naturalmente, una buona assistenza. Le più economiche sono le stampanti desktop FDM, e nell'ambito di tali stampanti in particolare la Prusa I3, che tra le fai-da-te è la migliore sul mercato in termini di rapporto qualità/prezzo, inoltre è facile guardare all'interno della stampante, in modo che gli studenti possano comprenderne agevolmente il funzionamento, che è molto semplice. Vi sono anche altre stampanti di questo tipo, ma la più commerciale è la "Makerboot". Il materiale è molto economico, circa 20 € / kg (ABS), e può essere acquistato da qualsiasi sito, in una moltitudine di colori, compreso materiale flessibile, e altri materiali diversi con differenti proprietà. È importante che il fornitore eroghi un materiale il più stabile possibile, per evitare problemi nell'estrusione dello stesso. Inoltre ci sono un sacco di forum dove è possibile ottenere molte informazioni. Ci sono anche pagine con librerie di parti, in modo da poter fabbricare i propri pezzi anche in caso di mancata conoscenza del disegno.

I.2 - CONSIDERAZIONI LIBERE SULLA TECNOLOGIA DI STAMPA 3D - SOFTWARE

Esperto 1	Nell'epoca della "condivisione", bisogna rinunciare definitivamente ai software proprietari e utilizzare software di tipo "open source" quanto più possibile.
Esperto 2	///
Esperto 3	Procedere con software open source quali, ad esempio, "SketchUp".
Esperto 4	1. Cominciare con il software del fornitore. 2. Se l'obiettivo di progetto è l'ampliamento delle competenze di programmazione sfrutta i software open source. 3. Sfrutta disegni e sperimentazioni gratuite e solo in seguito spostati verso una logica del "fare".
Esperto 5	Ritengo che il software di stampa 3D sia semplice e intuitivo. Gli studenti comprenderanno come è facile creare un modello tridimensionale dopo una fase iniziale di conoscenze del potenziale di tali programmi, ulteriore fattore fondamentale è che il software è immediatamente disponibile nella rete.
Esperto 6	Praticamente le stesse considerazioni che ho fatto sui componenti hardware potrebbero essere utilizzate per la parte software: anche l'installazione di una stampante 3D è più complicato oggi di quanto lo sarà in futuro, siamo lontani dall'esperienza di tipo "plug and play" che vediamo installando altri tipi di periferiche. Dovrebbe essere condotta una ricerca accurata della migliore combinazione driver-software, sfruttando in particolare l'esperienza che viene fuori nelle comunità dei forum. Un software gratuito di rendering e modellazione è per ora la scelta migliore grazie ai numerosi contributi (e frequenti aggiornamenti) ad opera di una comunità di programmatori. L'unico software a pagamento che potrebbe essere utilizzato facilmente è, a mio parere, la suite AUTODESK, per la sua già vasta base di utenti in tutto il mondo (e la sua presenza in molte scuole)
Esperto 7	///
Esperto 8	Optiamo decisamente per software open source
Esperto 9	Siccome non abbiamo scopi commerciali non è necessario utilizzare software professionali. Occorre evitare software difficili, complessi e noiosi che possono stancare gli studenti e minare il loro processo di apprendimento attivo. Invece potrà essere particolarmente benefico un software di progettazione 3D gratis, in particolare se a scopo didattico. Quando si sceglie il software dovremmo prendere in considerazione caratteristiche quali facilità d'uso, attendibilità, semplicità e il fatto di avere un'impostazione browser-based. Avere un'interfaccia divertente stimolerà l'interesse degli studenti e promuoverà la loro creatività.
Esperto 10	Prima di tutto è importante che il software e l'hardware siano compatibili e si supportino l'un l'altro. Questo aiuterà a minimizzare i costi di prodotto e influenzerà la qualità del prodotto. Semplici software basati sul web e disegni scaricabili liberamente da siti internet possono essere strumenti utili per iniziare considerando l'inesperienza di insegnanti e studenti. Tuttavia, dopo momenti di formazione e assistenza in itinere, studenti e insegnanti potranno approcciare software più professionali.
Esperto 11	Il software ha le seguenti caratteristiche • Essere open source in modo da evolvere ed essere continuamente migliorato • Essere una licenza di tipo "creative commons" • Essere semplice da utilizzare anche da parte di persone senza conoscenze specifiche di ICT
Esperto 12	///
Esperto 13	Il software deve essere open source, almeno quello che fa funzionare la stampante. Negli anni recenti la nostra scuola ha acquistato alcuni programmi per il disegno 3D.
Esperto 14	Il software deve essere intuitivo e di facile accesso a livello base, ma permettere una crescita delle competenze e l'abilità di generare disegni complessi. L'assistenza on line, comunità basate sul web e accesso a materiale open source sono di cruciale importanza per supportare un insegnamento e un apprendimento efficaci. Chiaramente questo materiale deve avere un'interfaccia semplice con il software CAD.
Esperto 15	L'ideale sarebbe uno standard industriale o utilizzato nell'industria in modo che gli studenti acquisiscano competenze che risultino utili e riconosciute. Tuttavia in materia di istruzione il costo deve essere mantenuto al minimo. Il software open source è molto diffuso e potrebbe

	essere usato dalle scuole. Occorre considerare l'opportunità rappresentata dalla scelta di un software di facile utilizzo, diffuso e lineare quando si interfaccia con l'hardware di stampa 3D.
Esperto 16	I software attuali sono difficili da usare, richiedono un buon hardware e generalmente mancano di modelli e schemi adatti a scopi educativi. La disponibilità in lingua è una altro tema serio. Non vedo possibile che gli insegnanti usino software avanzati in una lingua che non comprendono pienamente. Gli insegnanti potrebbero essere formati prima per usare il software in modo efficiente e questa formazione non sarà alla portata di tutti. Teachers should first be trained how to use software efficiently and this training will not be easy for all of them. La stampa di molecole chimiche dettata dall'insegnante (per esempio), non servirà ad alcuno scopo educativo.
Esperto 17	///
Esperto 18	///
Esperto 19	Per la funzione "stampante" abbiamo bisogno del programma Marlin da configurazioni software modulo Arduino. Cura / Repetier host per la configurazione della macchina, le specifiche dei materiali, e lo "slicing" CAD, etc. Sketchup, Rhinoceros, 3D Studio, Solid Works, Solid Edge, Catia, ecc, per ottenere la progettazione 3D e i modelli, e quindi esportarli in un file .stl

APPENDICE II – INFORMAZIONI SPECIFICHE SULL'HARDWARE

Sono disponibili numerose tecnologie sul mercato, ma non poi così tante se si valuta il loro costo ridotto e la possibilità di utilizzare materiali a basso costo. In Europa ci sono più di 200 fornitori per la stessa tecnologia RepRap (Replicating Rapid Prototyper, "creatore di prototipi a replicazione rapida). Ma tutti questi fornitori di offrono soltanto 2 modelli:

PRUSA I3

DELTA

Un' altra questione è legata allo spessore del filamento, che sul mercato è presente solo nelle 2 varianti: 1m75 mm e 3 mm. E' necessario acquistare un filament che sia compatibile con le dimensioni dell'ugello.

A proposito del material, su mercato sono reperibili ABS e PLA in un sacco di combinazioni di colore.

APPENDICE III – INFORMAZIONI SPECIFICHE SUL SOFTWARE

1) SOFTWARE PER CONTROLLARE LA STAMPANTE 3D

SLIC3D e CURA sono le piattaforme più diffuse. Ma TUTTE le STAMPANTI 3D (MODELLI REPRAP) possono essere controllate DALLO STESSO SOFTWARE

Ecco una lista di software:

Software	Sviluppatore	Preparazione di stampa	Taglio	Commento
Strumenti Multipiattaforma				
Ultimaker Cura	Ultimaker	Si	Si	Cura è il software open source di controllo stampa sviluppato da Ultimaker. Tuttavia, il software può essere usato con altre stampanti 3D. Intuitivo, veloce e facile da usare, Cura è indicato per i principianti della stampa 3D che cercano una stampante frontale 3D robusta ma semplice da utilizzare
KISSlicer	KISSlicer	Limitata	Si	KISSlicer è un generatre G-code multipiattaforma per stampanti 3D. Produce eccellenti risultati a livello di slicer anche se presenta un'interfaccia utente un po' datata. Esiste sia nella versione gratuita che premium.
Repetier Host	Hot-World GmbH & Co. KG	Si	Si	Repetier Host è un software open source per stampanti 3D frontali. Usa Slic3r come motore predefinito dello slicer ma è disponibile anche Skeinforge.
ReplicatorG	ReplicatorG	Si	Si	ReplicatorG è una stampante 3D frontale open-source che usa Skeinforge per lo slicer. Il software guida MakerBot, Thing-O-Matic, CupCake CNC, stampanti RepRap o macchine CNC generiche.
Slic3r	Slic3r	Si	Si	Slic3r è un famoso slicer multipiattaforma. Questo slicer open source è veloce, produce ottimi risultati ma le sue impostazioni necessitano di qualche ritocco iniziale.
Skeinforge	Skeinforge	No	Si	Skeinforge era una volta lo standard di riferimento per il processo di slicing. Tuttavia oggi il software risulta lento e ha cominciato a essere fuori moda.
Strumenti dipendenti da una specifica piattaforma				
MakerWare	Makerbot	Si	Si	MakerWare è il software per stampa frontale di MakerBot. Facile e intuitive da usare ma è realizzato solo per stampanti 3D MakerBot. Il software usa MakerBot Slicer come slicer predefinito.

Software	Sviluppatore	Preparazione di stampa	Taglio	Commento
UP	Beijing TierTime Technology Co. Ltd.	Si	Si	Il software per tutte le stampanti 3D UP.

2) SOFTWARE PER LA MODELLAZIONE TRIDIMENSIONALE

Sul mercato è presente un sacco di software libero e proprietario per la progettazione di modelli 3d. Sketchup e Tinkercad sono i più facili da usare.

Questo può essere un elenco utile:

Software	Sviluppatore	Livello di utilizzo	Prezzo	Commento
Strumenti CAD				
123D Design	Autodesk Inc.	Principiante	Freemium	123D Design è uno strumento potente ma semplice di creazione ed editing 3D. La versione gratuita permette di accedere alla maggior parte delle funzioni e permette di creare e utilizzare modelli 3D per scopi non commerciali.
3DTin	Lagoa	Principiante	Gratuito	3DTin è uno strumento gratuito di modellazione tridimensionale, basato su browser, facile e intuitivo da usare, appositamente rivolto a principianti. Una volta creato un account utente è anche possibile ottenere l'accesso alla vasta libreria di modelli 3D Creative Commons.
CubeTeam	Otherlab Inc.	Principiante	Gratuito	CubeTeam è un programma multiplayer di pittura e modellazione 3D che permette di immaginare mondi di cubetti e poi stamparli in 3D. CubeTeam è gratis, viene eseguito in un browser web, e ha potenti strumenti di editing che consentono di creare in un ambiente virtualmente illimitato.
Cubify Invent	3D Systems Inc.	Da principiante a intermedio	€39 ($49)	Cubify Invent è uno strumento di modellazione 3D facile da imparare finalizzato ad aiutare gli utilizzatori nel creare rapidamente files stampabili in 3D. Il software che viene fornito con tutorial gratuiti è pero utilizzabile solo su Windows.

Software	Sviluppatore	Livello di utilizzo	Prezzo	Commento
Design Spark Mechanical	RS Components/Allied Electronics	Da principiante a intermedio	Gratuito	DesignSpark Mechanical è un software di modellazione 3D sviluppato dal distributore di prodotti elettronici RS Components/Allied Electronics. Il software fornisce a tutti i tecnici capacità di progettazione in 3D e risulta veloce e facile da usare.
FreeCAD	FreeCAD Community	Intermedio	Gratuito	FreeCAD è un modellatore parametrico 3D creato per il design di prodotto e l'ingegneria. Ricco di funzionalità e con una elevata curva di apprendimento, FreeCAD è per utenti di livello avanzato. Il software è multi-piattaforma, e funziona senza problemi su Windows and Linux/Unix and Mac OSX.
Geomagic Design	3D Systems Inc.	Intermedio	€1799	Geomagic Design è uno strumento di progettazione meccanica CAD completo e robusto, che fa sì che le idee vadano dal concept alla produzione per ingegneri professionisti, creatori, studenti e appassionati. Geomagic Design è disponibile in tre versioni: Personal, Professional ed Expert, ognuno personalizzato sulle esigenze e budget del rispettivo bacino di utenti.
Inventor	Autodesk Inc.	Da intermedio a professionista	$7295	Il software Inventor 3D CAD offre un insieme, semplice da usare, di strumenti per il disegno meccanico 3D, la documentazione e la simulazione di prodotto.
Rhino 3D	Robert McNeel & Associates	Da intermedio a professionista	€995	Rhinoceros (aka Rhino) è un software commerciale di modellazione 3D stand-alone (indipendente), basato su NURBS, comunemente usato per disegno industriale, architettura, design navale, design del gioiello, CAD / CAM e prototipazione rapida. La popolarità di Rhino è basata sulla sua versatilità, bassa curva di apprendimento, relativo a basso costo, e la sua capacità di importare ed esportare più di 30 formati di file, che permette di agire come uno strumento 'convertitore' tra i programmi in un flusso di lavoro di progettazione.
SketchUp	Trimble Navigation Ltd.	Da principiante a intermedio	Gratuito - €378	SketchUp è un programma di modellazione 3D per applicazioni quali architettura, interior design, ingegneria civile e meccanica. La sua interfaccia potente ma facile da usare lo rende ideale per i principianti nella modellazione 3D. Sono disponibili una versione freeware, SketchUp Make, e una versione a pagamento con funzionalità aggiuntive, SketchUp Pro. Si

Software	Sviluppatore	Livello di utilizzo	Prezzo	Commento
				noti che la versione gratuita non consente di esportare a * .stl per la stampa 3D, è necessario installare un plug-in per farlo.
Solidworks	Dassault Systèmes Solidworks Corp.	Da intermedio a professionista	$3995	SolidWorks è un programma di CAD meccanico 3D ampiamente utilizzato da ingegneri e progettisti. Il software è dotato di simulazione potente, movimento, strumenti di validazione dei progetti, funzionalità avanzata di routing di fili e tubi, reverse engineering, e altro ancora.
TinkerCAD	Autodesk Inc.	Principiante	Freemium	TinkerCAD è un programma di modellazione 3D basato su browser ideale per principianti. E' possibile salvare online i propri disegni o condividerli con altri. Esporta files *.stl di disegni da stampare con propria stampante 3D o da inviare a uno dei servizi diffusi di stampa 3D.
Strumenti di modellazione Freeform				
123D Creature	Autodesk Inc.	Principiante	Freemium	123D Creature è un applicazione dell' iPad che dà a ciascuno la possibilità di creare incredibili personaggi 3D. E' possibile prima progettare la propria creatura, poi scolpire caratteristiche dettagliate e quindi aggiungere pelle, pelliccia o piume come struttura di superficie. E' possibile esportare la propria creatura finita come immagine, modello 3D o farlo stampare in 3D come una vera e propria scultura!
3ds Max	Autodesk Inc.	Professionista	$3675	Il software 3ds Max di modellazione 3D assicura modellazione completa, animazione, simulazione e soluzioni di rendering per giochi, film e artisti di grafica animata.
Blender	Blender Foundation	Da intermedio a professionista	Gratuito	Blender è una suite gratuita e open source di animazione 3D. Supporta l'intero processo di stampa 3D: modellazione, rigging, animazione, simulazione, rendering, il compositing e motion tracking, nonchè video editing e creazione di giochi.
Cinema 4D	Maxon Computer GmbH	Professionista	$3695	CINEMA 4D Studio è una applicazione per modellazione 3D, animazione e rendering per artisti professionisti che vogliono creare grafica 3D avanzata. Il software è in grado di effettuare modellazione procedurale e poligonale/ sottodimensionale, animazione, illuminazione, texturing, rendering.

Software	Sviluppatore	Livello di utilizzo	Prezzo	Commento
Maya	Autodesk Inc.	Professionista	$3675	Maya è un software di computer grafica 3D che offre un set di funzionalità creative completo per l'animazione 3D computerizzata, la modellazione, la simulazione e il rendering. E 'utilizzato per creare applicazioni 3D interattive, compresi videogiochi, film d'animazione, serie TV, o effetti visivi.
Strumenti per il processo di Sculpting				
123D Sculpt	Autodesk Inc.	Principiante	Freemium	123D Sculpt è un'applicazione di modellazione tattile per iPad. E' possibile utilizzare le dita per spingere, tirare, stringere e afferrare il materiale proprio come se si stesse modellando dell'argilla.
Cubify Sculpt	3D Systems Inc.	Intermedio	€99	Cubify Sculpt è uno strumento di modellazione organica che consente di scolpire con argilla virtuale. Il software dispone di funzionalità di mash-up ed esporta files *stl pronti da stampare in 3D.
Leopoly	Leonar3Do International Inc.	Principiante	Freemium	Leopoly è una applicazione social e web-based di scultura 3D. Ciascuno dei modelli creati e salvati è disponibile per l'intera comunità Leopoly per ulteriori modellazioni. Si noti che non è possibile esportare i modelli 3D se non si dispone di un account a pagamento.
Sculptris	Pixologic Inc.	Intermedio	Gratuito	Sculptris is a virtual sculpting software program, with a primary focus on the concept of modeling clay. Currently available for MacOS and Windows.
SculptGL	Stephane Ginier	Intermedio	Gratuito	SculptGL è un'applicazione di scultura 3D web based adatta a utilizzatori di livello intermedio. L'applicazione permette l'esportazione di files *.stl, caratteristica interessante per chi possiede una propria stampante 3D.
ZBrush	Pixologic Inc.	Professionista	$795	ZBrush è uno strumento digitale di scultura che unisce modellazione 3D/2.5 D, texturing e pittura. Utilizza la tecnologia proprietaria "pixol" che memorizza illuminazione, colore, materiale e informazioni approfondite per tutti gli oggetti sullo schermo.