

ARTICOLO DA 4 PAGINE (9.746 caratteri + 6 figure)

Titolo:

**EYE4EDU: la realtà virtuale immersiva di impianto al servizio della didattica**

Sottotitolo:

**Un nuovo progetto didattico basato sulla simulazione di processo dinamica e sulla realtà virtuale immersiva di un impianto di Crude Distillation Unit è stato avviato presso il Dipartimento di Chimica dell'Università degli Studi di Milano nel corso di Laurea in Chimica Industriale in collaborazione con Aveva. Gli studenti possono visitare e svolgere diverse esercitazioni in campo virtuale in questa realtà immersiva aumentata.**

Testo:

In molti corsi di laurea di diverse università, sia in Italia che all'estero, si stanno sperimentando innovativi approcci didattici basati sull'apprendimento attivo (active learning) al fine di implementare il tradizionale approccio con il solo docente al centro della lezione con un nuovo modello che preveda un ruolo da protagonista attivo per lo studente. I vantaggi di questa forma didattica attiva sono molti, quali un maggior entusiasmo da parte degli studenti, una maggior comprensione delle tematiche durante (e non dopo) le lezioni, una maggiore interazione tra studenti e docente. L'active learning può prevedere, tradizionalmente, lo svolgimento di esercitazioni in aula di tipo compilativo o di calcolo oppure in laboratorio con esercitazioni pratiche su piccoli impianti. L'utilizzo di appositi software di simulazione steady-state o dinamici rappresenta, per i corsi in ingegneria chimica o affini come quelli in chimica industriale, la possibilità di svolgere esercitazioni su simulazioni di impianto. Queste esercitazioni vengono considerate di elevato potenziale didattico in quanto da un lato lo studente può apprendere l'utilizzo di tali software, sempre più richiesti nella loro futura vita professionale, e dall'altro possono essere viste come un primo modo di concretizzare gli studi teorici visti in aula o ampliare le esercitazioni di laboratorio, per esempio replicando quanto fatto sperimentalmente riproducendolo nel software di simulazione. La corretta simulazione richiede infatti l'esatto dimensionamento delle apparecchiature e la corretta identificazione dei diversi modelli termodinamici e cinetici.

In questo ambito, un ulteriore passo avanti nell'active learning può essere proposto con la rappresentazione virtuale tridimensionale e immersiva di impianto, grazie a un software di simulazione dinamica abbinato a un software di rappresentazione fisica 3D che consenta, oltre la visualizzazione realistica di dettaglio delle apparecchiature, anche l'interazione con le stesse. Questa tipologia di software è nata ed è stata finora utilizzata quasi esclusivamente per il training di chi lavora in processi chimici industriali. Infatti, analogamente a quanto avviene per esempio per la formazione di nuovi piloti con i simulatori di volo, è possibile proporre addestramenti virtuali alle diverse figure professionali che devono conoscere un impianto chimico e le sue procedure prima di poterci lavorare realmente, o come aggiornamento formativo. L'utilizzo di queste tipologie di software nella didattica universitaria è stato proposto raramente finora, anche a livello internazionale. La principale difficoltà risiede negli alti costi che una simulazione di impianto virtuale di dettaglio comporta, e nella necessità di avere un impianto reale da riprodurre nella stessa simulazione. Chiaramente, non è possibile convertire una simulazione di una società esterna in un software di simulazione con scopi educativi, a causa delle problematiche di riservatezza connesse.

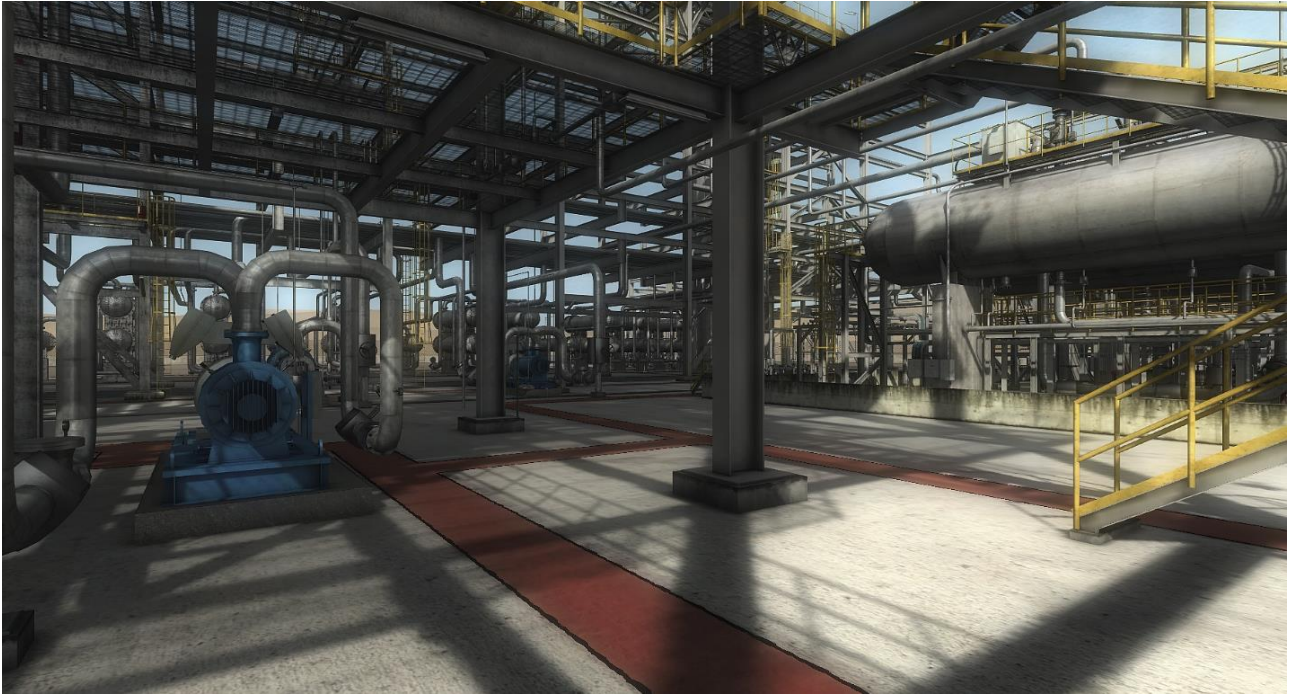
La collaborazione tra il gruppo di ricerca del prof. Carlo Pirola del Dipartimento di Chimica dell'Università di Milano e la Società AVEVA, sviluppatrice e proprietaria di diversi software di simulazione quali PRO II (steady-state) o DYNMOSIM (dinamica) ha reso possibile nell'ultimo anno lo sviluppo del progetto didattico EYE4EDU. In questo progetto sono state proposte agli studenti dei

corsi di laurea triennale in Chimica Industriale diverse esercitazioni in un impianto virtuale di Crude Distillation Unit (CDU). L'impianto proposto riproduce nei minimi dettagli un reale impianto CDU sia in termini strutturali che di comportamento chimico-fisico. La rappresentazione virtuale viene ottenuta con tre diversi software che operano simultaneamente, tutti sviluppati e venduti da AVEVA. DYNsIM simula in modo dinamico tutte le parti di impianto con modelli rigorosi per la sua rappresentazione termodinamica e lo sviluppo dei calcoli per i fenomeni di trasporto, anche in connessione con software emulatori di DCS o PLC. L'ambiente interattivo tridimensionale è ottenuto tramite il programma EYESIM con la rappresentazione di dettaglio di ogni parte di impianto e del suo layout e di tutte le parti interattive quali valvole, strumenti di processo per temperature, pressioni, livello, portate, pannelli di motore ecc. Questi due software interagiscono tramite un terzo software SIMULATOR BRIDGE che connette le azioni di impianto con la simulazione dinamica per ottenere una comunicazione bidirezionale tra i due software. In questo modo ogni azione manuale svolta da uno studente in campo è trasmessa a DYNsIM che invia il corrispondente feedback e garantisce una performance realistica.



L'impianto virtuale CDU EYE4EDU processa 170.000 BPSD ( $1.126,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ) di petrolio ed è costituito da 2 treni paralleli di scambiatori di calore, due unità desalter in ogni treno, una colonna pre-flash drum, una fornace, una colonna di distillazione principale con tre colonne di strippaggio collegate e le parti di condensazione dei vapori di testa, di pump-around dei tagli di colonna e di stoccaggio delle frazioni separate. L'impianto lavora seguendo lo schema classico CDU con un riscaldamento progressivo del greggio in entrata con diversi scambiatori di calore a fascio tubiero, la rimozione dei sali tramite le unità desalter, la colonna pre-flash per la separazione dei componenti leggeri dalla parte pesante che viene mandata in una fornace e la seguente distillazione a pressione atmosferica.



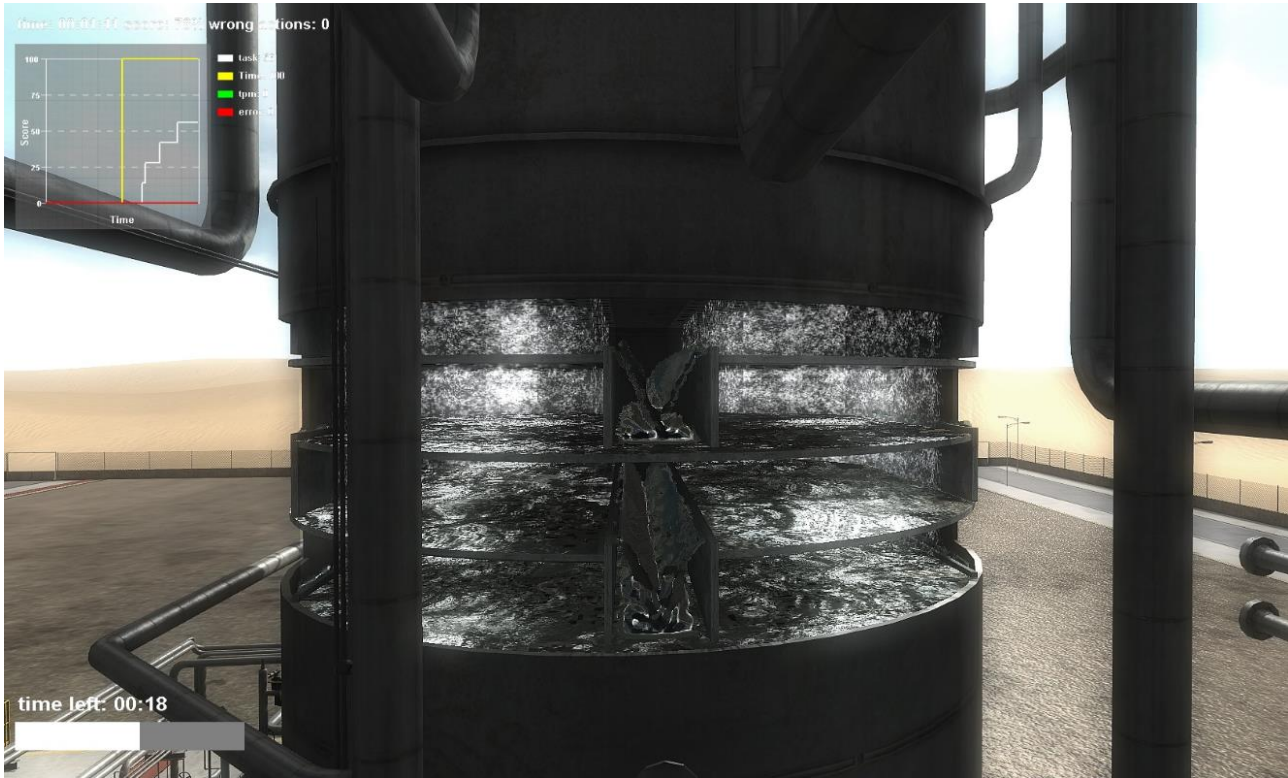


Nel software sono presenti circa 20 esercitazioni a complessità crescente, oltre che la possibilità di visitare l'impianto tramite un avatar operatore che deve essere opportunamente attrezzato con i DPI corretti a seconda della missione che si vuole intraprendere.

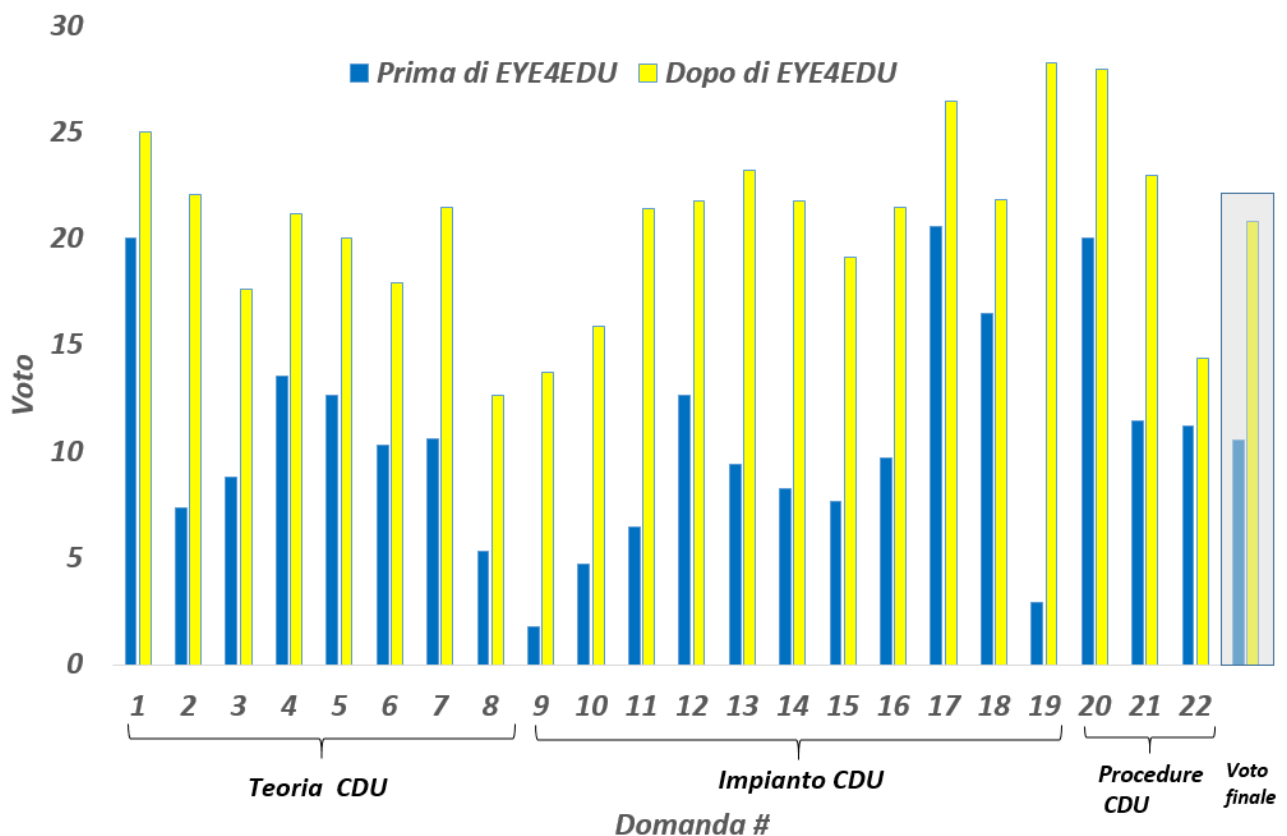


Ci sono diverse modalità di visualizzazione (in prima o in terza persona) e la possibilità di muoversi nell'impianto virtuale come drone. Quest'ultima possibilità è particolarmente utile per vedere le parti di impianto dall'alto e per poterne apprezzare e comprenderne le diverse caratteristiche e funzionalità. Il software può essere utilizzato sia in modalità classica con un semplice monitor e un controller gamepad o in modalità totalmente immersiva tramite visore e comandi oculus. Queste due modalità di lavoro sono complementari e sinergiche, in quanto la prima consente una visualizzazione semplificata delle parti e delle procedure operative mentre la seconda consente un'esperienza molto vicina alla realtà.

Inoltre, gli studenti vengono dotati della documentazione tecnica di tutto l'impianto, ovvero uno schema PFD (Process Flow Diagram) di insieme e 19 P&ID (Process and Instrumental Diagram) con i dettagli strumentali e di connessione di tutte le parti della CDU. Questa documentazione consente agli studenti, previa opportune lezioni preparatorie sulla loro lettura e corretto utilizzo, di identificare in modo autonomo o con altri studenti tutte le parti dell'impianto, di osservarne e capirne le funzioni e i collegamenti e di interpretarne il principio di funzionamento. Parallelamente, l'incrocio delle informazioni sul campo reale consente agli studenti di svolgere una utile esercitazione su come vadano letti e usati PFD e P&ID.



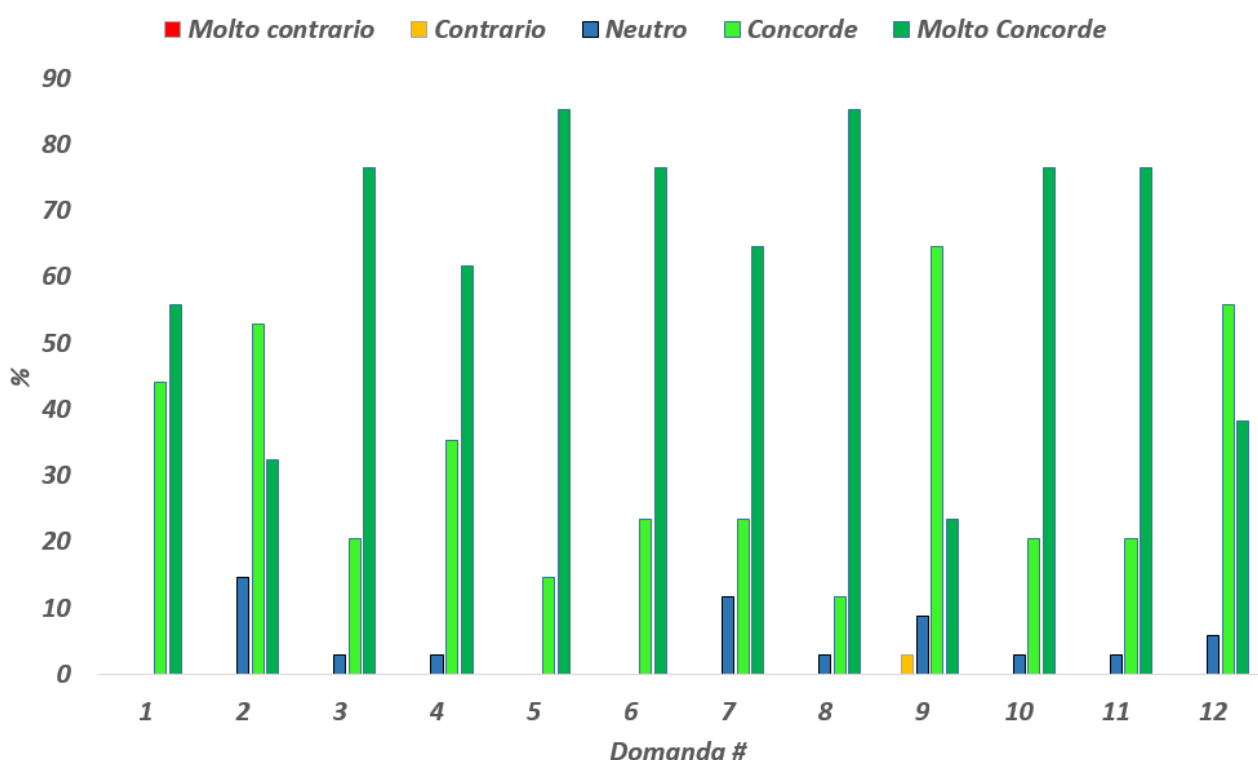
Il progetto EYE4EDU ha previsto per tutti gli studenti partecipanti una lezione introduttiva in aula con un richiamo dei concetti fondamentali della CDU e delle caratteristiche dei software utilizzati. Si è quindi proposto un test per verificare le conoscenze di base dei partecipanti sull'argomento, con 22 domande divise nelle sezioni "Teoria di base della CDU", "Impianto, apparecchiature e strumentazione della CDU" e "Procedure operative in impianti CDU". I 40 partecipanti sono stati divisi in gruppi da 3 o 4 persone e hanno lavorato in due pomeriggi, di cui il primo dedicato alla visita virtuale di impianto e il secondo alle esercitazioni. Essendo un corso di laurea triennale sono state proposte due esercitazioni di livello medio-semplifico, inerenti la gestione di un malfunzionamento di un gruppo di valvole by-pass e il controllo dei valori di temperatura e pressione in diversi punti della colonna di distillazione, con gestione del flusso di vapore entrante nel basso della stessa e possibilità di visualizzare le parti interne della colonna. L'ultima fase del progetto ha riguardato il rifacimento del test per valutarne i miglioramenti acquisiti e la raccolta delle opinioni degli studenti su quanto proposto tramite un questionario. L'obiettivo della riproposizione del test è stata una valutazione, seppur semiquantitativa a causa delle numerose variabili da considerare, dell'impatto educativo dell'esercitazione virtuale.



Per tutte le domande proposte, gli studenti hanno migliorato le proprie risposte dopo avere svolto le esercitazioni virtuali. In particolare, le risposte relative alle caratteristiche strutturali e logistiche dell'impianto e alle procedure operative dell'impianto CDU hanno più che raddoppiato la relativa valutazione. Il voto medio finale è passato da 10.5/30 a 20.8/30 prima e dopo le esercitazioni rispettivamente. E' importante sottolineare come gli studenti abbiano affrontato il test, in entrambe le versioni, senza uno specifico studio preparatorio ma solo con le nozioni acquisite nei precedenti corsi accademici, limitate peraltro in gran parte agli argomenti relativi alla sezione del test sulla teoria di base della CDU.

Un altro aspetto fondamentale per gli obiettivi del progetto è ovviamente rappresentato dall'opinione e la valutazione degli studenti. Al termine dei lavori, è stato proposto a ogni studente un questionario dettagliato con 12 domande specifiche sul progetto (pensi che EYE4EDU sia utile per migliorare le tue conoscenze specifiche sulle varie parti della CDU? sugli impianti chimici in generale? Sulle procedure di impianto? Sull'utilizzo dei documenti tecnici?) sia più generali sulle metodologie didattiche (pensi che la realtà virtuale sia una metodologia didattica valida? Sia complementare delle lezioni teoriche? Che la combinazione tra lezioni di teoria, esercitazioni in aula e esercitazioni virtuali immersive sia il miglior approccio didattico?).

### EYE4EDU Risultati del questionario finale



I risultati, come mostrato nella figura, sono stati molto positivi dimostrando l'elevato interesse degli studenti per queste nuove metodologie didattiche e l'apprezzamento degli stessi per lo specifico software proposto. Nel questionario era possibile anche inserire dei commenti aperti, risultati tutti molto positivi; la principale richiesta pervenuta è stata quella di una maggior durata delle esercitazioni virtuali.

Il progetto EYE4EDU è stato un primo, molto positivo, approccio della simulazione dinamica immersiva per scopi didattici. Le esercitazioni preparate nello scorso anno accademico verranno proposte stabilmente negli anni futuri nei corsi di "Impianti Chimici con Laboratorio" della Laurea Triennale in Chimica Industriale e nel corso di "Industrial Processes and Scale Up" della Laurea Magistrale in Industrial Chemistry, con esercitazioni avanzate. Per chi fosse interessato a ulteriori dettagli dell'impianto virtuale di CDU e del progetto EYE4EDU si rimanda alla recente pubblicazione scientifica "C. Pirola et al, Immersive virtual crude distillation unit learning experience: The EYE4EDU project, Computer and Chemical Engineering 140 (2020) 106973, <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2020.106973>".