



**Un esempio di collaborazione docente tra
università e industria:
*Multiscale analysis and computer simulation
of chemical processes***

Cristina MOLINER¹, Elisabetta ARATO²

1. University of Genova, Department of Civil, Chemical and Environmental Engineering,
Via Opera Pia 15A, 16145 Genova (Italy)

cristina.moliner@unige.it

1. University of Genova, Department of Civil, Chemical and Environmental Engineering,
Via Opera Pia 15A, 16145 Genova (Italy)

elisabetta.arato@unige.it

Open Access article distributed under CC BY-NC-ND 4.0
Copyright © Genova University Press



Abstract

L'insegnamento *Multiscale modelling and computer simulations of chemical processes* si prefigge di colmare il gap esistente tra il processo di apprendimento accademico degli studenti dell'ultimo anno della laurea in Ingegneria Chimica e di Processo (Università di Genova) e l'ulteriore applicazione di queste materie apprese in contesti reali in un ambiente industriale. Le azioni formative sono guidate da progetti aperti in cui si passa da un insegnamento centrato sul docente verso un apprendimento centrato sullo studente promuovendo un approccio più approfondito alla materia, e il professore diventa un facilitatore del processo di apprendimento più che un semplice trasmettitore di informazioni. In termini di risultati di apprendimento, i tradizionali livelli cognitivi inferiori (cioè, capire, applicare, ecc.) sono elaborati in anticipo. In questo corso, le industrie collaborano attivamente proponendo agli studenti le sfide tecniche e personali che dovranno affrontare nella loro vita lavorativa come ingegneri e dove il lavoro collaborativo e il pensiero critico diventano la chiave per un apprendimento significativo. Il coinvolgimento delle industrie è stato molto apprezzato dagli studenti insieme alla proposta di un apprendimento collaborativo. Inoltre, gli studenti hanno mostrato un atteggiamento molto positivo nei confronti della metodologia focalizzata sul problema in accordo con studi precedenti.

La collaborazione Università-Industria ha soddisfatto i principali obiettivi della didattica in termini di sviluppo delle conoscenze scientifiche, competenze trasversali e promozione delle capacità tecnologiche, e ha costituito un apprezzato anello di congiunzione tra le lezioni in aula e l'immediato futuro lavorativo per gli imminenti neolaureati. La valutazione positiva del modulo incoraggia l'applicazione della metodologia a livello multidisciplinare, con più insegnamenti (della stessa laurea o anche di livelli di formazione diversi e complementari) che lavorano insieme con gli stessi obiettivi avvicinandosi a una reale situazione industriale.

Keywords

Collaborazione università-industria, apprendimento basato in progetti, apprendimento collaborativo

1. Introduzione

Lo sviluppo industriale è di fondamentale importanza nell'economia globale. Richiede professionisti con elevate competenze scientifiche e tecnologiche, in grado di fornire soluzioni tecniche efficienti nel rispetto dei limiti ambientali ed economici, e con adeguate competenze trasversali come capacità di lavoro di squadra e di comunicazione (Marzo et al. 2008). Le scuole di ingegneria devono formare professionisti in grado di soddisfare le esigenze di una società in rapida evoluzione con nuove sfide globali come la trasformazione digitale, la sostenibilità ambientale ed economica, la nuova globalizzazione, la tutela e la salvaguardia della salute.

Doyle et al. (Doyle et al. 2019) hanno dichiarato che, per poter far fronte alle esigenze sopra indicate, la facoltà di ingegneria deve formare ingegneri con capacità di lavorare in ecosistemi ingegneristici aperti, flessibili, con processi di sviluppo digitale e con competenze ingegneristiche avanzate (Wymann, 2018). Questo fatto, in linea con le sollecitazioni provenienti dal mondo dell'industria e delle professioni (American Society for Engineering Education, 2020; NATO, 2020), definirebbe un corso di studi in ingegneria con una componente più rilevante di formazione socio-educativa e con una maggiore attenzione alle competenze trasversali. Tali curricula dovrebbero enfatizzare l'apprendimento multidisciplinare, una maggiore consapevolezza dello studente dell'impatto delle tecnologie sul contesto socio-economico e un insieme di esperienze fuori dall'aula attraverso le quali lo studente possa acquisire competenze trasversali, know-how e una dimensione internazionale.

Nel giugno 2018, lo studio UCL Center for Engineering Education (2018) ha anche ribadito l'importanza di associare le "soft-skills" alle hard-skills tipiche dell'ingegneria, concentrandosi in curricula multidisciplinari e puntando su discipline che promuovano l'avanzamento della carriera di un ingegnere, l'acquisizione di competenze di know-how attraverso lo sviluppo di progetti reali e l'aumento della dimensione internazionale attraverso esperienze all'estero.

In Italia, i datori di lavoro riconoscono l'alto profilo tecnico dei laureati italiani ma rilevano una bassa formazione nelle competenze professionali precedentemente citate, purtroppo carenti nella maggior parte degli

attuali curricula accademici italiani. Gli stessi studenti spesso rilevano questa lacuna nella loro istruzione. Ad esempio, la maggior parte dei suggerimenti durante l'assemblea annuale degli studenti dell'Università di Genova (2017), era relativo alla richiesta di più attività di lavoro di squadra, più contatto con le realtà industriali e un maggiore utilizzo degli strumenti delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) per migliorare l'integrazione degli studenti stessi nel mercato del lavoro attuale.

In questo contesto, una collaborazione bilaterale Università-Industria in tema di formazione può far luce sulle effettive caratteristiche richieste dal mercato del lavoro per uno studente laureato e può aiutare ad adattare i curricula secondo queste esigenze. Questo legame Università-Industria può essere reciprocamente vantaggioso: le università possono modellare meglio l'attuale profilo professionale richiesto. Per accademici e studenti, questi vantaggi possono includere l'opportunità di affrontare domande di ricerca impegnative con applicazioni del mondo reale, vedere che la loro ricerca ha impatti tangibili e ottenere l'accesso a nuove competenze, dati o attrezzature. Le aziende possono beneficiare degli aggiornamenti scientifici più avanzati e possono migliorare le prestazioni aziendali attraverso lo sviluppo di nuove tecniche o tecnologie, ridurre i rischi degli investimenti nella ricerca ed estendere le capacità e le competenze (2015). Inoltre, lavorare con un'azienda può fornire una preziosa esperienza agli studenti fornendo loro l'opportunità di partecipare a un progetto sponsorizzato dall'industria intessendo anche relazioni che possono portare a futuri successi durante future selezioni di lavoro.

L'obiettivo di questo lavoro è quindi valutare l'impatto della collaborazione Università-Industria del modulo di insegnamento *Multiscale Analysis and Computer Simulation of Chemical Processes* del secondo anno della laurea magistrale in Ingegneria Chimica e di Processo (Università di Genova) sulle prestazioni tecniche dello studente e sul miglioramento delle competenze trasversali. I principali esiti verranno analizzati da tre punti di vista (cioè docenti, studenti, collaboratori industriali) e i principali punti di forza e di debolezza della strategia educativa verranno discussi evidenziando la partecipazione complementare di tutti gli attori coinvolti.

2. Metodi

2.1. Partecipanti e descrizione del corso

Multiscale analysis and computer simulation of chemical processes è un insegnamento obbligatorio di cinque crediti (ECTS) erogato per la prima volta nell'anno accademico 2017/2018, svolto quindi per quattro anni per un totale di 86 studenti (42 maschi e 44 femmine) al 2° anno della Laurea Magistrale di Ingegneria chimica e di processo.

Il corso intende fornire una formazione basata sulle competenze in linea con i nuovi titoli di studio e le politiche europee nell'istruzione superiore. Il nuovo corso è stato attivato intendendo raggiungere quattro obiettivi principali: (1) colmare il gap tra università e futura occupazione in un contesto multidisciplinare; (2) dare agli studenti l'opportunità di sviluppare nuove (e richieste) competenze trasversali in un quadro educativo; (3) occuparsi di problemi in situazioni industriali reali; (4) sensibilizzare sui processi e le capacità cognitive personali attraverso la valutazione della propria esperienza.

Il corso si articola in 10 ore di lezioni frontali, 30 ore di laboratorio informatico e 10 ore di visite a realtà industriali. A causa dell'emergenza Covid-19, le visite in loco sono state sostituite da interventi degli esponenti industriali (anni accademici 2019/2020 e 2020/2021). Il corso comprende fondamenti teorici (cioè, equazioni costitutive e di bilancio e la valutazione dei parametri caratteristici) e la loro applicazione pratica (cioè, l'uso di software di simulazione) in un contesto multiscala (cioè, micro, meso e macro-scale).

La scheda di insegnamento completa si può trovare su <https://unige.it/off.f/2020/ins/44107>.

2.2. Strategia docente

Diversi casi reali sono stati forniti dalle realtà industriali collaboratrici (ABB, Infineum, PCA, IIT, Stam): un primo seminario sulle loro principali attività e la descrizione del target è stato seguito da una visita all'impianto industriale/intervento industriale. In questo modo gli studenti si sono impegnati nello studio del problema, aumentando la loro motivazione verso una soluzione adeguata. Le lezioni iniziali

dell'insegnamento sono state dedicate a fornire agli studenti i fondamenti dell'analisi multiscala, la definizione delle diverse scale e la descrizione delle loro proprietà caratteristiche. Le lezioni successive sono state strutturate in quattro blocchi in cui le lezioni frontali si sono alternate a sessioni di laboratorio informatico per accrescere concretamente le conoscenze acquisite. Le sessioni di simulazione guidata sono consistite nella risoluzione da parte del docente di diversi problemi rappresentativi. La procedura passo a passo è stata seguita dagli studenti che hanno lavorato in gruppi in aula informatica. Tutti gli esempi guidati in ogni blocco sono stati forniti come tutorial disponibili nell'Aulaweb del modulo di insegnamento. Alla fine di ogni blocco è stato presentato e risolto un caso-scenario rappresentato dal problema reale del partner industriale corrispondente. In questo caso, il docente è diventato un facilitatore e non una guida passo a passo e gli studenti hanno dovuto discutere criticamente in gruppi su come procedere da soli, con l'incoraggiamento del pensiero critico e la risoluzione autonoma dei problemi. Il processo di sequenza risolutiva è stato svolto attraverso metodologie attive e apprendimento cooperativo (Prince 2004) facilitate dall'insegnante che ha monitorato e assistito ciascun gruppo.

Ciascuna attività è stata strutturata per consentire l'acquisizione di competenze tecnico-professionali di base nonché competenze trasversali quali capacità di decisione, lavoro di gruppo e risoluzione di problemi. Più specificamente, sono state fortemente incoraggiate le capacità sociali, creative, organizzative e analitiche. La Tabella 1 presenta l'allineamento costruttivo tra i risultati dell'apprendimento, le attività progettate e i metodi di valutazione.

Tabella 1. Allineamento costruttivo tra i risultati dell'apprendimento, le attività progettate e i metodi di valutazione

Risultati dell'apprendimento	Tipo di sessione	Abilità sviluppata	Metodi di valutazione
Distinguere tra scale e approcci appropriati	Lezione frontale	Studio analitico	Necessaria per applicazione pratica
Identificare equazioni teoriche su software di simulazione	Lezione frontale	Acquisizione di fondamenti teorici	

Utilizzare un software specifico per l'ingegneria chimica	Sessione di laboratorio guidata	Abilità pratiche	Socratiche
Analizzare problemi industriali reali	Sessione di laboratorio guidata	Lavoro di gruppo	Socratiche
Discutere criticamente le soluzioni disponibili	Sessione di Brainstorm Interventi delle realtà industriali	Studio critico Risoluzione di problemi Abilità comunicative	Discussione attiva Workshop finale

2.3. Raccolta dei dati

La valutazione accademica degli studenti è stata effettuata attraverso la valutazione di alcuni brevi problemi raccolti alla fine di ogni blocco e un'attività finale alla fine dell'insegnamento (dettagli nella sezione 3).

Al termine di quest'ultima sessione sono stati attribuiti i voti della commissione di valutazione che comprende i docenti e i rappresentanti delle imprese industriali. Lo schema di voto è quello tipico delle Università italiane: non passato < 18; sufficiente: 18; più che sufficiente: 19-21; buono: 22-24; molto buono: 25-29; ottimo: 30 e 30 e lode.

Alla fine del workshop finale sono stati compilati alcuni sondaggi da parte degli studenti e dei rappresentanti delle aziende con lo scopo di valutare la loro soddisfazione per quanto riguarda i contenuti studiati, gli strumenti impiegati, il coinvolgimento attivo delle industrie, l'esperienza di lavoro di squadra e, in generale, la metodologia applicata. È servito anche per confrontare la loro visione attuale rispetto alle loro aspettative all'inizio dell'insegnamento. Agli studenti è stata inoltre richiesta la compilazione dell'indagine di soddisfazione finale predisposta dall'Università di Genova.

Tutti i dati quantitativi sono stati valutati statisticamente e i dati qualitativi sono stati esaminati criticamente.

3. Valutazione accademica

Le valutazioni per valutare il rendimento didattico degli studenti sono state effettuate durante tutto il processo di apprendimento come descritto nel seguito.

3.1. Valutazioni intermedie

Dopo aver completato alcune sessioni di laboratorio, agli studenti sono state poste ulteriori domande sui contenuti studiati attraverso la piattaforma online Socrative.

3.2. Valutazione dei casi reali

Dopo le sessioni di formazione sui diversi software, gli studenti sono stati chiamati a risolvere un caso industriale. In particolare, i tre problemi reali erano relativi a: (i) ottimizzazione delle prestazioni di determinate colonne di distillazione; (ii) ottimizzazione delle prestazioni di un dato scambiatore di calore e (iii) ottimizzazione delle condizioni di lavoro di determinati reattori fluidizzati.

La risoluzione di questi casi è stata piuttosto impegnativa e il tempo dedicato a ciascuno di essi è stato determinato dal docente in base ai risultati osservati. Socrative è stato nuovamente utilizzato come strumento di valutazione: agli studenti è stato chiesto di rispondere a domande volte ad analizzare criticamente i risultati ottenuti.

3.3. Valutazione finale

La valutazione finale è stata effettuata sotto forma di workshop intitolato "Chemical Engineering @ Multiscale" in una giornata dedicata (esempio di annuncio ufficiale del workshop in Figura 1). Ad ogni gruppo è stato chiesto di preparare un poster che riassume i concetti più importanti, i risultati e le conclusioni dell'insegnamento. Non c'erano vincoli o indicazioni obbligatorie, così da stimolare originalità e capacità creative. Per gli anni accademici 2019/2020 e 2020/2021 e a causa delle restrizioni Covid-19, questo evento è stato svolto online.



I Workshop – Chemical Engineering @ Multiscale



With the participation of



Figura 1 - Esempio di annuncio ufficiale del workshop finale.

Il workshop è stato finalizzato a simulare un ambiente di tipo professionale in cui gli studenti hanno presentato e discusso i risultati del loro lavoro utilizzando le loro capacità di comunicazione attraverso la produzione di un poster. In questo modo sono state valutate le comunicazioni scritte, grafiche, verbali e non verbali preparando gli studenti a future situazioni analoghe (presentazione del progetto di laurea, laboratori professionali o partecipazioni a congresso).

La Commissione di Valutazione è stata formata dal docente insieme ai rappresentanti delle realtà industriali coinvolte invitando gli studenti ad adattare il proprio stile di comunicazione alle diverse situazioni. L'attività era aperta a tutta la comunità di Ingegneria Chimica e pubblicizzata a livello di Scuola Politecnica per aumentare la visibilità dell'iniziativa, creare interesse tra la comunità e motivare gli studenti in un'atmosfera stimolante e gratificante.

I criteri per la valutazione del lavoro sono stati presentati agli studenti un mese prima della data del workshop in modo che potessero preparare il loro lavoro finale adeguatamente. I criteri principali per la valutazione dei poster erano: i contenuti, la chiarezza e il design, l'impatto visivo e

l'entusiasmo. I criteri principali per la valutazione individuale erano: la conoscenza tecnica, la capacità di comunicazione e l'originalità. Dopo l'attività finale, i poster sono stati esposti nei locali del Dipartimento per riconoscere e premiare l'esito della loro attività.

Iniziative simili sono state testate in altri contesti universitari nell'ambito dell'ingegneria chimica, come ad esempio presso l'Università di Valencia (Spagna) (San Valero et al. 2018) dove la valutazione delle attività di innovazione è stata eseguita seguendo lo stesso approccio del laboratorio ottenendo alti tassi di soddisfazione da tutti gli attori.

4. Risultati e discussione

4.1. Valutazione accademica degli studenti

Un primo risultato positivo è stato che 79 studenti su 86 hanno partecipato al workshop nella prima sessione programmata, il che significa che la maggior parte degli studenti ha mostrato un interesse di lavoro continuo durante lo svolgimento dell'insegnamento. Inoltre, il voto medio è stato di 28/30 indicando che gli studenti avevano mostrato un'adeguata conoscenza dei contenuti della didattica. La Figura 2 mostra alcuni dei poster presentati.

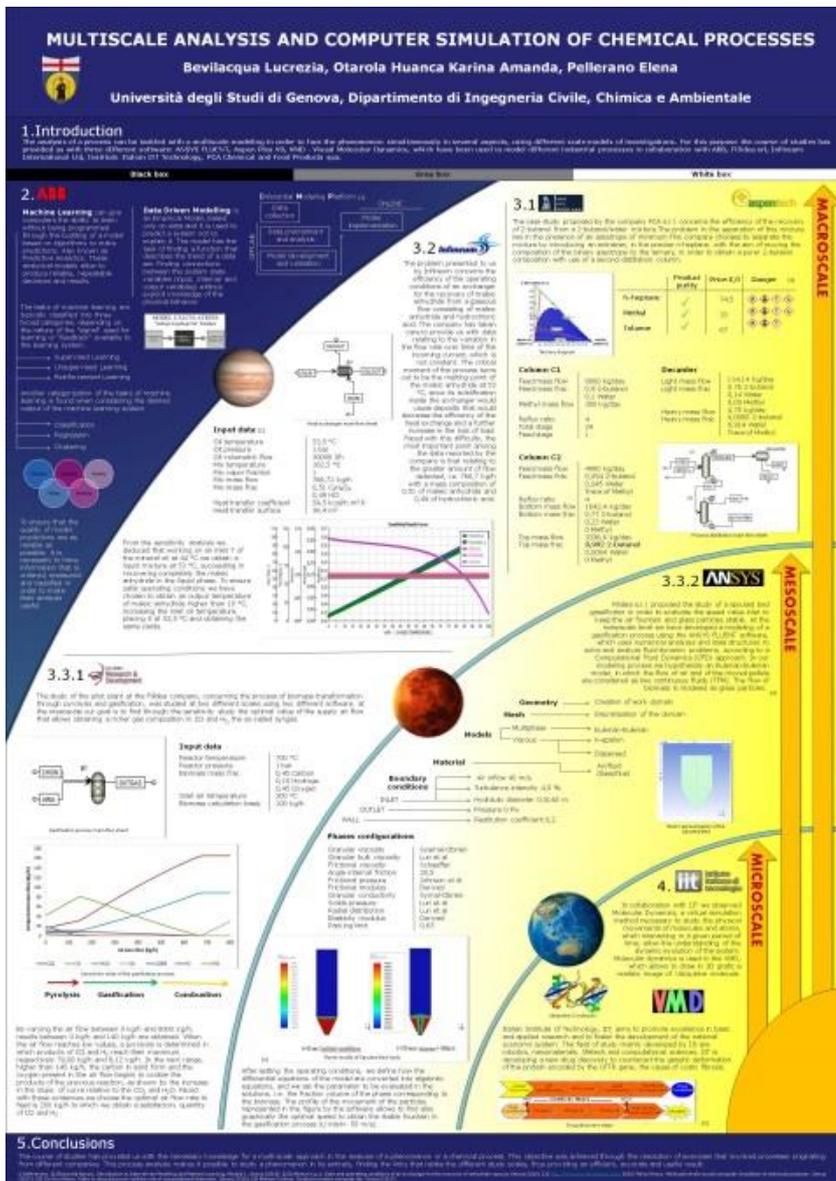


Figura 2 - Esempio di poster prodotto nell'insegnamento.

Le valutazioni intermedie (Sezione 3.1) hanno consentito di raggiungere due obiettivi specifici: per gli studenti ha comportato una maggiore comprensione grazie a un processo di apprendimento individuale continuo e dinamico, mentre per il docente ha rappresentato un efficace strumento di follow-up sull'avanzamento accademico del gruppo. Le valutazioni dei casi reali (Sezione 3.2) sono servite come applicazione di una conoscenza precedentemente acquisita promuovendo il pensiero critico e creativo e raggiungendo così il massimo livello di valutazione della tassonomia di Bloom (Bloom et al. 1956). Socratiche si è dimostrato uno strumento adatto per fare queste valutazioni. Da un lato,

il processo di apprendimento viene adattato alla nuova generazione di studenti utilizzando nuovi approcci come complemento agli strumenti tradizionali (Manuguerra and Petocz 2011), d'altra parte, l'uso di tecnologie tipo 'sondaggio' aumenta l'attenzione degli studenti e ne promuove la partecipazione e il coinvolgimento (Badia et al. 2016). Vale la pena menzionare le differenze nel layout e nel modo di presentare le informazioni tra i poster durante il workshop finale (Sezione 3.3) a conferma dell'alto livello di creatività raggiunto.

4.2. Valutazione degli studenti sul corso

Le domande sono state classificate attraverso la scala Likert, da 1 (completamente in disaccordo) a 4 (completamente d'accordo). È stato inoltre consentito lo spazio per commenti. I risultati sono presentati nell'Allegato 1 (in inglese).

Un alto livello di soddisfazione è stato riscontrato per i contenuti e l'utilità delle risorse (oltre l'80% delle risposte positive). Alcuni dei commenti riguardavano la richiesta di attrezzature migliori e un accesso più facile ad esse. Aspen Plus® e Ansys Fluent® possono essere utilizzati dagli studenti solo tramite licenza accademica solo sui computer della Scuola Politecnica. Per superare questa barriera è stato predisposto un server online remoto per gli studenti in modo che potessero accedere al software necessario da qualsiasi computer purché connesso alla rete di Ateneo, soprattutto durante l'emergenza Covid. Gli studenti hanno anche suggerito che più sessioni pratiche avrebbero migliorato ulteriormente le loro capacità di modellazione e hanno persino suggerito di integrare attività simili in altri insegnamenti del corso di laurea.

Il coinvolgimento delle industrie è stato molto apprezzato con oltre l'85% degli studenti che ha fornito feedback positivi. Il loro ruolo vitale durante l'insegnamento è stato sottolineato anche nei commenti liberi in cui quasi tutti gli studenti hanno espresso la loro soddisfazione per l'esperienza. È interessante notare che oltre il 90% degli studenti è d'accordo o completamente d'accordo con il fatto che il lavoro di squadra ha facilitato un miglioramento della qualità del lavoro e il miglioramento delle proprie capacità. Sorprendentemente, il 90% degli studenti ha scoperto che l'approccio ha migliorato le loro attitudini personali e ampliato le prospettive future.

4.3. Valutazione dei rappresentanti industriali sul corso

I partner industriali sono stati una parte essenziale dell'insegnamento lavorando in stretta relazione con studenti e docenti durante tutto il semestre. È importante evidenziare il loro alto grado di coinvolgimento in tutte le fasi (dalla presentazione iniziale al workshop finale) che ha aiutato a raggiungere l'alto grado di successo. Dopo il workshop finale, è stato estremamente importante raccogliere la loro percezione e le loro proposte di miglioramento o modifiche all'insegnamento attuale per le edizioni future.

Il rappresentante di Infineum ha sottolineato che il corso è stato molto apprezzato da tutti gli studenti che sono stati entusiasti di confrontarsi con il mondo dell'industria. Dal punto di vista aziendale, il tentativo di colmare l'attuale divario tra il mondo accademico e quello industriale, è stato molto apprezzato e ha avuto un esito molto positivo. L'opportunità di essere in contatto con gli studenti già nella loro carriera universitaria aiuta le aziende a presentare le esigenze e le aspettative del settore. Inoltre, la presentazione interattiva finale, ha offerto una grande opportunità per un colloquio preliminare con gli studenti/futuri candidati a posizioni di lavoro.

In alcuni casi la collaborazione è andata oltre e, ad esempio, sono stati avviati due progetti di tesi a valle dell'attività didattica dell'insegnamento. Inoltre, due studenti sono stati assunti da due diverse industrie collaboratrici subito dopo il conseguimento della laurea.

4.4. Valutazione dai docenti sul corso

I docenti universitari hanno valutato le prestazioni degli studenti durante tutto il corso, essendo non solo semplici valutatori, ma soprattutto facilitatori durante il processo di apprendimento. Durante il workshop finale, la valutazione dei docenti è stata eseguita insieme agli industriali attraverso una discussione attiva. È interessante notare che questi due attori coinvolti avevano criteri di valutazione diversi: gli universitari valutavano l'accuratezza del background teorico delle risposte degli studenti insieme alla risoluzione precisa dei problemi mentre gli industriali davano più importanza alle loro capacità di comunicazione e ragionamento.

5. Conclusioni

Il nuovo corso ' Multiscale modelling and computer simulations of chemical processes ' si prefigge di colmare il gap esistente tra il processo di apprendimento accademico degli studenti dell'ultimo anno della laurea in Ingegneria Chimica e di Processo (Università di Genova) e l'ulteriore applicazione di queste materie apprese in contesti reali in un ambiente industriale.

Le azioni formative sono guidate da progetti aperti in cui si passa da un insegnamento centrato sul docente verso un apprendimento centrato sullo studente promuovendo un approccio più approfondito alla materia, e il professore diventa un facilitatore del processo di apprendimento più che un semplice trasmettitore di informazioni. In termini di risultati di apprendimento, i tradizionali livelli cognitivi inferiori (cioè, capire, applicare, ecc.) sono elaborati in anticipo. In questo modo, la maggior parte del tempo dedicato è programmata per attività che richiedono un livello più elevato di coinvolgimento degli studenti che consente un ulteriore passo avanti nella definizione dei risultati di apprendimento nella tassonomia di Bloom (cioè, analizzare, creare ...) [10].

Questa metodologia cambia la strategia di insegnamento "tradizionale" in cui i problemi didattici sono presi come gli strumenti su cui si basa l'apprendimento. In questo corso, le industrie collaborano attivamente proponendo agli studenti le sfide tecniche e personali che dovranno affrontare nella loro vita lavorativa come ingegneri e dove il lavoro collaborativo e il pensiero critico diventano la chiave per un apprendimento significativo. Il coinvolgimento delle industrie è stato molto apprezzato dagli studenti insieme alla proposta di un apprendimento collaborativo. Inoltre, gli studenti hanno mostrato un atteggiamento molto positivo nei confronti della metodologia focalizzata sul problema in accordo con studi precedenti (Moliner and Arato, 2019).

È chiaro che il legame Università-Industria si è dimostrato vantaggioso per tutti gli attori coinvolti:

- Gli studenti hanno avuto l'opportunità di applicare le loro conoscenze tecniche e sviluppare le loro competenze trasversali in un reale contesto industriale all'interno di un quadro educativo (e sicuro). Inoltre, hanno avuto l'opportunità di prendere consapevolezza delle proprie capacità cognitive durante l'intero processo di apprendimento. Gli studenti hanno infine apprezzato

il progredire nelle capacità di lavoro di squadra, di comunicazione e di ragionamento collaborativo.

- Gli industriali hanno potuto beneficiare degli aggiornamenti scientifici di avanguardia e hanno avuto accesso a nuovi dati o frontiere di sviluppo per le loro tecnologie. Inoltre, hanno potuto identificare potenziali future collaborazioni di ricerca e/o candidati validi per nuove carriere lavorative.
- Gli accademici sono stati in grado non solo di definire il background teorico dei problemi industriali coinvolti, ma anche di essere parte dell'applicazione attiva delle diverse soluzioni e vedere i risultati tangibili della loro ricerca.

Nel complesso, si può affermare che la collaborazione Università-Industria ha soddisfatto i principali obiettivi della didattica in termini di sviluppo delle conoscenze scientifiche, competenze trasversali e promozione delle capacità tecnologiche, e ha costituito un apprezzato anello di congiunzione tra le lezioni in aula e l'immediato futuro lavorativo per gli imminenti neolaureati. La valutazione positiva del modulo incoraggia l'applicazione della metodologia a livello multidisciplinare, con più insegnamenti (della stessa laurea o anche di livelli di formazione diversi e complementari) che lavorano insieme con gli stessi obiettivi avvicinandosi a una reale situazione industriale.

Riferimenti bibliografici

American Society for Engineering Education. 2013. *Transforming Undergraduate Education in Engineering*.

Badia Valiente, J.D.; Olmo Cazevieuille, F.; Navarro Jover, J.M. 2016 On-line quizzes to evaluate comprehension and integration skills. *J. Technol. Sci. Educ.* 6, 75-90.

Bloom B.S., Engelhart M.D., Furst E.J., Hill W.H., K.D.R. 1956. *Taxonomy of educational objectives: the classification of education goals. Handbook I: Cognitive domain*; Company, N.Y.D.M.

Doyle, A, Gumaelius, L. B., Pears, A. N., & Seery, N. 2019. Theorizing the Role of Engineering Education for Society: Technological Activity in Context? In *Proceedings of the ASEE Annual Conference & Exposition*.

Manuguerra, M.; Petocz, P. 2011. Promoting Student Engagement by Integrating New Technology into Tertiary Education: The Role of the iPad. *Asian Soc. Sci.* 7, 11, 61-65.

Marzo, M.; Pedraja, M.; Rivera, P. 2008. Un modelo de relaciones empresa-universidad. *Rev. Eur. Dir. y Econ. Empres.* 17, 39-56.

Moliner, C.; Arato, E. 2019. Implementation of the Italian school-work alternating programme within chemical engineering activities. *Educ. Chem. Eng.* 27, 1-5

NATO Science & Technology Organization. 2020. *Science & Technology Trends 2020-2040 - Exploring the S&T Edge*.

Prince, M. 2004. Does active learning work? A review of the research. *J. Eng. Educ.* 93, 223-231.

San-Valero, P.; Robles, A.; Ruano, M.V.; Martí, N.; Cháfer, A.; Badia, J.D. 2018. Workshops of Innovation in Chemical Engineering To Train Communication Skills in Science and Technology. *Educ. Chem. Eng.* 26, 114-121.

The Dowling Review of Business-University Research Collaborations. 2015. Ed. Crown.

UCL Centre for Engineering Education, I. 2018. in E.E. *Inspiring & Preparing Our Engineers for the 21st Century*.

Wymann, O. 2018. *ENGINEERING 2030 - Six megatrends that will shape engineering*.



Allegato 1.

Table S1. Risposte al questionario sull'implementazione del corso

	Likert scale	1	2	3	4
Q1	The different areas of the teaching were useful, complementary, and relevant	2	3	21	60
Q2	The format of the resources at your disposal were appropriate	0	6	8	72
Q3	The quality of the resources at your disposal were appropriate	0	7	8	71
Q4	The utility of the resources at your disposal were appropriate	0	3	46	37
Q5	<i>The visit to the industrial reality/seminar helped in the understanding of the addressed topic</i>	0	9	23	14
Q6	<i>The seminars performed during the teaching were adequate</i>	0	9	33	24
Q7	The tool Socrative has been used in an appropriate context	3	0	18	65
Q8	The tool Socrative has helped in improving the understanding of the topic	6	9	34	37
Q9	Cooperation in teamwork improved the quality of my work	0	6	12	68
Q10	Cooperation in teamwork improved my collaborative skills	0	3	28	55
Q11	The 'project-based learning' methodology had an influence on my motivation	0	9	37	40
Q12	The 'project-based learning' methodology had an influence on my participation	0	6	40	40
Q13	The methodology was relevant to improve my professional attitudes and perspectives	0	6	34	46
Q16	I feel satisfied with the development of the teaching	0	9	34	43
Q17	I would recommend this teaching to other colleagues	0	3	40	43