

## **Contributo sul tema Ingegneria 2040**

### **Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale – Sapienza Università di Roma**

Educare in ambito ingegneristico significa trasmettere forti elementi delle scienze di base (matematica, fisica e chimica), fondamentali sia per successivi stati formativi specialistici che per sviluppare capacità progettuali multidisciplinari, insieme a conoscenze specifiche e caratterizzanti per il necessario sviluppo di competenze progettuali, di capacità implementative di tecnologie in uso ed emergenti. I percorsi formativi in Ingegneria devono sviluppare abilità che non solo saranno utili per molto tempo dopo la laurea ma che formeranno un approccio all'apprendimento continuo, così che l'ingegnere possa incidere nella società per gli anni a venire, indipendente dalla sua collocazione nel mondo del lavoro che potrà essere a 360°, dal management alla ricerca, dal settore industriale a quello professionale e accademico

### **Le professioni del futuro e le sfide per l'ingegneria con uno sguardo verso il passato**

A tutte le rivoluzioni industriali è seguita una trasformazione nella formazione degli ingegneri. Ciascuna di esse ha richiesto l'integrazione di nuove discipline: la prima rivoluzione industriale per l'invenzione delle macchine a vapore e la loro applicazione al trasporto e alla produzione; la seconda rivoluzione industriale per le scoperte nella chimica e nell'elettricità e in relazione a nuove fonti energetiche; la terza rivoluzione industriale, la rivoluzione digitale che ha portato alla transizione dall'analogico al digitale, ha richiesto l'introduzione dell'informatica di base in tutti i piani di studio. La quarta rivoluzione industriale, denominata Industria 4.0, è legata all'interconnessione di tecnologie intelligenti. Il ritardo col quale il riaggiustamento dell'educazione degli ingegneri ha seguito la rivoluzione industriale si è nel tempo accorciato, fino alla situazione attuale, nella quale le tecnologie dalle quali emana il concetto di Industria 4.0 (artificial intelligence, deep learning, internet of things, additive manufacturing, virtual reality, master-slave schemes for production machines, digital twins) sono state oggetto di ricerca nelle università tecniche nei vent'anni precedenti. Va inoltre considerato il ruolo sempre più pervasivo che sarà giocato nelle diverse ingegnerie da tutte le cosiddette tecnologie abilitanti (KET: Key Enabling Technologies): dalle nanotecnologie alle quantum technologies, passando per le biotecnologie, la micro e nanoelettronica, la fotonica ed i sistemi di fabbricazione avanzati. L'uso di tutte queste nuove tecnologie, parzialmente già in corso, è stato ulteriormente accelerato dall'epidemia di SARS-COV2 che ha investito il pianeta a partire dalla fine del 2019.

Le evoluzioni tecniche non sono state tuttavia l'unico motore che ha inciso sulla trasformazione della formazione ingegneristica, che è stata segnata anche dall'esigenza per i nuovi laureati di confrontarsi con altri cambiamenti sociali e di sistema. Per esempio, l'inizio del ventesimo secolo ha visto l'emergere dell'identità professionale dell'ingegnere, gli anni '50 e '60 l'emergere di processi di accreditamento, gli anni '70 e '80 l'enfasi sullo sviluppo delle competenze tecnologiche. Tra gli anni '90 e i primi anni del XXI secolo si è accentuata la focalizzazione sulle abilità professionali e sulle specializzazioni, che, a fronte di una uguale durata, se non di una riduzione del percorso di studi, ha inciso sulle conoscenze di base, con una riduzione della capacità di operare in contesti multidisciplinari e sovradisCIPLINARI.

### **I modelli formativi che possono supportare e accompagnare i futuri ingegneri;**

Alcuni aspetti che i modelli formativi dei futuri ingegneri dovranno tenere in considerazione.

*Mobilità internazionale e integrazione nei diversi schemi, almeno su scala europea.* I diversi paesi europei propongono schemi educativi per gli ingegneri diversi in termini di struttura e durata. Questo limita l'applicazione di un approccio comune e l'interscambio di studenti e docenti.

*Adattabilità alla velocità dell'introduzione delle innovazioni e a condizioni future il cui impatto e la velocità non sono completamente prevedibili* (cambiamenti climatici, relazioni geopolitiche, scarsità di risorse primarie). Occorrerà adottare programmi in evoluzione dinamica, adattabili alle sfide sociali, con possibilità di personalizzazione dei programmi e partnership con l'industria per fertilizzazione incrociata. Queste azioni sono al momento limitate dell'attuale sistema di accreditamento e verifica anche per modifiche minori.

*Commistione tra la professione ingegneristica e altre professioni e dissoluzione delle barriere fra scienza e tecnologia.* Questa condizione apre nuovi spazi alle attività degli ingegneri. Alcuni esempi possono essere: ingegnere chimico che collabora con chef, ingegnere meccanico che supporta installazioni d'arte, ingegnere dei materiali che lavora nell'ambito della moda, ingegnere informatico che lavora con linguisti. In questo contesto si ravvisa la necessità di fornire allo studente alcune competenze di base sui temi della sostenibilità e solidarietà, con inclusione di elementi di storia della scienza e della tecnologia nei percorsi formativi, fornendo altresì una consapevolezza etica delle conseguenze delle scelte tecnologiche. Ciò al fine anche di far acquisire agli studenti consapevolezza della complessità dei problemi: spesso la formazione matematica induce a pensare che la soluzione a un problema sia unica. Lo sviluppo del pensiero critico è richiesto per prendere decisioni in problemi che contengono incertezze, spesso infatti nella pratica professionale non è sufficiente basarsi sull'evidenza scientifica.

*Combinazione di approcci basati sulle conoscenze e sulle competenze.* Le conoscenze di base scientifiche e tecnologiche sono fondamentali nella pratica professionale e per lo sviluppo di sistemi efficaci, efficienti e sicuri. Tuttavia, un certo focus sulle abilità professionali e sulle soft skills è cruciale per qualsiasi ingegnere contemporaneo che debba approcciare progetti complessi, nei quali intervengono gruppi multidisciplinari ed è necessaria comunicazione adeguata, creatività, leadership e rispetto di tutte le culture e le opinioni.

*Visione unitaria.* Gli ultimi decenni hanno visto una specializzazione sempre più spinta dei corsi di laurea. Gli ingegneri specialisti servono e serviranno, tuttavia, la superspecializzazione può diventare un problema per l'ingegneria contemporanea, come è successo recentemente nella medicina. La capacità degli ingegneri di trasformare l'ambiente si basa sulla loro capacità di interpretare e sintetizzare problemi complessi e di interagire in team multidisciplinari. Una possibile strategia è quella di ideare percorsi di ingegneria globale, che forniscano le basi dei diversi ambiti ingegneristici. La specializzazione potrebbe avvenire in una seconda fase, a livello di pratica e di lifelong learning, anche con integrazione con l'attuale sistema dei CFP dell'ordine degli ingegneri.

*Ingegneria aperta e inclusiva, apprendimento a distanza.* Si rivolge alla società, oltre che agli studenti di ingegneria, anche con la diffusione di materiali e lezioni on line (esempio Opencourseware Massachusetts Institute of Technology). In questo ambito vi è una forte competitività tra le università con ranking elevato a livello mondiale. Alcuni vantaggi che derivano dall'apprendimento a distanza sono: ampliamento dell'audience, superamento dei confini e delle barriere architettoniche, facilità di erogazione in un approccio lifelong learning. Possibili vantaggi potrebbero derivare non dalla sostituzione con l'approccio in presenza con

quello a distanza, ma dall'affiancamento delle due modalità. Alcuni degli svantaggi e delle possibili conseguenze che potrebbero derivarne sono lo snaturarsi del ruolo dell'università, come luogo ed esperienza che offre più di un titolo di studio, e la perdita del ruolo sociale delle università.

### **Progettazione di programmi formativi adeguati e appropriati per il contesto italiano.**

Alcuni dei contenuti e delle necessità introdotte nella precedente sezione sono introdotti nel PNRR 2021, presidenza italiana del consiglio dei ministri, dove si legge, con riferimento alla riforma delle classi di laurea:

*occorre mantenere una apertura nei primi tre anni di università per abbracciare il sapere in modo più ampio e consentirne una specializzazione durante le lauree magistrali (MSc) o i dottorati (PhD). A questo proposito, la presenza di programmi di studi vincolati da un sistema di debiti formativi basato su settori disciplinari stretti non permette questa ampiezza nel corso delle lauree triennali. Occorre quindi allargare i settori disciplinari e congiuntamente consentire la flessibilità nella programmazione dei singoli corsi di laurea triennali. La riforma prevede l'aggiornamento della disciplina per la costruzione degli ordinamenti didattici dei corsi di laurea. L'obiettivo è rimuovere i vincoli nella definizione dei crediti formativi da assegnare ai diversi ambiti disciplinari, per consentire la costruzione di ordinamenti didattici che rafforzino le competenze multidisciplinari, sulle tecnologie digitali ed in campo ambientale oltre alla costruzione di soft skills. La riforma inoltre amplierà le classi di laurea professionalizzanti, facilitando l'accesso all'istruzione universitaria per gli studenti provenienti dagli studenti dei percorsi degli ITS.*

Con riferimento a quest'ultimo punto si segnala il disegno di legge n. 2333 approvato dalla camera dei deputati il 20 luglio 2021, dove vengono istituiti gli ITS Academy, fondazioni costituiti da un istituto di istruzione secondaria superiore, una struttura formativa accreditata dalla regione, un'università o un dipartimento universitario (art. 4.2), che, nella loro autonomia possono realizzare percorsi flessibili e modulari per il conseguimento, anche in regime di alto apprendistato, di lauree a orientamento professionale (art. 8.1).

Inoltre, con riferimento alle lauree abilitanti per determinate professioni, il PNRR 2021 prevede *la semplificazione delle procedure per l'abilitazione all'esercizio delle professioni, rendendo l'esame di laurea coincidente con l'esame di stato, con ciò semplificando e velocizzando l'accesso al mondo del lavoro da parte dei laureati.*

E' prevedibile che con l'introduzione di nuovi contenuti e la necessità di introdurre percorsi di tirocinio in azienda che rendano automatica l'abilitazione all'esercizio delle professioni sarà molto difficile mantenere uno standard elevato della preparazione dei neolaureati. Una possibile soluzione potrebbe essere l'adozione di uno schema 4 +2, con 6 anni totali, struttura applicata in Russia, Cina, India, Giappone, Spagna e Turchia, mentre in Europa e USA permane lo schema 3+2, con alcune esperienze di cicli unici quinquennali. È altresì auspicabile che soprattutto per le tecnologie emergenti, dal forte carattere interdisciplinare, si progettino e si realizzino, anche nel quadro di riferimento e di prospettive offerte dal PNRR, nuovi percorsi formativi, soprattutto nella forma di LM quinquennali a ciclo unico. Si auspica infine una forte ridefinizione del ruolo dei dottorati, visti non più come mero possibile punto di ingresso nelle carriere accademiche e nel mondo della ricerca, ma come un vero e proprio terzo livello di formazione. I recenti provvedimenti e immissione di significative risorse finanziarie sui dottorati sia a livello regionale

che ministeriale (DM 1061 del 10 agosto 2021) vanno in questa direzione, con una chiara indicazione dell'esigenza di rafforzare l'interconnessione con il mondo industriale. Ciò richiederà evidentemente anche un adeguamento delle finalità, degli obiettivi e, quindi, della organizzazione dei corsi e delle scuole di dottorato in ingegneria. E' evidente che andrà anche promosso il riconoscimento formale del dottorato in tutti i contesti di concorso pubblico.

Per quanto riguarda i contenuti 'comuni' di tutti i percorsi di ingegneria (triennale, magistrali, e a ciclo unico quinquennale), uno schema di principio generale dovrebbe contenere:

≥ 60 CFU materie di base

≥ 60 CFU professionalizzanti, interdisciplinari, cross-knowledge e soft-skill

≥ 60 CFU ambiti specialistici (meccanica, chimica, industriale, materiali, aeronautica, navale, ambientale, biomedica, civile, ICT)

≥ 60 CFU liberi

Includendo i percorsi classici e i nuovi percorsi, i profili degli ingegneri potranno essere ridefiniti come segue

1. ingegneri di prodotto, sistema e processo
2. ingegneri gestionali e orientati alla finanza
3. ingegneri orientati alla ricerca
4. ingegneri orientati alle politiche, regolamenti e normative
5. ingegneri ambientali e pianificatori di interventi a livello territoriale
6. ingegneri biomedici e dei sistemi biologici
7. ingegneri orientati al trasferimento tecnologico

Tutto ciò con flessibilità, personalizzazione e internazionalizzazione parole chiave della nuova formazione in ingegneria.

Per gli allievi ingegneri è da prevedere una esposizione alla pratica professionale con riconoscimento crediti: 12 settimane di esperienza in ambiente industriale/professionale; lezioni di ospiti provenienti dal mondo delle professioni e dell'industria, visite, casi studio, progetti industriali distribuiti durante tutto il piano di studi; attività extracurricolari.

### **Bibliografia**

A.D. Lantada, Engineering Education 5.0: Continuously Evolving Engineering Education, International Journal of Engineering Education Vol. 36, No. 6, pp. 1814–1832, 2020

J. du Preez, S. Sinha, A paradigm shift in higher education in the context of the Fourth Industrial Revolution, The Future of Engineering Education, IEEE Potentials, vol. 40 (2), 2021

D. Lowe, T. Wilkinson, K. Willey, A. Kadi, T. Goldfinch, and T. J. Lim, Educating the evolving engineer: Lessons from the University of Sydney, *The Future of Engineering Education*, IEEE Potentials, vol. 40 (2), 2021

PNRR, Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, 2021, Presidenza Italiana del Consiglio dei Ministri

Disegno di legge n. 2333 approvato dalla camera dei deputati il 20 luglio 2021, Ridefinizione della missione e dell'organizzazione del Sistema di istruzione e formazione tecnica superiore in attuazione del Piano nazionale di ripresa e resilienza