



## **Le scienze dell'ingegneria, formazione e opportunità in campo ambientale**

*Gabriele Bitelli*

*Lisa Borgatti*

*Università di Bologna*

### **Riassunto**

La relazione tra le Scienze dell'Ingegneria e le questioni ambientali ha una lunga storia, ma ha visto evoluzioni importanti negli ultimi decenni, anche per quanto concerne la formazione in ambito universitario.

In questo lavoro il tema viene affrontato secondo due prospettive. Da un lato, sono esaminati alcuni aspetti legati alla didattica in ambito accademico e in particolare all'esperienza vissuta nell'Università di Bologna con l'istituzione dei corsi di laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio. Dall'altro, sono presentate, a titolo di esempio, alcune opportunità offerte dalle nuove tecniche e tecnologie di rilevamento e monitoraggio del territorio, in grado di fornire strumenti nuovi ed efficaci per la conoscenza e la comprensione dell'ambiente e dei fenomeni in atto.

Parole chiave: Ingegneria; Ambiente; Università; Territorio; Monitoraggio

### **Abstract**

The relationship between Engineering Sciences and environmental issues has a long history, but has seen important developments in recent decades, also regarding university education.

In this work, the topic is approached from two perspectives. On the one hand, some aspects related to didactics in the academic sphere are examined, and in particular to the experience gained at the University of Bologna with the institution of degree courses in Environmental Engineering. On the other hand, some opportunities offered by the new techniques and technologies for surveying and monitoring the territory are presented, capable of providing new and effective tools for the knowledge and understanding of the environment and ongoing phenomena.

Keywords: Engineering; Environment; University; Territory; Monitoring

ISSN 2704-8217

doi: <https://doi.org/10.6092/issn.2704-8217/18422>

Copyright © 2023 the authors

This work is licensed under the Creative Commons BY License

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Questo contributo vuole portare l'esperienza universitaria, ed in particolare di gruppi che operano all'interno dei corsi di laurea in Ingegneria per l'ambiente e il territorio dell'Università di Bologna, su alcune questioni relative alla formazione ed alla ricerca in campo ambientale.

Le relazioni fra il mondo dell'Ingegneria e l'Ambiente sono evidentemente molteplici e variamente articolate, coinvolgendo di fatto la gran parte degli ambiti delle discipline trattate: per citarne alcune si possono nominare l'Ingegneria Chimica e di Processo, la Biologia, la Geologia, la Geotecnica, il Rilevamento, l'Idraulica e le Costruzioni Idrauliche, l'Idrologia, l'Ingegneria Sanitaria, l'Ingegneria Strutturale, l'Ingegneria degli Acquiferi, l'Ingegneria Mineraria e delle Materie Prime ecc.

Negli ultimi decenni questo rapporto si è concretizzato a livello didattico nella creazione dei corsi di Laurea e Laurea Magistrale in Ingegneria per l'ambiente ed il territorio istituiti in molte sedi universitarie del Paese. L'Ingegnere ambientale utilizza i principi dell'Ingegneria e delle scienze connesse per trovare soluzioni ai problemi ambientali, rivolgendo il proprio interesse a problematiche come inquinamento dell'aria, contaminazione delle acque, consumo di combustibili, riuso e riciclo, rischi. Tutto ciò si colloca oggi sempre di più nel contesto dei cambiamenti globali e della sostenibilità ambientale.

Il presente contributo si articola in due parti.

La prima è incentrata sugli aspetti didattici, sugli obiettivi e sulle sfide che i suddetti corsi di laurea hanno fatto propri negli ultimi decenni, evidenziando quali sono stati i principi cardine su cui si è sviluppata la loro evoluzione.

La seconda è invece concentrata su alcune opportunità offerte in campo ambientale dai più recenti sviluppi delle discipline a cui gli autori afferiscono.

## **LA DIDATTICA: I CORSI DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

Durante gli eventi di orientamento in ingresso e in itinere i partecipanti spesso ci chiedono quali siano le attività che un ingegnere ambientale compie. La risposta a questa domanda è meno lineare rispetto a quella che può essere data in riferimento ad altri corsi di studio più verticali, in quanto le traiettorie dei laureati in Ingegneria per l'ambiente e il territorio sono quantomai varie e spaziano dalla progettazione di opere alla gestione della sicurezza di impianti, solo per fissare due dei possibili estremi.

Per meglio inquadrare le attività, anche future visto il cambiamento globale al quale stiamo assistendo nell'Antropocene, ci si può ispirare al rapporto che

l'Accademia delle Scienze degli Stati Uniti ha recentemente pubblicato a proposito dell'ingegneria ambientale del XXI secolo, disponibile sul sito (National Academies of Sciences, 2019). Il rapporto identifica cinque sfide che gli ingegneri ambientali dovranno affrontare:

1. Fornire cibo, acqua ed energia in modo sostenibile;
2. Contrastare i cambiamenti climatici e adattarsi ai relativi impatti;
3. Progettare un futuro senza inquinamenti e rifiuti;
4. Creare città efficienti, sane e resilienti;
5. Promuovere decisioni e azioni informate.

Come evidente da questo iconico elenco, la missione dell'ingegnere ambientale si sviluppa in molteplici ambiti e in ultima analisi è volta a progettare opere, processi ed impianti che riducano gli impatti su tutte le matrici ambientali, sfruttando le tecnologie più innovative e implementando soluzioni sostenibili.

Per fare questo, è necessario in primo luogo conoscere e comprendere i processi che governano gli ecosistemi e l'ambiente, sia naturale che antropico. Vista la complessità del contesto e la interconnessione tra gli attori, l'approccio sia nell'analisi che nella sintesi da multidisciplinare deve tendere a diventare sempre più transdisciplinare. Non è da sottacere che questa è la sfida più difficile da affrontare per la progettazione di corsi che rispondano alle sfide che ci attendono, ma anche in aula. Detto questo, è interessante far notare che in Italia il percorso di laurea in ingegneria ambientale è relativamente giovane. L'inizio ufficiale è infatti da far risalire al 1989, poco più di 30 anni fa. Nelle diverse sedi, i corsi di studio hanno declinato e poi modificato i piani didattici in modi variegati, talvolta sulle basi di lauree che erano state nel frattempo cancellate perché ritenute obsolete.

Nel caso dell'Università di Bologna, in particolare, l'anima della storica e gloriosa Ingegneria Mineraria fortunatamente pervade ancora oggi l'offerta formativa del Corso di Studio in Ingegneria per l'ambiente e il territorio, insieme a discipline che possono essere ricondotte ad Ingegneria Civile e Chimica, oltre che alle Scienze di base. Questo è possibile grazie alle multiformi competenze che si ritrovano nel dipartimento responsabile dell'erogazione del corso, il Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM), che riunisce oltre cento ricercatori e docenti.

Il percorso negli ultimi dieci anni si è consolidato prevedendo una laurea e una laurea magistrale che comprende anche un curriculum internazionale erogato completamente in lingua inglese.

Il numero di matricole è cresciuto progressivamente e si è attestato intorno a un

centinaio per la laurea e una sessantina per la laurea magistrale, raggiungendo e superando le matricole del corso di Ingegneria civile, fatto che solo qualche anno fa sembrava impensabile. I meccanismi che governano queste dinamiche sono certamente complessi e vanno talvolta ricondotti anche al contesto sociale ed economico, ad esempio la crisi del comparto dell'edilizia che ha influito anche sul mercato del lavoro di tecnici e neolaureati e come conseguenza sulla appetibilità dei percorsi universitari collegati. Allo stesso tempo, è pur vero che l'attenzione alle tematiche ambientali è cresciuta, così come la necessità di tecnici che possano essere impiegati a progettare soluzioni alle problematiche all'intersezione tra attività antropiche e ambiente in senso lato. L'uso del verbo "progettare" è qui più che opportuno anche per sottolineare la sostanziale differenza tra i percorsi di ambito ingegneristico da quelli delle scienze naturali e ambientali.

Gli studenti sia della laurea di primo livello che di secondo livello provengono da tutta la penisola e da tutto il mondo, grazie al prestigio dell'Università più antica del mondo occidentale e alla attrattività della stessa città di Bologna. È da sottolineare, tuttavia, che il successo del Corso di Studio è certamente dovuto al fatto che offre un percorso che spazia, come detto, tra Ingegneria Civile, Chimica e Mineraria. Diversamente dalla maggior parte delle sedi universitarie vicine e lontane dove vengono erogati corsi della stessa classe di laurea, infatti, sono disponibili già dalla laurea di primo livello cosiddetti gruppi di scelta che permettono agli studenti di approfondire temi specifici. Nella laurea magistrale, in particolare, al secondo anno sono disponibili tre gruppi di esami da 36 crediti riferiti ai tre pilastri "Geoingegneria", "Protezione del suolo e del territorio" e "Tecniche e tecnologie ambientali". Gli studenti possono poi completare il loro piano di studi in maniera trasversale a questi gruppi sfruttando i corsi a scelta libera o le opportunità di tirocinio interne al dipartimento o esterne.

Sempre allo scopo di offrire una offerta formativa ampia e che risponda alle esigenze del mondo del lavoro, recentemente anche il curriculum internazionale della laurea magistrale, Earth Resources Engineering - ERE, avviato pionieristicamente ormai dieci anni fa e ancora sostanzialmente unico a livello nazionale, è stato arricchito da insegnamenti sulla economia circolare e la legislazione ambientale, oltre che da due percorsi paralleli al secondo anno: Anthropogenetic Landscapes Engineering e Raw Materials and Energy Transition Engineering. Parallelamente, sono stati perfezionati accordi che permettono l'ottenimento di doppi titoli con atenei europei (in Belgio e Svizzera) e statunitensi (in Florida). Le strette relazioni che intercorrono con questi

partner internazionali garantiscono una offerta formativa integrata, dinamica e altamente specialistica, ancora una volta nei diversi ambiti.

L'efficacia del percorso formativo che è stato costruito è testimoniata dalla soddisfazione dei laureati, che negli anni si è sempre mantenuta oltre il 90% e dal tasso di occupazione che a cinque anni dalla laurea magistrale raggiunge il 95%. Per mantenere e auspicabilmente migliorare questi numeri è necessario coltivare uno stretto contatto con la realtà produttiva e con gli enti che operano sul territorio, anticipando le esigenze che emergeranno nel contesto dei cambiamenti globali nel quale stiamo vivendo e nel quale dobbiamo consapevolmente operare.

## **OPPORTUNITÀ OFFERTE DAGLI SVILUPPI TECNICI E TECNOLOGICI**

Sarebbe molto complesso indagare in modo estensivo il tema delle opportunità che sono oggi offerte in questo ambito dai più recenti sviluppi tecnici e tecnologici: ci si limiterà ad accennare alcune considerazioni all'interfaccia degli specifici e vicini settori scientifici in cui operano i due autori (rispettivamente le scienze del Rilevamento, oggi meglio definite con il termine di Geomatica, e la Geologia Applicata).

Un primo aspetto da sottolineare è che oggi abbiamo a disposizione una molteplicità di soluzioni per mappare e monitorare il territorio e le problematiche ambientali, in una quantità e qualità che non hanno confronti con il passato. Se è vero che fin dall'antichità la mappatura del territorio è stata un elemento importante nelle attività umane, con ricadute determinanti per lo sviluppo economico, sociale e culturale dei popoli, e uno strumento essenziale per ogni intervento condotto sull'ambiente, la situazione di oggi offre opportunità che erano impensabili anche negli ultimi decenni del secolo scorso, e che hanno visto lo sviluppo rapido di una molteplicità di tecniche e tecnologie innovative assieme al drastico avanzamento di tecniche più antiche che nel mondo digitale ed informatico si sono totalmente rinnovate.

Prendere decisioni sul territorio significa oggi, nei paesi più sviluppati, avere il supporto di una base di dati importante che deriva da metodi e tecniche diverse ed opportunamente integrate tra loro. La precisione e l'accuratezza che sono associate ai dati ed alle informazioni che ne derivano hanno raggiunto livelli di assoluto rilievo, con una ricchezza di dati che sempre più di frequente sfocia nei cosiddetti "Big Data".

Un esempio emblematico è l'Osservazione della Terra mediante immagini satellitari. Nel 2022 abbiamo festeggiato i 50 anni di utilizzo del telerilevamento satellitare per scopi civili e di ricerca scientifica a partire dal primo satellite Landsat

lanciato dagli Stati Uniti; da allora i progressi sono stati enormi, come tutti noi possiamo sperimentare anche quotidianamente potendo avere accesso diretto e immediato, cosa impensabile fino a qualche decennio fa, ad immagini satellitari sul nostro computer o cellulare.

A questa tecnologia possiamo associare anche un significato particolare: normalmente quando monitoriamo le condizioni ambientali con tecniche tradizionali partiamo da un istante zero e da questo momento attiviamo le nostre metodiche di rilevamento sistematico. Con il dato satellitare invece abbiamo a disposizione ormai cinquant'anni di immagini pregresse, continuamente aggiornate, che ci consentono anche di tornare indietro nel tempo per condurre studi oggettivi sui cambiamenti intercorsi.

Una scelta significativa che ci coinvolge da vicino è che l'Unione Europea ha investito molto nel fornire gli strumenti per realizzare una base di conoscenza sull'Osservazione della Terra. Questo è stato realizzato con il programma Copernicus, concepito ormai 25 anni fa, che mette a disposizione di chiunque, e gratuitamente, immagini satellitari acquisite da satelliti lanciati e gestiti dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA), le Sentinelle, nonché prodotti e servizi generati a partire dalle loro immagini e da quelle derivanti dalle cosiddette Copernicus Contributing Missions.

Copernicus è il programma di Osservazione della Terra più ambizioso mai realizzato; fornisce informazioni accurate, tempestive e facilmente accessibili per migliorare la gestione dell'ambiente, comprendere e mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici e garantire la sicurezza civile.

Un esempio di prodotto e applicazione in questo ambito è stato il rilievo dei fenomeni franosi e alluvionali che hanno coinvolto l'isola di Ischia il 26 novembre 2022. In quel caso la Protezione Civile nazionale ha attivato il servizio di rapid mapping di Copernicus EMS (CEMS) per una prima mappatura del fenomeno e delle aree coinvolte basata sull'acquisizione del satellite Airbus Pléiades (EMSR643, Bollettino 164 European Union, Copernicus EMS, 2022). Successivamente è stata attivata anche la componente aerea per fornire immagini ad alta risoluzione e una mappatura più dettagliata. I prodotti sono stati utilizzati per indirizzare le attività di protezione civile e di pervenire ad una prima stima speditiva dell'area interessata, che conta 28,2 ha di superficie, 218 edifici e più di 300 persone coinvolte sulla base dei dati di CEMS Global Human Settlement Layer GHSL.

Anche l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) ha sviluppato e sta sviluppando missioni spaziali innovative, in particolare per sensori SAR ad alta risoluzione e sensori

iperspettrali, che possono avere ricadute applicative molto significative per il monitoraggio del territorio e dell'ambiente.

Sfruttando le possibilità offerte da questi dati satellitari, e l'integrazione con nuove tecniche e tecnologie geospaziali (si pensi per esempio all'uso di sistemi a scansione 3D da aereo, da drone o terrestri, o rilievi di posizionamento spaziale GNSS ad alta precisione, o rilievi fotogrammetrici), viene condotta dal nostro Dipartimento una ampia varietà di ricerche nel rilevamento e nel monitoraggio a diverse scale di indagine: dalla scala della singola infrastruttura a quella urbana, dalla scala di bacino a quella regionale o sovranazionale. Gli ambiti delle applicazioni sono i più svariati: dall'agricoltura di precisione alla mappatura e al monitoraggio dei disastri naturali o antropogenici, dalla classificazione dell'uso del suolo allo studio delle dinamiche di espansione delle città, dal monitoraggio di parametri ambientali al supporto degli studi sul cambiamento globale del clima.

Sono ricerche che incontrano molto interesse da parte degli studenti e che molto frequentemente vengono associate a tesi di Laurea o di Dottorato di Ricerca. Si tratta dunque di un nuovo paradigma che si apre e che certamente darà ai nostri studenti e a chiunque voglia cimentarsi su questo campo nuove opportunità; sta a noi rendere conosciute e consapevolmente fruibili queste opportunità soprattutto da parte di chi opera sul territorio a diverso titolo e livello.

Un secondo aspetto che si vuole sottolineare, e che si può collegare anche alla formazione, è che grazie alla diffusione di dati satellitari accessibili mediante la rete sono oggi possibili anche nuove forme di partecipazione collettiva alla mappatura del territorio e delle situazioni ambientali critiche causate per esempio da eventi catastrofici come terremoti, alluvioni e frane.

Vogliamo riportare qui l'esperienza che l'Area di Geomatica del DICAM sta compiendo a partire dal 2010, anno di uno dei tremendi terremoti che ha colpito Haiti: per la prima volta vi fu allora la possibilità di fare attività che vengono chiamate "crowdmapping", cioè mappatura partecipata, in cui i volontari di ogni parte del mondo - grazie al solo accesso ad immagini satellitari rese disponibili su Internet - possono contribuire a mappare aree del nostro pianeta che sono sprovviste o carenti di cartografia aggiornata, e fornire in questo modo le basi per una migliore protezione di queste zone e per il supporto nelle operazioni di soccorso nel caso di disastri ambientali.

Lo sforzo congiunto di migliaia di volontari sparsi per il mondo può produrre in poco tempo risultati che, per quanto speditivi e non strettamente rigorosi in termini

cartografici, sono fondamentali per gestire interventi sul territorio non sarebbero raggiungibili con le modalità tradizionali. Nel caso di Haiti, per esempio, immediatamente dopo l'evento, con un piccolo gruppo di docenti, dottorandi e studenti contribuimmo a mappare le strade interrotte e altre informazioni necessarie per i primi interventi di protezione civile.

A questo proposito, ogni anno svolgiamo due sessioni di un evento che si chiama Mapathon, una in italiano ed una in inglese (abbiamo molti studenti internazionali), in cui studenti o altre persone, anche cittadini comuni senza particolari basi tecniche, vengono istruiti su come collaborare in questo progetto, per formare una sorta di Wikipedia della cartografia che copra anche le molte parti del mondo che non sono ancora mappate, in genere per motivi economici e geopolitici. Ovviamente noi auspichiamo che i partecipanti possano poi continuare questa attività dopo e al di fuori dell'evento; anche questo può essere un piccolo esempio di come possiamo porci come università nel coniugare gli aspetti scientifici, tecnici e sociali nella formazione dei nostri studenti su aspetti ambientali e di gestione del territorio.

## **RIFERIMENTI**

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2019. Environmental Engineering for the 21st Century: Addressing Grand Challenges. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25121>.

European Space Agency: "Copernicus",  
[https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus)

UniBo Magazine: "MAPATHON: crowdmapping":  
<https://magazine.unibo.it/calendario/2022/06/07/mapathon-evento-di-mappatura-partecipata>