

Il problema della formazione delle élite scientifiche e culturali in Italia

di Rodolfo Zich

Tra le questioni di scottante attualità che si sono affacciate all'attenzione del mondo occidentale in questo ultimo decennio, quella relativa alla formazione delle élite scientifiche e culturali è sicuramente una delle più complesse e delicate, soprattutto a causa della presenza di numerosi elementi che possono facilmente condurre chi è chiamato a decidere le modalità e i contenuti dei percorsi formativi a interpretazioni e orientamenti propositivi per certi aspetti confusi (se non addirittura contraddittori).

Per chiarire e delimitare meglio il campo dell'analisi che cercherò di tracciare, vorrei da subito sottolineare come l'esperienza didattico-professionale e le competenze acquisite in questi anni mi inducano a considerare il problema della formazione così come dovrebbe essere recepito, in tutta la sua strategica importanza, dalle élite di tipo tecnico-scientifico (e soprattutto dagli ingegneri), la cui esistenza e vitalità, credo a buona ragione, andrebbero considerate in qualche modo rappresentative della più vasta categoria delle «élite scientifico-culturali», operanti sia nel nostro che in tutti i Paesi di capitalismo avanzato.

Proprio questo riferimento al grado di vitalità (e di connessa propensione progettuale) che sembra caratterizzare le élite tecnico-scientifiche presenti in Italia ci induce a riflettere – alla luce anche di quanto analogamente avviene negli Stati Uniti, in Francia e nel Re-

gno Unito – sulle possibili cause che potrebbero spiegare una certa crisi attuale dell'ingegneria (in quanto disciplina) e della formazione stessa degli ingegneri, non avvertibile nei decenni passati.

Come afferma anche K. Keniston «questa crisi risulterebbe evidente nelle scuole di ingegneria, sia attraverso i dubbi espressi nei *curricula*, sia attraverso la constatazione che gli ingegneri non occupano posizioni abbastanza importanti nel mondo industriale e nella società, sia attraverso i timori che il cambiamento portato dalla globalizzazione (soprattutto nella sua dimensione finanziaria) possa significare la distruzione delle tradizionali qualità positive e propositive dell'ingegneria»^{*}.

In Francia, scuole come l'Ecole Polytechnique avevano un tempo il primato non solo nell'innovazione tecnologica, ma forse, in misura ancora maggiore, nei settori industriali pubblici e privati. Oggi devono cedere il passo alla Scuola Nazionale di Amministrazione (ENA), e alle *grandes écoles* di management, in particolare l'HEC e l'ESSEC. I funzionari dell'Ecole Polytechnique stanno attualmente esplorando nuove vie per ridefinire la funzione delle scuole di ingegneria, nel tentativo di riaffermare e allargare la loro missione e la loro sfera di influenza.

Negli Stati Uniti, per esempio in un istituto prestigioso come il MIT, questi dubbi sui piani di studi sono molto diffusi. Da un lato il MIT, rispetto a qualsiasi università degli Stati Uniti, attira probabilmente il gruppo di studenti più scientificamente dotati; d'altro lato, tuttavia, si rileva che – anche in un momento storico in cui l'alta tecnologia diventa sempre più un elemento centrale – la leadership dell'industria americana si trova non tanto nelle mani dei laureati del MIT o di altre persone con formazione tecnica, quanto piuttosto in quelle di esperti di finanza e avvocati, laureati della Harvard Business School e della Stanford Law School. I laureati del MIT, quand'anche raggiungano posizioni manageriali, spesso arrivano al massimo alla carica di vicepresidente tecnico e non a quella di leader dell'impresa.

^{*} Kenneth Keniston (Massachusetts Institute of Technology, MIT) è stato relatore nell'ottobre 1996 al Politecnico di Torino, nell'ambito dell'attività dell'Istituto di Studi Superiori in Scienze Umane. Molte delle sue considerazioni allora formulate risultano ancora oggi pienamente condivisibili, dal momento che mettono in luce un problema ormai *generalizzato* relativo alla formazione delle élite tecnico-scientifiche.

Sorge allora inevitabilmente il dubbio se o in quale misura la preparazione impartita dal MIT, come dalle altre scuole di alta formazione delle élite tecnico-scientifiche europee, finisca per contribuire al possibile fallimento dei suoi laureati nel raggiungimento delle più alte posizioni di leadership. Come prima riflessione, all'origine di questi problemi è possibile certamente individuare, pur tra altri importanti fattori, ciò che chiamerei «crisi delle vocazioni» tecnico-scientifiche: un fenomeno a cui si tenta impropriamente di porre rimedio facendo ricorso all'utilizzo crescente di professionalità di tipo prevalentemente tecnico (un esempio emblematico in questo senso è fornito proprio dagli Stati Uniti).

Tuttavia, se è innegabile che la presenza e l'aumento qualitativo (e quantitativo) delle élite tecnico-scientifiche continuano a essere necessari – soprattutto in questa fase dello sviluppo del capitalismo industriale a livello globale – è parimenti importante comprendere più a fondo le ragioni di una tale crisi di identità e di vocazione degli ingegneri, poiché solo in questo modo si potranno adottare soluzioni di tipo formativo idonee a rilanciare il ruolo e la funzione di responsabilità che spetta in generale alle élite tecnico-scientifiche attuali e future.

A questo proposito, come afferma ancora Keniston ricordandoci la situazione statunitense, «una delle principali perplessità che è possibile riscontrare nei confronti della tradizionale formazione degli ingegneri è costituita dalla discussione costante (ma poco concludente) sulla riforma dei piani di studi, che viene oggi portata avanti nelle scuole di ingegneria americane. Le proposte e controproposte di possibili riforme sono innumerevoli e basate di solito su due aspetti. Il primo è che, data la vera e propria esplosione delle conoscenze, l'attuale piano di cinque anni sia troppo breve per consentire agli studenti di raggiungere una preparazione adeguata. Il secondo è rappresentato dal timore che vi sia qualcosa di negativo (o non abbastanza positivo) nel contenuto della formazione stessa agli effetti della preparazione intellettuale degli studenti per le posizioni di leadership nei settori industriali, sociali, politici e forse persino intellettuali».

Dietro queste preoccupazioni si collocano i grandi cambiamenti storici che hanno influenzato l'opinione pubblica nei confronti degli ingegneri, della loro formazione e in definitiva della moderna tecnologia nel suo insieme. Di tali cambiamenti quello più critico è la

consapevolezza crescente e ormai universale del fatto che le innovazioni tecnologiche possono avere – e spesso hanno – effetti negativi.

A partire da Hiroshima, e con sempre maggior forza, i critici, sia all'interno sia al di fuori della comunità scientifica e tecnica, hanno preso atto che, per la prima volta, l'umanità possiede la capacità tecnologica di cambiare e perfino distruggere il mondo. L'elenco degli attuali problemi e rischi è lungo e ben noto: guerra nucleare, inverno nucleare, piogge acide, riduzione della fascia di ozono, distruzione di specie viventi, sostanze chimiche tossiche, impoverimento della Terra, inquinamento dell'aria, avvelenamento delle acque, proliferazione di rifiuti pericolosi, riscaldamento globale e via dicendo. Tutti questi pericoli sono attribuiti agli effetti perversi della continua crescita delle capacità umane, resa possibile dalle tecnologie moderne.

Questi timori, ampiamente diffusi nel mondo occidentale tra la comunità intellettuale, l'opinione pubblica e i politici, hanno contribuito a minare la visione ottocentesca dell'ingegnere come figura eroica che conquistava lo spazio e soggiogava la natura.

È chiaro che da Hiroshima a Chernobyl l'entusiasmo pubblico per la tecnologia, e quindi per gli ingegneri in quanto personificazione delle sue più importanti caratteristiche, è andato diminuendo.

Non intendo di certo affermare che la maggior parte degli studenti e soprattutto dei docenti in istituti come il Politecnico di Torino, il MIT, il Technion israeliano, la Technische Hochschule, l'Ecole Polytechnique, o l'Imperial College siano essi stessi pieni di dubbi e di ansie. Voglio però sottolineare che il sostegno offerto dalla pubblica opinione all'ingegneria – all'*immagine culturale* dell'ingegneria – si è ridotto notevolmente, per la consapevolezza ormai acquisita che le potenti tecnologie moderne quasi sempre finiscono col produrre, oltre a conseguenze positive e desiderate, effetti non previsti e non auspicabili.

In ultima analisi, tuttavia, il fatto che le tecnologie possiedano un loro lato oscuro costituisce, per gli ingegneri dotati di capacità creative, un problema pratico piuttosto che intellettuale o concettuale. In altri termini, la risposta alle tecnologie dannose non dovrebbe essere ricercata nella loro abolizione, bensì nella loro sostituzione con tecnologie valide. Ad esempio, se gli attuali metodi di produzione dell'energia contribuiscono al riscaldamento atmosferico globale, gli ingegneri dovrebbero scoprire, attraverso la scienza e la tecnologia,

tecniche migliori in grado, se non di eliminare, di contenere il problema. Non si tratta, ribadisco, di un approccio filosofico, ma tecnico, che dovrebbe essere risolto attraverso un lavoro tenace, con l'impegno di ingegneri creativi armati di strumenti idonei, quali la scienza, la matematica e l'analisi costi-benefici.

Relativamente alla crisi del settore dell'ingegneria, sono convinto che, accanto al discusso aspetto della diminuzione di fiducia nei confronti della tecnologia, sia individuabile un secondo punto critico, riguardante in generale tutte le élite tecnico-scientifiche, di natura più profonda, più concettuale, in sostanza più filosofica. Esso colpisce le principali ipotesi intellettuali (di origine illuministica) su cui si fonda la moderna ingegneria, e costituisce una minaccia per le stesse basi concettuali su cui poggiava originariamente questa disciplina immensamente creativa e trasformativa.

Questo secondo problema potrebbe essere definito in termini di graduale erosione della fiducia nell'*algoritmo dell'ingegneria*, cioè in quel metodo di soluzione dei problemi che è il cuore stesso dell'ingegneria e di conseguenza della tecnologia moderna.

L'idea fondamentale che sta alla base della rivoluzione dell'ingegneria moderna, secondo quanto sostiene anche Keniston, è che «il mondo esterno può essere definito come una serie di problemi, ognuno dei quali può essere risolto grazie all'applicazione di teoremi scientifici e di principi matematici. Questo principio implica necessariamente una divisione metafisica del mondo in due regni. Il primo è quello dei problemi che possono essere risolti. Tuttavia, essendo tutti noi consapevoli che nella vita umana non ogni difficoltà può essere considerata problema in questi termini, esiste un secondo regno – definito in vari modi come 'il resto della vita', i 'valori' o la 'società' – che non rientra nei parametri dei problemi veri e propri e che quindi non ha rilevanza per l'ingegnere in quanto tale».

Per quanto riguarda i problemi degni del lavoro dell'ingegnere, si tratta in generale di questioni di natura complessa. Ciò significa che devono essere suddivisi – o analizzati – distinguendoli in componenti e problemi parziali più semplici, ognuno dei quali può essere risolto separatamente applicando principi scientifici e idee matematiche. Risolvendo correttamente tutti i problemi parziali e integrando quindi fra loro le soluzioni parziali, l'ingegnere arriva alla soluzione di problemi più vasti e complessi.

L'applicazione di principi scientifici appropriati a un problema reale porta a una risposta corretta. Si possono quindi classificare le soluzioni come giuste o sbagliate. Le soluzioni sbagliate possono essere dovute a una varietà di errori: ad esempio, l'inserimento di valori errati per le variabili di un'equazione, l'insufficiente conoscenza delle formule scientifiche richieste, la trascuratezza nei calcoli, l'applicazione del principio scientifico sbagliato al problema. Per imparare a evitare tali errori si richiede molta pratica, grande attenzione e precisione estrema.

Poiché il linguaggio della scienza è prevalentemente numerico, i veri problemi devono poter essere tradotti e risolti in termini quantitativi. La formazione degli ingegneri è necessariamente basata sulla matematica. Le questioni o le difficoltà che non possono essere quantificate non sono per definizione problemi reali. Le qualità che non possono essere misurate (ad esempio bellezza, giustizia sociale, grazia, pace, eleganza) devono essere escluse dai calcoli di ingegneria, anche se, per altri motivi, potrebbe essere auspicabile prenderle in considerazione.

Non tutti possono diventare buoni ingegneri. Le qualità necessarie a questo fine comprendono spiccate doti matematiche e scientifiche, predisposizione all'analisi, interesse per la precisione, abilità nell'identificare i principi scientifici che devono essere correttamente applicati a ogni problema.

Quando esistono queste capacità intrinseche, l'ingegneria può essere insegnata. Ciò avviene in primo luogo impartendo agli studenti i fondamentali principi matematici e scientifici, e successivamente addestrandoli nelle specifiche tecniche di *problem-solving* di un particolare settore dell'ingegneria. Il compito più difficile nella formazione ingegneristica è quello di insegnare agli studenti come scegliere il corretto principio scientifico da applicare a qualsiasi problema particolare e per questo occorre una continua e costante applicazione pratica. Si propone allo studente un problema – di tipo semplice, per iniziare – e gli si chiede di scegliere fra tutti i principi scientifici, proprio quello necessario per arrivare alla giusta soluzione. Questo metodo viene definito in inglese metodo dei *problem-sets* ed è il mezzo di istruzione maggiormente usato nella formazione ingegneristica degli Stati Uniti.

È assodato che gli ingegneri, nel corso della propria vita, si troveranno ad affrontare situazioni di grande importanza, che non pos-

sono essere considerare problemi secondo il concetto poc'anzi esposto. Gli studi formali di ingegneria possono fare ben poco per preparare gli studenti ad affrontare tali situazioni, a parte forse avvisarli del fatto che esse esistono. Fra quelli più spesso citati nelle scuole di ingegneria, vi sono i cosiddetti vincoli sociali e cioè i fattori psicologici, politici, etico-ambientali, economici, culturali, organizzativi e altri che possono «vincolare» l'ingegnere, limitando la sua capacità di applicazione della soluzione (giusta) che egli è in grado di trovare grazie alla formazione ricevuta.

Da questo deriva anche la convinzione che, nell'ipotetico caso di un mondo perfetto, dove non esistano questi vincoli, si potrebbero applicare di preferenza le soluzioni ingegneristiche. Si suppone però che gli ingegneri, in quanto tali, non possiedano alcuna attitudine o capacità di affrontare questi vincoli e che essi debbano, per quanto possibile, starne lontani.

L'algoritmo ingegneristico - quest'idea di applicare deliberatamente la scienza per risolvere determinati problemi pratici, e la metodologia correlata che insegna all'ingegnere come farlo - si è dimostrato essere una delle idee più rivoluzionarie e creative mai espresse. Questo principio, inserito nella pedagogia delle scuole di ingegneria e nella pratica stessa dell'ingegneria moderna, è stato la forza trainante che ha consentito una continua crescita del dominio dell'uomo sulla natura, che ha portato in questo secolo a trasformare la vita sul pianeta in misura molto maggiore di quanto sia mai accaduto in tutta la precedente storia dell'umanità.

Ciò detto, desidero ora approfondire alcuni aspetti. L'algoritmo ingegneristico definisce come irrilevanti, e quindi non inseribili tra i fattori indispensabili per la formazione degli ingegneri, tutti gli altri problemi, dilemmi e situazioni che non sono problemi secondo la definizione classica. Questa è naturalmente un'ipotesi deliberatamente riduttiva, che può apparire irragionevole a tutti coloro che operano in un mondo complesso e turbolento, pervaso da sentimenti umani ambigui, confusione organizzativa, conflitti politici, contraddizioni assurde e dilemmi non risolti. Si deve però ricordare che, fino all'incirca all'ultima generazione, l'algoritmo costituiva un'utile semplificazione, grazie alla quale gli ingegneri riuscivano, con un po' di tensione e di autoillusione, a perseguire la loro vocazione in modo creativo. Poiché gli ingegneri hanno tuttavia sempre dovuto tenere conto dell'aspetto definito «il resto del mondo», può

essere utile vedere come ciò sia avvenuto in passato.

In primis, è opportuno ricordare che all'inizio, in ambito sociale, gli ingegneri godevano di una posizione molto privilegiata, e in certi momenti, persino mitizzata. In America, gli ingegneri erano coloro che progettavano i canali e disegnavano le ferrovie che unirono il continente, che costruivano ponti, centrali, acciaierie e stabilimenti, che successivamente progettarono automobili, grattacieli e aerei, e che, attraverso la chimica moderna e la conquista della natura, riuscirono a diffondere un miglior tenore di vita. Anche se in America gli ingegneri non hanno mai raggiunto una posizione sociale così elevata come in Francia, per non parlare dell'Unione Sovietica (dove, fino all'avvento di Gorbaciov, essi costituivano oltre il 90% del Politburo), erano tenuti in alta considerazione dall'immaginario popolare e nella pubblica opinione la stima era sicura. Fino a tempi recenti, solo pochi intellettuali dissidenti – Carlisle in Inghilterra, Thoreau in America, alcuni poeti romantici nell'Europa continentale – hanno osato mettere in dubbio il *reale* valore della tecnologia e dei suoi adepti, gli ingegneri.

Il fatto di occupare una posizione *eroica* nell'immaginario collettivo aiuta chiaramente a convivere con le contraddizioni della professione. Ancora più importante era tuttavia il fatto che, nella loro attività pratica, gli ingegneri erano generalmente in grado di ignorare semplicemente «il resto del mondo». La necessità di affrontare dei vincoli, per quanto onnipresenti questi fossero, era considerato un compito da affidare ad altri: banchieri, speculatori e capitalisti trovavano le necessarie risorse finanziarie; esperti di marketing lavoravano per vendere il prodotto; pubblicitari e addetti alle pubbliche relazioni si occupavano della pubblica opinione, che in ogni caso era ampiamente positiva. Se vi era inquinamento a valle, questo era comunque il prezzo da pagare per il *progresso*, e i politici locali, sempre sensibili alle esigenze dell'occupazione, difficilmente avrebbero messo a rischio i posti di lavoro con norme che potessero danneggiare la produzione. Per quanto riguarda il problema attuale dei necessari compromessi fra fattori non misurabili, raramente in passato l'ingegnere doveva confrontarsi direttamente con esso. Il suo compito era quello di progettare qualcosa che funzionasse e che si potesse riparare in caso di guasto. E in ogni caso, poche e semplici regole empiriche erano in generale sufficienti per affrontare ciò che oggi richiederebbe una complessa analisi costi-benefici: gli

ingegneri cercavano di non usare materiali costosi e di progettare oggetti che durassero per un periodo di tempo ragionevole.

E ancora, un secolo fa gran parte degli ingegneri (soprattutto quelli statunitensi) erano professionisti indipendenti, o lavoravano per piccole imprese. Di norma, i loro incarichi potevano essere assolti con un minimo di consulenza e assistenza da parte di altri o, se vi erano altre persone coinvolte, queste erano o clienti o impiegati che traducevano in specifiche e disegni particolareggiati i progetti dell'ingegnere o si procuravano le misure che gli erano necessarie.

Certamente, un numero piccolo ma crescente di ingegneri cominciò a essere assunto da grandi aziende, all'interno di quelle che sarebbero poi diventate le direzioni di Ricerca e Sviluppo. Tuttavia all'inizio si trattava di pochi casi e di esperienze isolate; era quindi più facile continuare a cullarsi nell'illusione di non dover tenere conto dei fattori sociali.

Da due o tre generazioni, però, e con una sempre maggiore rapidità, la vita degli ingegneri ha cominciato a cambiare. In primo luogo, come ho già ricordato, in questi ultimi decenni si è deteriorata l'immagine pubblica degli ingegneri e della tecnologia.

Considerato un tempo un creativo *conquistador* della Natura, oggi l'ingegnere è più spesso visto come culturalmente poco preparato; inoltre, fatto ancora più importante, l'innovazione tecnologica, un tempo ritenuta semplicemente strumento per una vita migliore, è ora considerata come una delle principali cause di un degrado ambientale così esteso che, secondo alcuni, preannuncia addirittura la «morte della Natura».

In secondo luogo, l'attività quotidiana degli ingegneri è diventata più difficile, in quanto i prodotti che essi progettano sono sempre più complessi. Un semplice ponte diventa una struttura inserita in un sistema di autostrade; la macchina fotografica assomma in sé una miriade di funzioni automatiche, come l'autofocalizzazione, la riduzione dell'effetto per cui gli occhi virano al rosso, l'abbassamento al minimo delle vibrazioni ecc., un apparecchio con quattro *chip* di computer all'interno; la dinamo diventa un componente di un reattore nucleare collegato a una rete elettrica internazionale; l'aereo dei fratelli Wright, poco più complesso di una bicicletta, diventa il Boeing 747, con un milione di parti interconnesse.

Di conseguenza, l'«ingegnere solista», che progettava o inventava

un singolo prodotto dall'inizio alla fine, è oggi una rarità, sostituito dal team coordinato e interattivo di specialisti in ingegneria, che lavorano sul progetto elaborato di un componente che si inserisce in un sistema socio-tecnico complesso. La società, che un tempo rappresentava qualcosa che stava là fuori, ora è entrata nel posto di lavoro; anzi, la società stessa è il posto di lavoro.

Come conseguenza di tutto ciò si è verificato un altro cambiamento: a mano a mano che i sistemi tecnologici diventano più complessi e i loro componenti più strettamente correlati, il problema della ricerca dell'equilibrio fra fattori incommensurabili, un tempo marginale per l'ingegneria, si sposta al centro. Nella progettazione di un aeroplano moderno, il progettista deve prendere in considerazione la sicurezza rispetto alla velocità, all'affidabilità, ai costi, alla capacità, con un occhio anche alla riproducibilità, all'accettazione da parte del mercato e ai piani dei concorrenti esteri. Certamente ognuno di questi fattori, di per sé, potrebbe essere trasformato in un problema risolvibile con un algoritmo ingegneristico. Tuttavia, nulla nell'algoritmo consente all'ingegnere di trovare un equilibrio tra fattori diversi irrinunciabili, e che non possono essere rapportati fra loro secondo un unico parametro. Perfino l'analisi costi-rischi-benefici, che costituisce un tentativo di estendere l'algoritmo ingegneristico a situazioni decisionali complesse, quantificando variabili qualitative e finanziarie, finisce con il crollare quando si trova a dover massimizzare simultaneamente sia mele che arance.

Citando ancora Keniston «tutti quei *vincoli* che l'ingegnere poteva un tempo tranquillamente trascurare, sono ora entrati a far parte della sua attività. I problemi ambientali sono esempi classici di ciò che gli economisti definiscono fattori esterni, un elemento che gli ingegneri del passato raramente dovevano prendere in considerazione. Quando tuttavia la sicurezza e i livelli massimi delle emissioni stabiliti a Roma o Washington vengono imposti ai produttori di vetture a Torino o Detroit, sicurezza e inquinamento diventano i problemi dell'ingegnere automobilistico».

Trovare la migliore ubicazione di una centrale elettrica era un tempo compito di capitalisti, agenti immobiliari e politici, e in ogni caso le prime centrali elettriche erano ragionevolmente ubicate nel centro delle grandi città, vicino a coloro che avevano bisogno dell'energia. Oggi, invece, per l'ingegnere nucleare, la scelta del sito fa parte dei problemi di sua competenza. Ad esempio, per alcuni

aspetti, il centro di Genova o di Manhattan rappresenta un sito eccellente per l'installazione di reattori nucleari, considerate l'ampia disponibilità di acqua per il raffreddamento, le buone strutture di trasporto e la vicinanza agli utenti. Sarebbe tuttavia assurdo considerare oggi i potenziali rischi o impatti ambientali dei reattori nucleari unicamente come vincoli che per definizione impediscono agli ingegneri di fare quello che è giusto.

In passato, inoltre, l'impatto del lavoro degli ingegneri era in genere a livello locale: il ponte, la centrale elettrica, il motore a vapore o il biplano potevano essere progettati tenendo eventualmente conto della sola sensibilità di coloro che vivevano nell'ambiente immediatamente circostante. Se vi erano effetti collaterali negativi (un ponte che rovinava un panorama, un aeroporto rumoroso vicino a un'area residenziale, le emissioni di una fabbrica che inquinavano un fiume, il fumo che distruggeva la vegetazione a valle), gli eventuali danneggiati si trovavano all'interno di un'area limitata. Potevano essere tranquillizzati, risarciti, o accontentati su base strettamente locale.

Oggi, per contro, i sistemi tecnologici, e di conseguenza il lavoro stesso degli ingegneri, hanno in misura sempre maggiore effetti a livello globale. I giapponesi temono un'altra Chernobyl in Russia o in Ucraina, sia per il *fall out* radioattivo sul Giappone sia per il *fall out* politico che farebbe seguito a un altro importante incidente nucleare in Russia, e che potrebbe mettere a rischio i piani nucleari del Giappone, creando allarme nell'opinione pubblica del Paese, già molto sensibile al problema. La combustione del carbone nelle centrali elettriche della Ruhr distrugge gli alberi e inquina i laghi in Boemia. La distruzione della foresta pluviale amazzonica potrebbe ridurre la capacità della Terra di assorbire i gas che provocano l'effetto serra. La scelta della Cina di utilizzare centrali elettriche a carbone nella prossima generazione potrebbe aumentare il riscaldamento atmosferico globale. I test delle armi nucleari nel Pacifico meridionale e in Siberia hanno aumentato i livelli di stronzio 90 e iodio radioattivo nel latte in tutti i Paesi del mondo.

Ho tratteggiato un quadro a forti contrasti per paragonare l'ingegnere di un tempo e quello attuale, e questo perché desidero evidenziare un fatto. Si è verificato nel lavoro degli ingegneri un passaggio dalla semplicità alla complessità, dal lavoro come solista a quello in team, da dispositivi semplici a sistemi complessi, dall'ignorare aspetti conflittuali (o affrontarli con regole empiriche)

a doverli confrontare direttamente fra loro, dal lasciare che qualcun altro affronti i problemi esterni a vederseli piombare senza scampo al centro della propria attività lavorativa.

In misura sempre maggiore, Marconi ed Edison sono stati sostituiti dai grandi e anonimi team di progettisti alla Microsoft, ognuno dei quali sviluppa soltanto una parte della successiva versione di Windows. L'aspetto più importante di queste trasformazioni è che esse colpiscono il cuore stesso dell'algoritmo ingegneristico. Questo algoritmo, che è ancora utile per molti compiti, che si trova ancora nel cuore intellettuale del *curriculum* degli ingegneri, è tuttavia chiaramente irrilevante per queste nuove realtà del lavoro degli ingegneri. Tale fatto costituisce pertanto il nucleo intellettuale di quella che ho cercato dimostrare essere l'attuale crisi dell'ingegneria e, più in generale, delle élite tecnico-scientifiche del mondo industrializzato post-moderno.

A questo punto, quale atteggiamento propositivo assumere per fronteggiare – dal punto di vista delle ipotesi formative – tale crisi? Come trasformare ciò che potrebbe diventare un elemento di involuzione della funzione delle élite tecnico-scientifiche contemporanee in un fattore capace di rendere consapevoli queste ultime circa l'opportunità di ridefinire (in termini progettuali) il proprio ruolo nell'epoca della complessità sociale?

Credo che sia innegabile – e ho cercato prima di chiarirlo – come l'attuale evoluzione scientifica e culturale conduca automaticamente a ritenere insufficiente la sola «cultura tecnica e tecnologica» ed evidenzi, altresì, l'esigenza di favorire un sistema di saperi che si intersechino, dal momento che solo in questo contesto può nascere e operare efficacemente una moderna élite.

L'esempio del Politecnico di Torino, a questo riguardo, è emblematico: si è deciso infatti di creare un Istituto di Studi Superiori in Scienze Umane proprio al fine di consentire un maggior dialogo tra i diversi tipi di sapere e sulla scorta della profonda convinzione che, per risolvere positivamente l'evidente contraddizione tra il contesto sociale e la formazione dei moderni ingegneri – superando al contempo le difficoltà che i laureati tecnici incontrano nell'affrontare (in termini di sensibilità culturale) il mondo esterno – sia strategicamente indispensabile arrivare alla ridefinizione del profilo culturale e professionale dei futuri ingegneri, chiamati a operare in un ambito

che richiede competenze trasversali e un approccio tipico dell'ingegneria dell'informazione.

È necessario, in altre parole, introdurre gradualmente un diverso sistema di pensiero, che sviluppi una particolare attenzione nei confronti delle conoscenze globali e sappia trasmettere la capacità di convivere con le ambiguità moderne, di comprendere il contesto in cui ci si trova e di rapportarsi a esso. E, in effetti, i programmi e le proposte formative recentemente avanzate dalle istituzioni universitarie preposte alla preparazione delle future classi dirigenti scientifico-tecnologiche appaiono sempre più dirette a fornire un contributo migliorativo del fattore «qualità della vita» attraverso una doppia azione che, da un lato, sposta la ricerca prioritariamente sui risultati globali che si devono conseguire e, dall'altro lato, focalizza gli obiettivi specifici della stessa ricerca in quanto obiettivi funzionali, in grado cioè di inquadrarsi efficacemente all'interno del processo di evoluzione tecnologica grazie alla loro pertinenza sia al raggiungimento di livelli elevati di fruibilità globale dei risultati, sia al confronto con la presenza condizionante dei capitali (di rischio) investiti nella ricerca scientifica.

Va in ogni caso ricordato come la formazione delle élite scientifico-tecnologiche (e, più in generale, di tutte le élite) sia un processo non completamente codificabile, che si alimenta e precisa attraverso l'interazione tra fattori e stimoli culturali di diverse provenienze: interazione tanto più feconda quanto più frutto di un'elevata propensione alla mobilità degli attori in gioco (fattore purtroppo ancora scarso per gli operatori scientifico-tecnologici italiani) e – soprattutto – quanto più favorevole all'accoglimento di criteri di tipo meritocratico, intesi come valorizzazione della competenza e della capacità.

In altri termini, «fare cultura» scientifico-tecnologica significa necessariamente «aprirsi a tutti i livelli» e, accettando il metodo della concorrenza per conseguire risultati di eccellenza, dedicare maggior attenzione, rispetto al passato, in particolare alla dimensione socio-economica oltre che produttiva.

A questo proposito, ricordo che l'Unione Europea ha recentemente stanziato fondi destinati proprio a facilitare l'interazione tra le istituzioni per l'alta formazione scientifica e le diverse tipologie di soggetti economici operanti nel mercato; inoltre, nel maggio 1998 alcuni Paesi membri (Italia, Francia, Inghilterra e Germania) hanno

firmato un accordo finalizzato all'armonizzazione dei sistemi di formazione con lo scopo di perseguire i seguenti obiettivi:

- incrementare le conoscenze e, di conseguenza, il numero degli individui in grado di gestirle;
- valorizzare l'eccellenza, utilizzando le differenze di saperi in termini di stimoli culturali per la qualità dei risultati della ricerca scientifica.