

SIDERURGIA 2050: IL FUTURO È ADESSO





**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE**
HIC SUNT FUTURA



Carlo Bagnoli (UniVe), Franco Bonollo (UniPd), Andrea Cafarelli (UniUd), Franco Campagna (ConfUd), Mariapia Comand (UniUd), Lorenzo Fedrizzi (UniUd), Dino Feragotto (ConfUd), Alex Lanzutti (UniUd), Claudio Maranzana (Gruppo Cividale), Gianfranco Marconi (Gruppo Danieli), Anna Mareschi Danieli (ConfUd), Stefano Miani (UniUd), Angelo Montanari (UniUd), Giuliano Muzio (FBK), Michele Nencioni (ConfUd), Laura Pamini (Gruppo Pittini), Tommaso Piffer (UniUd), Mario Robiony (UniUd)



INDICE

Introduzione	7
1. Inquadramento storico: alcune note sulla siderurgia italiana	9
2. Il contesto geopolitico ed economico	21
2.1 Dalla fine del bipolarismo al nuovo ordine mondiale	21
2.2 Il quadro economico: serve un piano	25
2.3 La questione delle risorse	28
3. Digitalizzazione e sostenibilità dei processi	31
3.1 La digitalizzazione	32
3.2 La sostenibilità dei processi: l'energia	41
3.3 La sostenibilità dei processi: le materie prime	45
4. Formazione e dimensione sociale della fabbrica	51
4.1 Il ruolo della formazione	51
4.2 La fabbrica all'interno del territorio e della comunità	55
5. Conclusioni	61
Bibliografia	65



Introduzione

Il presente testo è il risultato del lavoro di un gruppo interdisciplinare riunitosi più volte nell'autunno del 2023, presso la sede di Confindustria Udine, allo scopo di riflettere sul futuro della siderurgia, e, più in generale, della metallurgia, in Triveneto, con un orizzonte temporale esteso al 2050. La prima bozza stesa nei primi mesi del 2024, è stata successivamente integrata e rifinita. Del gruppo fanno parte docenti universitari, esperti in discipline scientifiche (ingegneria e informatica), economiche e umanistiche, e persone che occupano ruoli di rilievo in ambito aziendale (Gruppo Danieli, Gruppo Pittini e Gruppo Cividale). Si è volutamente scelto un approccio multidisciplinare per poter trattare non solo tematiche di natura tecnica, ma anche questioni di carattere economico, sociale e politico. In particolare, si è cercato di immaginare come sarà il comparto nel 2050, strutturando l'attività su più livelli.

Si è partiti con una raccolta di idee molto libera da parte della platea multidisciplinare, seguita da una fase di focalizzazione sulle tematiche calde del settore, col contributo attivo di alcune persone che occupano ruoli di responsabilità in aziende rappresentative del territorio. Sulla scorta dell'approfondimento svolto, si è, infine, cercato di delineare il possibile futuro della siderurgia in Triveneto (e non solo).

Il rapporto è strutturato nel seguente modo. Il primo capitolo ricostruisce la storia della siderurgia italiana, mettendo in evidenza alcuni passaggi fondamentali. Il secondo capitolo delinea l'attuale contesto geopolitico ed economico, illustrando il processo che ha portato dalla fine del bipolarismo alla nascita di un nuovo ordine mondiale. Particolare attenzione viene riservata al quadro economico, con in primo piano la questione delle risorse. Il terzo capitolo tratta della digitalizzazione e della sostenibilità dei processi. Per quanto riguarda quest'ultima, vengono discusse le problematiche riguardanti da un lato l'energia e dall'altro le materie prime. Il quarto capitolo tocca i temi della formazione e della dimensione sociale della fabbrica. Nel quinto e ultimo capitolo vengono presentate alcune conclusioni. Il rapporto si chiude con la bibliografia.

An abstract geometric pattern composed of various shades of blue, ranging from dark navy to light sky blue. The pattern features a mix of sharp, angular shapes and smooth, curved forms, creating a complex, interlocking visual texture. The overall effect is modern and architectural.

1. Inquadramento storico: alcune note sulla siderurgia italiana

Perché ha senso la presenza di uno storico in un gruppo che riflette sul futuro della siderurgia? Cerchiamo di dare una sintetica risposta, riprendendo qualche passaggio di un'opera di Marc Bloch, che rappresenta un pilastro sul piano storiografico e metodologico, *Apologia della storia o Mestiere di storico*. Il volume si apre anch'esso con un quesito. Il figlio chiede al padre: Papà, ma allora a cosa serve la storia? Un interrogativo apparentemente semplice, eppure non scevro di responsabilità per lo storico francese, chiamato a legittimare la sua professione. Il lavoro dello storico è complesso, richiede una serie di competenze, tra cui la capacità di osservare e cogliere la complessità dei fenomeni, che in buona sostanza, come Bloch aveva appreso dal suo maestro, Henry Pirenne, vuol semplicemente dire "interessarsi alla vita". Bloch sostiene che la storia è importante perché ci aiuta a comprendere il presente e porre le basi per costruire il futuro. In altre parole, la storia ci fornisce informazioni sul passato, che possono aiutare a capire le cause dei problemi attuali e a trovare delle soluzioni. Infine, la storia ci ispira a costruire un futuro migliore, facendo, se possibile, tesoro degli errori commessi.

Se quindi la storia ha una qualche utilità, come usarla per guardare al futuro della siderurgia? Un'originale chiave di lettura viene da un volume di Jared Diamond, considerato il massimo esperto mondiale, non del comparto siderurgico, ma della flora e della fauna della Nuova Guinea. Il lavoro, risultato vincitore nel 1998 del Premio Pulitzer per la saggistica, porta questo curioso titolo: *"Armi, acciaio e malattie"*. Breve storia del mondo negli ultimi tredicimila anni. È un contributo interessante in quanto affronta di petto un problema centrale della nostra storia: perché gli europei e gli asiatici hanno dominato quasi tutto il pianeta, e non gli africani, gli americani nativi o altri popoli ancora? Perché alcuni popoli sono più ricchi di altri? La tentazione di rispondere tirando in ballo gli uomini e le loro presunte attitudini è forte, ma tale spiegazione va respinta, dice Diamond, perché è sbagliata e non regge a un esame scientifico. La combinazione di armi-acciaio-malattie, ossia la somma di superiorità militare, maggiore efficienza tecnologica e maggiore capacità di resistere ai patogeni, è per l'autore la triade vincente alla base dell'espansione coloniale degli europei tra XV e XIX secolo.

Pensiamo al processo di industrializzazione del nostro Paese. Esso è scandito da tappe che hanno come protagonista la siderurgia, o, meglio, la "grande siderurgia", come hanno ampiamente illustrato i lavori di autorevoli studiosi, da Rosario Romeo a Luigi De Rosa, da Giorgio Mori a Paolo Pecorari. L'acciaio ha sempre rappresentato, e continua a rappresentare, un prodotto strategico, in grado di catalizzare i processi di sviluppo e di competitività. Non a caso l'industria italiana ha sempre avuto bisogno di acciaio, che ha rappresentato, assieme al "carbone bianco", ossia l'energia

elettrica, l'elemento su cui il nostro Paese ha costruito le precondizioni allo sviluppo industriale.

Oggi, come un secolo fa, l'acciaio è fra i materiali più diffusi al mondo, secondo solo al cemento, e trova impiego in tutti gli ambiti economici e produttivi, dall'industria pesante all'elettronica, dalla meccanica all'edilizia, dalla chimica all'ICT. Basti ricordare che nel 2022, anno di crisi, con un fatturato totale della parte alta della filiera (utilizzatori esclusi) che ha superato i 79 miliardi di euro, l'industria siderurgica italiana ha concorso direttamente al fatturato manifatturiero del Paese per il 3,5% e, indirettamente, per circa il 40%, attraverso i settori utilizzatori della produzione siderurgica.

E ciò – si badi – nonostante la siderurgia per l'Italia non sia, com'è noto, un'industria naturale: non abbiamo né significativi giacimenti di minerali di ferro né combustibili fossili, né rottami in abbondanza né energia a basso costo. Tali carenze peraltro sono ben evidenziate nel volume curato da Franco Bonelli, Acciaio per l'industrializzazione. Contributo allo studio del problema siderurgico italiano, Torino, Einaudi, 1982, come pure nel saggio di Mario Robiony su Oscar Sinigaglia: la siderurgia a servizio del Paese, pubblicato nel 2012 su "Storia economica".

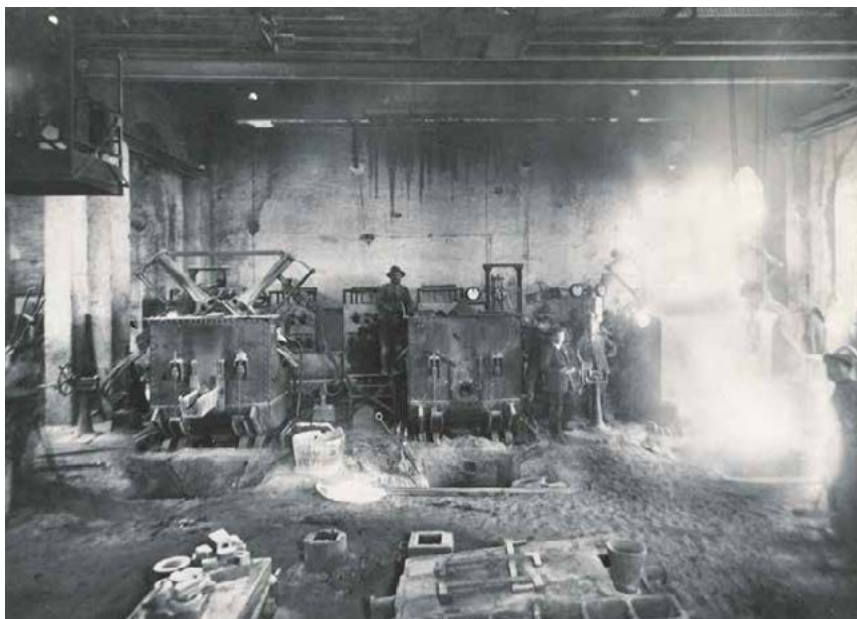


Figura 1: Un'acciaieria del 1914.

Non è un caso che la nascita del primo nucleo storico della grande industria italiana, negli anni '80 dell'800, sia scandita dalla costituzione della Terni, società privata, espressione del capitalismo veneto, ma sorta con il contributo determinante, diretto e indiretto, dello Stato, che per sopperire a queste carenze e consentire la nascita del comparto avvierà addirittura una "svolta protezionistica", sancita dalla tariffa doganale del 1887 e dalla guerra commerciale con la Francia. La nascita della Terni è, infatti, funzionale non solo allo sviluppo del progetto di espansione coloniale e di potenziamento della Regia marina, voluto da Benedetto Brin, ma anche all'espansione dei comparti sui quali poggerà lo sviluppo della grande industria italiana: meccanica, cantieristica, elettrica e chimica. Al riguardo, si osservi pure il percorso di industrializzazione degli altri Paesi cosiddetti late comer. Che cosa ha rappresentato la siderurgia per la crescita industriale degli USA (Alfred Chandler vi ha costruito il suo modello di large company), della Francia, del Belgio e, soprattutto, della Germania, che, nata dopo la sconfitta di Napoleone III a Sedan, costruì la sua potenza industriale giovandosi dei ricchi giacimenti minerari (ferro e carbone) dell'Alsazia e della Lorena, regioni strappate alla Francia. Non paia casuale il fatto che Strasburgo, capitale dell'Alsazia, dopo aver cambiato nazionalità per 4 volte in 70 anni, sia divenuta simbolo del processo di unificazione europea, ospitando nel 1952 l'Assemblea della Comunità europea del carbone e dell'acciaio (CECA).

Pensate ancora all'età giolittiana, fase di grande espansione economica. La siderurgia continua a essere la grande protagonista e, con essa, lo Stato, il cui sostegno rappresenta e continuerà a rappresentare in misura crescente un co-fattore imprescindibile, una sorta di denominatore non comune all'intero comparto. L'Ilva nasce in quel contesto (1905) e così pure l'Elba (1899), che avvierà qualche anno dopo la costruzione del grande stabilimento a Portoferraio e il sistematico sfruttamento dei giacimenti elbani di magnetite, ematite, limonite, siderite e pirite. Assieme alla Terni, Ilva ed Elba formeranno il trust siderurgico, sorretto dalle commesse statali e dalle grandi banche miste, Banca commerciale e Credito italiano in testa. Ma l'esperienza siderurgica italiana in questo periodo non si esaurisce nell'attività delle aziende citate, trovando, soprattutto in area lombarda, un fertile terreno dove proliferare, grazie all'iniziativa di abili imprenditori, che si giovano dell'utilizzo di rottami ferrosi, liberando gli impianti dal vincolo dell'ubicazione nei pressi dei giacimenti o lungo la fascia costiera.

È questo il caso sia della Dalmine di Bergamo, sorta nel 1906 come filiale della Società tubi Mannesmann di Düsseldorf, sia delle Acciaierie e ferriere lombarde, fondata sempre nel 1906 da Giorgio Enrico Falck. In questo contesto si scorgono nitidamente i dualismi che hanno caratterizzato per decenni e caratterizzano ancor oggi il comparto. Ci si riferisce alla dicotomia tra imprese 'padane', spesso molto frammentate, strettamente connesse con il tessuto industriale che si sta sviluppando localmente, e società 'tirreniche', più legate a capitali pubblici e alla prospettiva di avviare grandi stabilimenti moderni a ciclo integrale. Non possono non essere citate

poi quelle imprese, che, pur sorte in altri settori industriali, si pensi all'Ansaldo, alla Breda e alla Fiat, decisero ad un certo punto di sviluppare impianti propri, nell'ottica di una completa autonomia verticale.

Per non dire degli anni '30 quando con l'IRI nasce lo "Stato banchiere e imprenditore". Non è un caso che la prima grande sub-holding dell'Istituto, sorta nel 1937, sia proprio la Finsider e che il primo piano autarchico, elaborato con il contributo fondamentale di Agostino Rocca, riguardi proprio la siderurgia integrale e l'incremento della produzione di acciaio, quest'ultimo funzionale a sostenere lo sforzo bellico. In questo contesto matura, ad esempio, l'idea di costruire l'impianto ligure di Cornigliano (con capacità di 300.000 tonnellate di acciaio annue), giudicato tuttavia ancora troppo piccolo per essere veramente economico, ma che risulta così all'avanguardia da finire smantellato dai tedeschi nel 1943, prima ancora di entrare in funzione. Lo stabilimento della SIAC (Società Italiana Acciaierie di Cornigliano), di proprietà del gruppo Ansaldo, ma finito nella galassia dell'Istituto pubblico guidato da Donato Menichella, verrà ricostruito nel dopoguerra e sarà protagonista della ricostruzione e della rinascita economica del nostro Paese. La sua parabola è di grande interesse, tant'è che Franco Bonelli osserva come esso rappresenti "un campo di osservazione essenziale ai fini dell'impianto analitico dell'intera storia della siderurgia italiana e, quindi, anche di una sua interpretazione complessiva".

Ma andiamo al miracolo economico: il periodo più intenso di sviluppo industriale che il nostro Paese abbia mai conosciuto. Un decennio caratterizzato da una straordinaria combinazione di fattori: investimenti produttivi elevati, stabilità monetaria ed equilibrio nei conti con l'estero. Tutti sanno che cosa ha rappresentato, anche in una prospettiva di lungo periodo, il Piano Sinigaglia, finanziato anche con fondi dell'European Recovery Plan, più noto come Piano Marshall. Per inciso, oggi stiamo ragionando sul futuro della siderurgia nell'ambito del PNRR, National Recovery and Resilience Plan. Non è banale che un piano di recovery poggi, oggi come allora, sulla siderurgia. Il Piano di ricostruzione e di razionalizzazione degli stabilimenti siderurgici della Finsider si poneva l'obiettivo di creare un'efficiente siderurgia nazionale, ristrutturando i tre stabilimenti a ciclo integrale, di cui Cornigliano rappresentava l'investimento più importante. L'idea era di forzare il teorema ricardiano dei costi comparati, trasformando un Paese per il quale la siderurgia non è un'industria naturale in esportatore netto di prodotti siderurgici.

Non è un caso che attorno alla siderurgia si siano coagulate molte delle contraddizioni dello sviluppo industriale italiano.

In un breve ma incisivo saggio pubblicato nel 1946, intitolato Note per la siderurgia italiana, Oscar Sinigaglia fissò proprio i termini storici del "problema siderurgico italiano", riconducendone origini e cause a una questione di scelte tecnologiche e di soluzioni impiantistiche. L'arretratezza della siderurgia italiana, la sua incapacità a svolgere il ruolo che le competeva nel processo d'industrializzazione - cioè fornire acciaio a prezzi internazionali ai settori utilizzatori - andavano legate, secondo

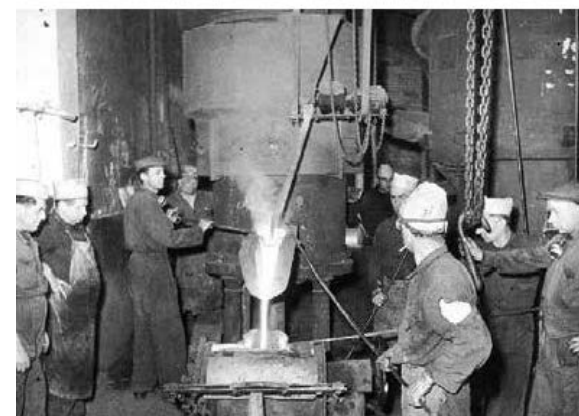


Figura 2: Le acciaierie negli anni 1940 - 1960.

il presidente della Finsider, con i ritardi e le incoerenze nell'adozione del processo produttivo "a ciclo integrale". L'apporto delle Note, peraltro, "è andato oltre la semplice proposta di metodo" e si è concretato "in una precisa indicazione del momento in cui il problema siderurgico italiano avrebbe assunto la natura e le dimensioni diagnosticate". Sotto questo profilo, Sinigaglia non aveva dubbi: "gli errori decisivi, quali che ne fossero le cause, erano stati commessi agli inizi del secolo, nel momento stesso in cui, con un'imponente mobilitazione di risorse finanziarie e con progetti avveniristici, si erano formate le strutture che avrebbero dovuto consentire all'Italia di produrre acciaio direttamente dal minerale, secondo i più avanzati standard europei". "Sorti in luoghi sbagliati o con requisiti tecnici inadeguati allo scopo cui dovevano assolvere, questi impianti e le imprese che li gestivano avrebbero continuato a vivere stentatamente, incapaci di emanciparsi dalle misure di protezione e di sostegno di cui pure lo Stato sarebbe stato prodigo. Per lungo tempo, l'organizzazione del settore sarebbe così rimasta inchiodata ai problemi di partenza: soprattutto, il giudizio di inadeguatezza, che avrebbe dovuto riguardare questi impianti e le modalità del loro funzionamento, sarebbe stato erroneamente trasferito alla formula tecnica che essi applicavano" (Carparelli). Un equivoco questo che avrebbe compromesso decenni di sviluppo siderurgico e - considerata l'importanza di questo settore per le restanti parti del sistema industriale - di sviluppo economico tout court. Si consideri in proposito che nel 1950 l'Italia contava 210 aziende siderurgiche per un totale di 259 stabilimenti. Ciò nonostante, i dieci "campioni" nazionali, ossia Ilva, Falck, Ferriere Fiat, Dalmine, Terni, Breda, SIAC, Cogne, Redaelli e La Magona d'Italia, coprivano nel complesso il 92% della produzione di ghisa, il 90% di acciaio e l'87% di prodotti laminati. Un Paese che si sviluppa ha bisogno - lo sappiamo - di materie prime, energia e infrastrutture. Proviamo a porre l'attenzione a ciò che avviene nel torno di un decennio (1953-1962): nel 1953 entra in funzione la nuova acciaieria della SIAC a Cornigliano; nello stesso anno nasce l'ENI, eventi che coincidono con l'avvio della produzione automobilistica di massa della Fiat con il potenziamento dello stabilimento di Mirafiori; nel 1955 viene varato il piano decennale dell'IRI per il potenziamento della rete autostradale; nel 1959 si decide di costruire il quarto polo siderurgico a Taranto e il Comitato Nazionale dell'Energia Nucleare (CNEN) diretto da Felice Ippolito approva la realizzazione di tre impianti nucleari (Trino, Garigliano e Latina); nel 1961, dalla fusione di Cornigliano e Ilva, nasce l'Italsider, mentre nel 1962 prendono vita l'ENEL, a compimento del progetto di nazionalizzazione del comparto, e EFIM, costituito per coordinare, nell'ambito del sistema delle partecipazioni statali, l'attività di 6 comparti considerati strategici per l'economia italiana: alluminio, aeronautica, mezzi di difesa, mezzi di trasporto su rotaia e su gomma, vetro e impiantistica.

Noterete che si sono lasciati fuori i trattati di Roma del 1957. Lo abbiamo fatto di proposito per ricordare che la Comunità Economica Europea (CEE) è preceduta, non casualmente, dalla nascita della Comunità Europea del Carbone e Acciaio (CECA)

(1951). La cooperazione limitata al settore del carbone e dell'acciaio non è una scelta casuale: i bacini della Ruhr e della Saar, da secoli contesi da Francia e Germania, costituivano una delle preoccupazioni maggiori per l'Europa insieme all'assetto militare del continente. La soluzione verrà individuata proprio nella creazione e sviluppo di una difesa comune del territorio (Comunità europea di difesa) e nella gestione europea dell'industria siderurgica. Un compromesso necessario per contribuire, come sancirà l'articolo 2 del trattato, "all'espansione economica, all'incremento dell'occupazione e al miglioramento del tenore di vita".

Tornando al quesito di partenza, perché mai guardare al passato, quando siamo proiettati al futuro? Perché i nuovi problemi non possono essere affrontati prescindendo da una prospettiva storica, tanto più se riflettiamo sulle trasformazioni di lungo periodo del comparto.

Si pensi al tema degli acciai speciali, di grandissima attualità, sempre più richiesti da una varietà di comparti industriali. L'acciaio inox è oggi un materiale essenziale: ci circonda nella vita quotidiana e ci vede tra i primi 10 produttori mondiali. Possiamo guardare al suo futuro senza tenere conto che già nel 1821 l'inglese Henry Bessemer aveva scoperto che l'aggiunta di cromo ne migliorava la resistenza alla corrosione? Possiamo ignorare gli studi sul processo di ossigeno-combustione, che hanno rivoluzionato alla fine degli anni Cinquanta la produzione dell'acciaio inossidabile? Si consideri che nel nostro Paese la produzione di acciaio con processo a ossigeno (LD) iniziò nel 1964 a Bagnoli e a Taranto; nel 1968, quattro anni dopo, il 29% dell'acciaio nazionale era ottenuto con questo sistema.

Per non dire dell'elettrosiderurgia, di cui si è a lungo discusso. L'elettrosiderurgia è forse l'unica innovazione tecnologica destinata a vivere più di un secolo, per arrivare fino a oggi. Nasce alla fine del XIX secolo, quando Ernesto Stassano brevettò un forno elettrico per la produzione dell'acciaio, dando inizio a un lavoro di sperimentazione che troverà in Giuseppe Orlando, ingegnere e imprenditore, uno dei pionieri nell'utilizzo dell'elettricità nella produzione dell'acciaio. Se oggi l'elettrosiderurgia rappresenta circa l'80% della produzione di acciaio è perché vi fu chi già all'inizio del '900 intuì che era più efficiente, produceva acciaio di migliore qualità ed era più flessibile, in quanto poteva essere utilizzata per produrre diversi tipi di acciaio. Peraltro, lo sviluppo dei forni elettrici ha alimentato il tema della sensibilità ambientale e della "decarbonizzazione", termine che venne usato per la prima volta negli anni '60. E, ancora, la colata continua. Luigi Danielli inizia a studiare la colata continua all'inizio degli anni '50 quando, dovendo occuparsi della modernizzazione della Safau, si pose il problema di trovare il sistema di "produrre un pezzo lungo anziché tanti pezzettini piccoli". Nel 1961, con Emilio Riva, lavora a un progetto di colata continua curva e nel giugno del 1964 il nuovo impianto entra in funzione per la prima volta a Caronno Pertusella: un'innovazione che rappresenta un significativo passo avanti dal punto di vista produttivo perché consente di abbandonare i lingotti di dimensioni ridotte - da laminare a caldo in appositi treni sbazzatori per ottenere i semipro-

dotti (billette) destinate a successiva laminazione di prodotti finiti o a forgiatura - e di ottenere, invece, le billette direttamente dall'acciaio liquido, migliorando così la resa del ciclo produttivo e riducendo notevolmente i costi.

Quando nasce il concetto di minimill? Il termine minimill diviene di uso comune all'inizio degli anni '70, quando, grazie all'introduzione sempre più massiccia della colata continua e ai grandissimi vantaggi da essa derivanti, si comprende che quelle piccole unità produttive avrebbero potuto occupare spazi meno angusti del mercato siderurgico, fino al punto di arrivare a competere per alcune tipologie di prodotti (laminati lunghi) anche con gli impianti a ciclo integrale. Guarda caso ciò accade quando l'Europa, all'epoca il più grande produttore mondiale di acciaio, viene travolta dalla più grave crisi energetica del dopoguerra, dal ciclone prodotto dal crollo del sistema di cambi fissi e dall'avvento dei "newly industrializing countries". In questo contesto, in cui si collocano, peraltro, il fallimento del quinto polo siderurgico (Gioia Tauro) e i costosissimi e inefficaci piani di ristrutturazione dell'Italsider e, più in generale, la crisi della siderurgia integrale, le min acciaierie rappresentano un'efficace risposta alle difficoltà della siderurgia integrale e alle politiche di decrescita produttiva della CEE, culminate in quel contesto nella crisi dello stabilimento di Bagnoli: il modernissimo treno coils, costato 800 miliardi di lire, venne smantellato e svenduto ai cinesi dopo 5 anni per una ventina di miliardi. Sono i prodromi del Piano per il risanamento della siderurgia a partecipazione statale (1987), che prevede la liquidazione della società e la creazione di una nuova, l'ILVA s.p.a, in cui confluirono gli impianti efficienti e le produzioni destinate a settori profittevoli che originariamente facevano capo alla Finsider.

Si pensi altresì alle innovazioni che hanno cambiato il volto della siderurgia mondiale. Nella seconda metà dell'Ottocento la siderurgia è rivoluzionata da una serie di nuovi processi volti a produrre acciaio allo stato liquido in quantità e qualità adeguate alle crescenti richieste del mercato. I processi, destinati a monopolizzare il settore per circa un secolo, prendono il nome degli inventori. Che cosa hanno rappresentato il forno Martin-Siemens e i convertitori Bessemer e Thomas per la siderurgia? Cercando di dare risposta a queste domande tornano alla mente quelle "ondate di distruzione creatrice" che sono al centro della teoria di Schumpeter sui cicli di lunga durata nello sviluppo economico. Quelle profonde trasformazioni, che è lecito definire mutamenti di paradigma tecnico-economico o rivoluzioni tecnologiche. A ben vedere, la recente pandemia come pure la crisi energetica e la conseguente recessione economica hanno intensificato una sorta di processo di distruzione creativa, accelerando un trend la cui evoluzione sarebbe prevedibilmente durata molti anni, anziché pochi mesi, fungendo da catalizzatore di un processo già in atto, funzionale alla creazione di un'economia più verde e più resiliente.

Probabilmente il settore dell'acciaio sta entrando in una nuova era. Siamo nuovamente di fronte a fasci di innovazioni che potrebbero cambiare in breve tempo, come è avvenuto in passato, il volto della siderurgia mondiale: robotica, intelligenza



Figura 3: Le acciaierie negli anni 1960 - 1980.

artificiale, IoT, l'utilizzo di materiali sostitutivi, la fabbricazione additiva. Questi sono alcuni dei tratti della nuova industria 5.0, quella che chiamano una collaborative industry, ossia un modello di impresa caratterizzato dalla cooperazione tra macchine ed esseri umani, con il fine ultimo di dare un valore aggiunto alla produzione, creando prodotti personalizzati che rispettino le esigenze dei consumatori. Le nuove tecnologie stanno, infatti, guidando la siderurgia verso un futuro che ha come principali obiettivi il miglioramento dell'efficienza degli impianti, la sicurezza degli operatori delle linee produttive, la sostenibilità e la qualità del prodotto. Siamo di fronte a una nuova curva della storia. Non è certo la prima che la siderurgia deve superare, facendo leva sulla sua innegabile vocazione al progresso e sulla sua capacità di resilienza: la stessa dimostrata dalla siderurgia lombarda nel Novecento di fronte all'assalto monopolizzatore delle grandi società nazionali e internazionali.

Anche se l'industria o il capitalismo non vanno considerati alla stregua di un software interessato da periodici upgrade (siamo giunti all'Industria 5.0 e al quinto capitalismo), è indiscutibile che il futuro della siderurgia sarà caratterizzato da una serie di tendenze, in riferimento alle quali qualcuno ha parlato di transizioni gemelle "digitale e green", ma anche, non è un paradosso, di tendenze verso un comparto sempre più resiliente e sempre più umanocentrico: tendenze che non possono essere correttamente lette senza considerare il ruolo che il comparto ha assunto negli ultimi 150 anni. Del resto, pensare a un futuro senza siderurgia significa immaginare il secondo Paese manifatturiero d'Europa che rinuncia alla sua vocazione. Se oggi, come afferma Antonio Gozzi, siamo i siderurgici più green d'Europa e ciò consente all'Italia di essere il Paese dell'Unione con la più alta percentuale di produzione di acciaio decarbonizzato e di rivendicare ai tavoli europei con forza questo primato, la ragione non va certo ricercata nelle scelte compiute negli ultimi anni. Tale primato nasce dalla capacità di trasformare debolezze in punti di forza, di fare di necessità virtù; di sfruttare le nostre più importanti risorse, l'ingegno, la creatività, la coesione, nei momenti di difficoltà.

Dopo la fine della seconda guerra mondiale, in un Paese che, uscito sconfitto e duramente provato dallo sforzo bellico, si avviava alla ricostruzione, la domanda di acciaio crebbe in modo esponenziale e si dovette fare i conti con un'offerta nazionale ridotta all'osso dai danni subiti dagli impianti. La scelta del forno elettrico fu in qualche modo obbligata e favorita dai più contenuti investimenti in impianti e dalla grande disponibilità di rottame ferroso del dopoguerra, ma anche dal rischio di una strozzatura nella bilancia dei pagamenti.

La nostra competitività si è storicamente basata su una combinazione di cofattori, che oggi suonano straordinariamente attuali:

- un alto tasso di innovazione, di prodotto e di processo – abbiamo, come si è detto, fatto di necessità virtù, posizionandoci anche su nicchie di mercato a

maggior redditività. Gli stessi dualismi presenti nel comparto hanno, a ben vedere, innescato un circolo virtuoso;

- il sostegno ai comparti core dell'industria italiana. L'acciaio è una delle materie prime utilizzate dai comparti più dinamici, a cominciare dalla meccanica. Oscar Sinigaglia diceva che "non esiste una meccanica forte senza una siderurgia forte" e dello stesso avviso era Giovanni Falk, che concepiva la siderurgia in funzione della meccanica;
- la qualità del prodotto e la capacità di riciclo. Un punto di forza dell'industria siderurgica – e di quella italiana in particolare – è certamente la formidabile "circolarità" dell'acciaio, materiale riciclabile al 100% e per cicli multipli senza perdita delle proprietà. La siderurgia italiana si è progressivamente orientata verso prodotti di qualità, con acciai speciali, di nicchia e con processi di lavorazione che sono sempre meno a ciclo continuo, propri dell'industria pesante, e sempre più vicini alle catene "specialized supplier", su commessa;
- la ricerca e formazione. Si è sempre cercato di investire nelle competenze, soprattutto di tipo ingegneristico, e in figure professionali esperte, in grado dominare, e non subire, la tecnologia e ciò fin dall'800. La Terni nasce nell'1884, ma inizia a operare nel 1886; nel frattempo nel 1885 viene attivato in Italia a Torino il primo corso di ingegneria dei metalli. Il vero fattore competitivo è stato e sarà la formazione degli individui. Creatività e livelli culturali elevati sono stati e continueranno a essere la base su cui costruire un sistema efficiente. Ha ragione Giovanni Arvedi quando scrive: "L'Italia è un Paese privo di miniere, la nostra miniera è nella nostra testa e nella capacità di offrire prodotti nuovi, eccellenti a costi competitivi". "Questa qualità non s'improvvisa; può essere solo frutto di anni di ricerca, di collaborazione con università e centri specializzati". Fa riflettere che in un Paese di poeti e letterati, con università dalla plurisecolare tradizione, il primo Ateneo nella ranking list mondiale sia il Politecnico di Milano, che produsse i primi 25 laureati nel 1865;
- la flessibilità produttiva e l'intersettorialità abbiamo compreso, spesso a caro prezzo, che un'azienda per essere resiliente e sostenibile deve essere facilmente riconfigurabile, ampliando la propria rete e creando con essa un ecosistema intersettoriale. Basterebbe studiare la storia dell'Ansaldo per capire che ciò si traduce in pratica da quasi due secoli.

Oltre ai corposi volumi sulla Storia dell'Iri, utili indicazioni sull'evoluzione del comparto in Italia si possono trovare nei numerosi testi riportati in coda a questo rapporto, che costituiscono una bibliografia minima di riferimento.



2. Il contesto geopolitico ed economico

Alla breve storia della siderurgia italiana non possiamo non affiancare una riflessione sull'attuale contesto geopolitico ed economico. Nonostante il succedersi di eventi e situazioni spesso imprevedibili, riteniamo possibile individuare alcuni elementi distintivi.

2.1 Dalla fine del bipolarismo al nuovo ordine mondiale

Fra le numerose eredità della guerra fredda vi è anche l'utilizzo della metafora della "guerra fredda" per descrivere le più diverse situazioni di tensione internazionale sorte dopo la caduta del muro di Berlino nel 1989: ad esempio quelle tra Stati Uniti e Cina o quelle tra Stati Uniti e Federazione Russa dopo l'aggressione armata di quest'ultima all'Ucraina nel febbraio del 2022. Si tratta di un'immagine indubbiamente efficace dal punto di vista giornalistico, che ha, però, i suoi limiti, primo fra tutti quello di mettere in ombra la natura della guerra fredda propriamente detta.

La guerra fredda è stato un conflitto globale caratterizzato soprattutto da tre fattori. Il primo è la presenza di due (e due sole) superpotenze, ossia due entità statali capaci di proiettare un'influenza militare, economica e politica a livello globale: gli Stati Uniti e l'Unione Sovietica. L'emergere di queste due superpotenze segnò fin dagli anni 1943-45 la definitiva marginalizzazione geopolitica delle potenze europee, che fino all'inizio del secolo scorso erano state al centro dell'ordine mondiale. Nei trent'anni tra il 1914 e il 1945 l'Europa aveva sperimentato due devastanti conflitti mondiali, l'eclissi della democrazia e l'affermarsi di sistemi politici fortemente autoritari. Nei decenni successivi, divisa in due dalla cortina di ferro, l'Europa sarebbe stata terreno di contesa tra Mosca e Washington, mentre le tradizionali potenze europee, Francia e Regno Unito, perdevano rapidamente i loro imperi coloniali adattandosi al ruolo di potenze regionali.

Il secondo fattore della guerra fredda è stata la presenza di una forte frattura ideologica. Le due superpotenze erano, infatti, portatrici di visioni del mondo contrapposte: l'Unione Sovietica issava la bandiera del marxismo-leninismo, gli Stati Uniti quella della democrazia liberale. La guerra fredda fu, quindi, anche una guerra di idee, capaci di provocare sostenitori entusiasti e oppositori feroci ben al di fuori dei confini dei paesi che se ne facevano promotori.

Il terzo fattore della guerra fredda, infine, fu la divisione del mondo in due blocchi contrapposti, uno guidato dagli Stati Uniti e l'altro dall'Unione Sovietica. I blocchi erano talvolta legati da vere e proprie alleanze militari (la NATO e il Patto di Varsavia innanzitutto), talvolta da rapporti meno vincolanti o da semplice solidarietà ideologica. Si trattava di blocchi non omogenei al loro interno, attraversati spesso da profonde fratture. I paesi della periferia divennero strumenti e terreno di scontro

tra le due superpotenze, ma è vero anche il contrario: non di rado furono i paesi della periferia a utilizzare le superpotenze per raggiungere i propri obiettivi regionali. Due superpotenze, una frattura ideologica e la divisione in due blocchi. Si tratta di un mondo che non esiste più e l'utilizzo della metafora della "guerra fredda" per descrivere situazioni molto diverse rischia di rendere difficile la comprensione del passato e anche del presente. Il collasso dell'URSS ha lasciato spazio a un ordine così detto multipolare, ossia con una distribuzione di influenze fra una pluralità di attori. Sul campo restano un'unica superpotenza, gli Stati Uniti, che sembrano, però, proiettati verso un progressivo disimpegno da aree del mondo che non ritengono più cruciali. Una ex superpotenza, la Federazione Russa, che vuole riguadagnare un ruolo per il quale non ha più la forza militare, economica e demografica. E potenze regionali come India e Cina, che aspirano ad assumere ruoli globali in virtù di una forza economica che tentano di proiettare a livello geopolitico. Un'operazione, questa, che fino ad oggi di sicuro l'Unione Europea non è stata in grado di fare, restando un attore marginale nello scenario globale.

Il mondo della guerra fredda non è solo un mondo che non esiste più. A dispetto dalla sua supposta "stabilità", è anche un mondo che non rimpiangiamo. La contrapposizione tra le due superpotenze non è mai degenerata in uno scontro armato che le vide coinvolte direttamente, ma ha causato conflitti sanguinosissimi nei quali le due superpotenze si sono affrontate per procura: la sola guerra di Corea fece oltre 2 milioni di morti. Conflitti regionali, fra i quali le numerose guerre post-coloniali scoppiate a partire dagli anni '60, diventarono più lunghi e più sanguinosi quando le due superpotenze sponsorizzarono fronti contrapposti. Successi in Angola, Vietnam, nel Corno d'Africa e in Medio Oriente. Non solo: i decenni della guerra fredda furono attraversati da crisi diplomatiche che potevano facilmente sfuggire di mano anche al di là delle intenzioni dei contendenti. La crisi di Cuba nell'ottobre del 1962 fu forse il momento in cui il mondo andò più vicino a uno scontro nucleare tra le due superpotenze con conseguenze che sarebbero state disastrose. Le violazioni dei diritti umani furono profonde sia da parte di Mosca, il cui sistema politico era per natura costruito sulla repressione, sia da parte di Washington, che in molte occasioni appoggiò regimi autoritari in funzione anticomunista. La proliferazione nucleare è anch'essa un'eredità diretta di questo periodo. In tutti i paesi-satellite del blocco sovietico, infine, è difficile pensare a una qualche forma di nostalgia per la "stabilità" di quell'ordine geopolitico: si può forse rimpiangerla da un salotto di Parigi, ma è più difficile farlo dalle strade di Praga o di Budapest.

Uno degli aspetti sorprendenti della guerra fredda propriamente detta è sicuramente la velocità con la quale si concluse. Michail Gorbacëv andò al potere in Unione Sovietica nel 1985, ma nei primi anni la sua agenda fu concentrata soprattutto sulle riforme interne. Dal punto di vista della politica estera, la posizione sovietica non sembrava destinata a cambiare in modo significativo. Fu solo nel 1988 che Gorbacëv iniziò a segnalare la possibilità di un disimpegno di Mosca dai paesi del bloc-

co sovietico, in larga misura per sostenere le riforme interne che stentavano a decollare. Le aperture di Gorbacëv determinarono un processo a catena che non era stato sicuramente né previsto né auspicato dal Cremlino e che nondimeno Gorbacëv si rifiutò di arrestare con la forza, come avevano fatto Breznev a Praga nel 1968 e ancor prima Chruscëv a Budapest nel 1956. Nel giro di un anno tutti i regimi installati dall'Armata Rossa nei paesi satelliti di Mosca si sciolsero e le elezioni assegnarono il potere alle forze anticomuniste. La slavina travolse presto la stessa Unione Sovietica: i paesi dell'URSS, a partire da Estonia, Lettonia e Lituania, proclamarono l'indipendenza senza che Mosca potesse fare nulla per fermarli. Nel dicembre del 1991 l'Unione Sovietica cessava di esistere.

Che lezioni trarre osservando il mondo della guerra fredda e la rapidità con la quale è scomparso? Da un certo punto di vista si potrebbe rispondere "nessuna": la storia non fornisce nessuna lezione univoca e chiunque può facilmente trovarci quello che cerca. Nelle società complesse come quelle moderne, poi, i fenomeni sono sempre frutto di una pluralità di eventi e lo storico non ha gli strumenti per misurare il peso esatto di ciascuno di essi: in che misura il crollo dell'URSS fu determinato dalla politica di Mosca, dal dissenso in seno ai paesi del blocco orientale o dalla pressione americana? Che ruolo hanno le decisioni dei singoli, le grandi forze della storia e i puri e semplici incidenti? Da un certo punto di vista il futuro è imperscrutabile perché in parte lo è anche il passato.

Più interessante è chiedersi quali sono gli aspetti del passato conoscendo i quali il futuro non ci coglierà completamente di sorpresa. Il primo è la contingenza dei sistemi politici. Il crollo dell'URSS mostra come i sistemi politici siano frutto della storia e non abbiano niente né di inevitabile né di eterno. Questi, così come le civiltà che li esprimono, possono evolversi, cambiare o scomparire del tutto. A metà degli anni '80 l'URSS attraversava un periodo di grave crisi economica, ma era una grande potenza globale con un apparato militare in grado di competere con quello degli Stati Uniti. Pochi avrebbero previsto che nel giro di pochi anni si sarebbe sgretolato e sarebbe stato spazzato via dalla scena, e, infatti, il crollo colse alla sprovvista i più, compresi i servizi segreti occidentali.

Quello che vale per i sistemi del passato vale anche per i sistemi all'interno dei quali siamo immersi, anche se inevitabilmente faticiamo a percepirne la contingenza. La democrazia liberale è un sistema politico relativamente recente: si andò affermando non senza fatica nel corso dell'Ottocento, ma in Europa venne quasi completamente travolta negli anni tra le due guerre mondiali. All'alba della Seconda guerra mondiale i soli paesi dell'Europa continentale che avevano ancora sistemi democratici erano la Francia e la Cecoslovacchia. La straordinaria fortuna che la democrazia ha conosciuto nell'Europa occidentale del secondo dopoguerra è legata a fattori congiunturali, primi fra tutti la stabilità garantita dalle condizioni economiche estremamente favorevoli, il ricordo del conflitto, il discredito del nazionalismo e delle ideologie che avevano causato la guerra e, non ultima, una buona dose di oblio sulle

pesanti compromissioni di gran parte dei paesi europei con i regimi nazifascisti nel corso del conflitto. Resta in buona parte da scoprire come la democrazia liberale si adatterà quando e se queste condizioni verranno meno in parte o del tutto.

Anche il processo di integrazione europea affonda le sue radici nella storia. All'origine dei primi progetti di cooperazione intra-europea realizzati nel dopoguerra vi fu la spinta ideale di un gruppo di statisti determinati ad evitare un nuovo conflitto, ma anche il tentativo francese di contenere in strutture sovranazionali l'inevitabile ripresa economica della Germania e di assicurarsi l'accesso alle materie prima di quest'ultima. La Germania e l'Italia, a loro volta, avevano tutto l'interesse ad aderire a un progetto che dava loro la possibilità di partecipare su un piano di parità a un organismo internazionale quando era ancora fresco il ricordo della guerra che avevano scatenato. Fu così che nacque la Comunità economica del carbone e dell'acciaio, a partire dalla quale si svilupparono nei decenni successive le strutture che costituiscono oggi l'Unione Europea. "L'integrazione – ha scritto Alan Milward – non è stata la sostituzione dello stato-nazione con un'altra forma di governo in conseguenza dell'incapacità dello stato-nazione, ma è stata la creazione degli stessi stati nazionali europei per i propri fini, un atto di volontà nazionale" [Milward 1999]. Il futuro dell'Unione Europea è indissolubilmente legato al permanere dell'interesse degli Stati nazione europei alla sua sopravvivenza.

Un secondo aspetto del passato da recuperare è la consapevolezza della forza delle idee e degli ideali. Dopo il 1989 si è affermata l'impressione che il mondo fosse entrato in un'era post-ideologica, segnata dal declino della politica e dal ripiegamento nel privato [Judt 2007]. Era stata la storia a spazzare via le grandi narrazioni per le quali milioni di persone avevano ucciso e si erano fatte uccidere nel corso del '900. La sconfitta nella seconda guerra mondiale aveva travolto e delegittimato la narrazione "di destra" nella sua declinazione fascista e nazista. Il nazionalismo sembrava essere ormai un residuo del passato. La crisi di legittimità del marxismo si era compiuta invece nel 1991, con il crollo del sistema politico che ne aveva incarnato le speranze. Benessere economico, progresso e prosperità sembravano essere le uniche parole d'ordine in grado di mobilitare individui e collettività. Le cose sono andate diversamente: il voto inglese sulla Brexit, lo scoppio di conflitti armati combattuti in nome o per la difesa dell'identità nazionale e l'affermarsi nel cuore dell'Europa di movimenti nazionalisti e xenofobi sono lì a mostrarci che, invece, le idee contano ancora eccome.

La storia ci consegna un terzo e un ultimo fattore utile per non farsi sorprendere dal futuro: l'importanza della persona e, quindi, di un'educazione che non sia solo trasmissione di saperi tecnici. Nella grande ruota della storia non solo non c'è niente di predeterminato, ma le decisioni dei singoli hanno un peso. La crisi dell'URSS aveva ragioni strutturali, che venivano da lontano, ma cosa sarebbe accaduto se al posto di Gorbacëv ci fosse stato un leader disposto ad usare la violenza per arrestare il cambiamento? E che forma avrebbe avuto l'uscita dell'Europa centro-orientale dal

comunismo dopo il 1989 se nei decenni precedenti decine di migliaia di persone sotto il giogo sovietico non si fossero rifiutate di scendere a compromessi con i regimi? Nel corso del secolo scorso sono stati in molti a macchiarsi di crimini orrendi in nome dell'ideologia. Altri, però, potendo scegliere tra il bene e il male, hanno scelto il primo, spesso pagando un prezzo salato. La storia insegna che il futuro è incerto. Ma l'investimento che un Paese fa sull'educazione è destinato in ogni caso a portare buoni frutti.

2.2 Il quadro economico: serve un piano

Nel contesto geopolitico delineato in precedenza, va collocato lo scenario economico in cui la siderurgia si trova oggi ad operare.

Nel 1973, Ernesto Massi concludeva la parte generale del volume dedicato alla geografia dell'acciaio, osservando come "la siderurgia, con le sue premesse, i suoi sviluppi e le sue prospettive" costituisse "la parte essenziale nella valutazione del potenziale economico delle regioni terrestri e che la geografia dell'acciaio, come già la geografia dell'energia", contribuisse decisamente a chiarire "la geografia del potere economico nel mondo".

Queste conclusioni erano precedute da alcune proiezioni, suggestioni e intuizioni sul futuro dell'acciaio, distinguendo tra breve e lungo periodo. Così, a breve scadenza non erano immaginabili "sostanziali mutamenti", dato il ritmo di aumento della produzione e dei consumi nei maggiori Paesi siderurgici e il lento sviluppo del reddito nel "Terzo Mondo". Il discorso si faceva diverso se si guardava al lungo periodo, dal momento che era prevedibile che "Paesi riccamente dotati di materie prime, con adeguato progresso tecnico e bassi consumi pro capite" avrebbero potuto in pochi lustri – avviando organici programmi di sviluppo – "avanzare rapidamente nella gerarchia dell'acciaio". Ci si riferiva, in particolare, alla Repubblica popolare cinese, all'India, a taluni Paesi dell'America latina, al Sudafrica e all'Australia, che avrebbero potuto "riservare sorprese, con sostanziali riflessi sugli equilibri politici internazionali nelle grandi aree continentali".

Il Massi, poi, analizzava i risultati del noto e discusso volume di Wilhelm Fucks (*Formeln zur Macht*, 1965) sulle prospettive del potere nel mondo, nel quale "la produzione di acciaio e di fonti di energia, insieme all'aumento della popolazione" erano considerati "i fattori principali del divenire della potenza": basandosi sulla prevedibile produzione di acciaio pro-capite e sull'aumento della popolazione, il Fucks ipotizzava che nel 2000 la produzione di acciaio cinese avrebbe raggiunto i 600 milioni di tonnellate, "rovesciando i rapporti di forza" allora esistenti. Ma lo spostamento della "produzione siderurgica mondiale" verso l'Asia emergeva anche in una delle ipotesi elaborate da F. Peco (*L'acciaio nel 2000*, in "Futuribili", novembre 1969), nel quale, si utilizzavano le proiezioni sull'incremento del Prodotto Nazionale Lordo (PNL) elaborate dall'Hudson Institute e le previsioni sull'aumento della popolazione mondiale dell'ONU.

Il Massi non credeva che, malgrado la più accentuata crescita dei consumi nei Paesi

emergenti e in quelli di più recente industrializzazione, l'equilibrio siderurgico mondiale avrebbe subito sostanziali rivolgimenti. Osservando tuttavia gli andamenti altalenanti tra crisi (per eccessi di capacità produttiva e l'insufficiente tasso di utilizzazione degli impianti) e boom che si erano verificati tra il 1967 e il 1973, riteneva "vicino il momento in cui dovrà essere seriamente impostato, su basi geografico-economiche, un programma internazionale per l'acciaio".

Occorre a questo punto ricordare che solo qualche anno più tardi le difficoltà divennero palesi e l'allora Commissario europeo dell'industria e dell'energia, Etienne Davignon, propose un piano (Piano Davignon, 1978) che prevedeva, secondo il principio di un'equa ripartizione dei sacrifici da parte di tutte le imprese di tutti i Paesi, un contingentamento della produzione (poi tradottosi in un piano comunitario di chiusure), la fissazione, in certe fasi iniziali, di prezzi minimi (in applicazione di norme previste dal Trattato CEEA) e il mantenimento del sistema di difesa nei confronti di importazioni da Paesi terzi attraverso accordi volontari per evitare pratiche di dumping. Quasi contemporaneamente iniziarono a essere messi in discussione gli aiuti di Stato alle imprese, poi vietati, che, nel ritorno al mercato, imposero alle stesse il vincolo della viabilità economica per la loro sopravvivenza. In conclusione, l'industria europea ne uscì rafforzata, in quanto rinnovata nelle strutture e concentrata in grandi gruppi di dimensione continentale.

La quasi contemporanea fine della guerra fredda, col venir meno dei tre fattori che l'avevano caratterizzata e l'apertura verso un nuovo ordine multipolare in un contesto che, sul piano economico, vedeva l'affermazione del neoliberismo, davano il via al nuovo processo di globalizzazione, facilitato dall'ennesima rivoluzione tecnologica, quella digitale.

Mentre tutto ciò accadeva, ci si era per un momento illusi che, come sosteneva Thomas L. Friedman, il mondo si fosse appiattito ("The world is flat" è il titolo di un suo libro uscito nel 2005), ma gli eventi degli ultimi anni – la pandemia da Covid-19, la guerra russo-ucraina, il conflitto israelo-palestinese – hanno restituito alla geografia la sua centralità nelle valutazioni sulle prospettive del potere nel mondo.

In realtà, un primo avvertimento sull'avvio di un processo di deglobalizzazione e su una prima revisione delle catene globali di fornitura (e del valore) si era già avuto in seguito alla crisi finanziaria del 2008-2009 e ai suoi noti impatti sull'economia reale. A tal proposito è noto che dopo la crisi finanziaria si è verificato un consistente calo nella domanda di acciaio che ha colpito l'industria siderurgica europea. Non a caso, dunque, nel 2013, per la prima volta dopo il Piano Davignon, la Commissione europea ha presentato un Piano d'azione per l'acciaio. Sebbene sia stato accolto con favore anche dal Comitato economico e sociale europeo, il Piano non ha trovato concreta applicazione. Le sfide sono note: aumento della sovraccapacità strutturale a fronte di una riduzione della domanda; aumento dei costi legati alle emissioni di CO₂ e investimenti per la decarbonizzazione.

La questione inizia ad assumere i caratteri dell'urgenza. E si potrebbe nuovamente chiamare in causa il Sinigaglia che, a cannoni ancora fumanti, nell'agosto del 1945 scriveva che, "per non mandare all'aria tutte le nostre idee di siderurgia italiana", occorre mettersi al lavoro con tutta l'energia "e non perdere un giorno di tempo",

perché "tutto dipende da chi arriva prima"!

Non pare ci sia spazio, nel prossimo futuro, per un programma internazionale, che assuma quale denominatore comune la sostenibilità ambientale e faccia leva sull'inevitabile e già in atto riduzione dei consumi da parte della Cina, ma se il progetto europeo (ancora monco in alcune sue parti perché incentrato quasi unicamente sulla moneta) necessita di essere completato, di certo non si può prescindere dalle sue origini, che, oltre che in ideali, affondano le loro radici nell'acciaio.

	Produzione in miniera (migliaia di tonnellate)				Riserve (milioni di)	
	Minerale utilizzabile Contenuto		Contenuto di ferro		Minerale grezzo	di ferro
	2022	2023	2022	2023		
United States	39,000	44,000	24,700	28,000	3,100	1,300
Australia	944,000	960,000	584,000	590,000	58,000	27,000
Brazil	435,000	440,000	276,000	280,000	34,000	15,000
Canada	69,000	70,000	41,400	42,000	6,000	2,300
Chile	17,700	18,000	11,100	11,000	NA	NA
China	272,000	280,000	170,000	170,000	20,000	6,900
India	251,000	270,000	156,000	170,000	5,500	3,400
Iran	78,300	77,000	51,300	50,000	3,300	1,500
Kazakhstan	53,600	53,000	8,890	8,800	2,500	900
Mauritania	12,700	13,000	7,950	8,100	NA	NA
Mexico	10,800	12,000	6,800	7,600	NA	NA
Peru	19,300	19,000	12,900	13,000	2,600	1,200
Russia	84,200	88,000	55,800	58,000	29,000	14,000
South Africa	63,700	61,000	40,500	39,000	990	620
Sweden	38,900	38,000	27,700	27,000	1,300	600
Turkey	17,700	17,000	10,700	10,000	152	99
Ukraine	34,100	36,000	21,300	22,000	6,500	2,300
Other countries	57,200	48,000	32,200	27,000	18,000	9,500
World total	2,500,000	2,500,000	1,540,000	1,500,000	190,000	87,000
(rounded)						

Tabella 1 – Produzione di minerale di ferro per paese, il dato del 2023 è stimato

2.3 La questione delle risorse

Infine, un discorso a parte merita il tema delle materie prime, della loro distribuzione geografica e delle quantità disponibili. La produzione di acciaio nel 2023 è stata di 1,9 Gt (qui e nel seguito della sezione la fonte dei dati è [USGS 2024]). I due principali cicli produttivi sono:

- altoforno e convertitore (BF/BOF), con utilizzo prevalente di minerale di ferro come materia prima;
- forno elettrico (EAF), con utilizzo prevalente di rottame di ferro.

Nel 2023 il 72% della produzione mondiale di acciaio è stata realizzata con il ciclo BF/BOF. Le principali materie prime necessarie per la produzione dell'acciaio sono

minerale di ferro, carbone, rottame di acciaio e calce. Il minerale di ferro è la commodity più prodotta al mondo dopo il petrolio grezzo. Il rottame di ferro è il materiale più riciclato, circa 800 Mt nel 2021.

Il minerale di ferro è molto diffuso. Si stima che costituisca il 5% della crosta terrestre. Il contenuto di ferro nel minerale di ferro varia da sito a sito; quello a più alto valore può oscillare tra il 60 e il 65%. Il minerale di ferro viene estratto in 50 paesi. I principali produttori sono nell'ordine Australia, Brasile, Cina e India (come mostrato in Tabella 1).

Va osservato come il contenuto di ferro, rispetto alla quantità di minerale di ferro disponibile, richieda un lavoro maggiore nella fase di concentrazione dell'ossido di ferro, operazione necessaria per evitare una ganga eccessiva (materiale inerte, quale, ad esempio, sabbia, ghiaia e pietrisco, che si trova associato ai minerali utili in una miniera) nella successiva fase di riduzione dell'ossido di ferro. Tale situazione si presenta, ad esempio, nel caso delle miniere cinesi, dove la frazione del ferro nel minerale è nell'ordine del 35% (si veda Tabella 1). Si stima che la quantità di minerale di ferro nel mondo sia di 800 Gt con un contenuto di ferro di 230 Gt.

In prospettiva, vi sarà la necessità di utilizzare minerale con contenuto di ferro in riduzione. Ciò porterà a operare sul processo di concentrazione o ad accettare un contenuto di ganga più alto, con conseguente aumento della scoria nell'EAF. La scelta sarà determinata da fattori economici e dalla disponibilità di nuovi processi di trattamento della scoria, che consentano di renderla una materia prima seconda a più alto valore aggiunto. Già oggi sono diffuse sue applicazioni quale aggregato in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade.

La produzione con forno elettrico (EAF), al momento la modalità a più basso impatto ambientale, crescerà rispetto all'attuale 28% della produzione totale. La progressiva concentrazione degli elementi 'nocivi', in particolare il rame, richiederà sistemi di gestione e sorting del rottame sempre più evoluti. In Figura 4 è riportata la disponibilità del rottame nell'arco di tempo che va dal 2000 al 2050. In Cina si avrà la crescita più elevata, che spingerà a un sempre maggiore utilizzo del ciclo di produzione via EAF.



Figura 4: Disponibilità del rottame dal 2000 al 2050

3. Digitalizzazione e sostenibilità dei processi

Per introdurre i temi della digitalizzazione e della sostenibilità dei processi, e metterne in evidenza l'importanza, è utile far riferimento alla Figura 6, tratta dal rapporto annuale del World Economic Forum [Report 2023], che riporta le previsioni circa la produzione dei metalli strategici nel prossimo futuro. Fra i metalli presi in esame c'è l'acciaio che, sebbene si preveda un lieve aumento della sua produzione rispetto alla situazione attuale, rimane al momento una risorsa strategica, alla luce dei volumi di produzione evidenziati in Figura 5.

Dalla discussione sono emerse quattro tematiche, che, data anche l'attuale situazione geopolitica, sono state ritenute fondamentali per lo sviluppo del comparto siderurgico del Triveneto: digitalizzazione, energia, materie prime e formazione e dimensione sociale della fabbrica. La seconda e la terza hanno un ruolo essenziale per il raggiungimento dell'obiettivo della sostenibilità dei processi. Delle prime tre ci occuperemo in questo capitolo, la quarta sarà l'argomento del prossimo capitolo. Si tratta di tematiche considerate sensibili e strategiche anche dal documento del

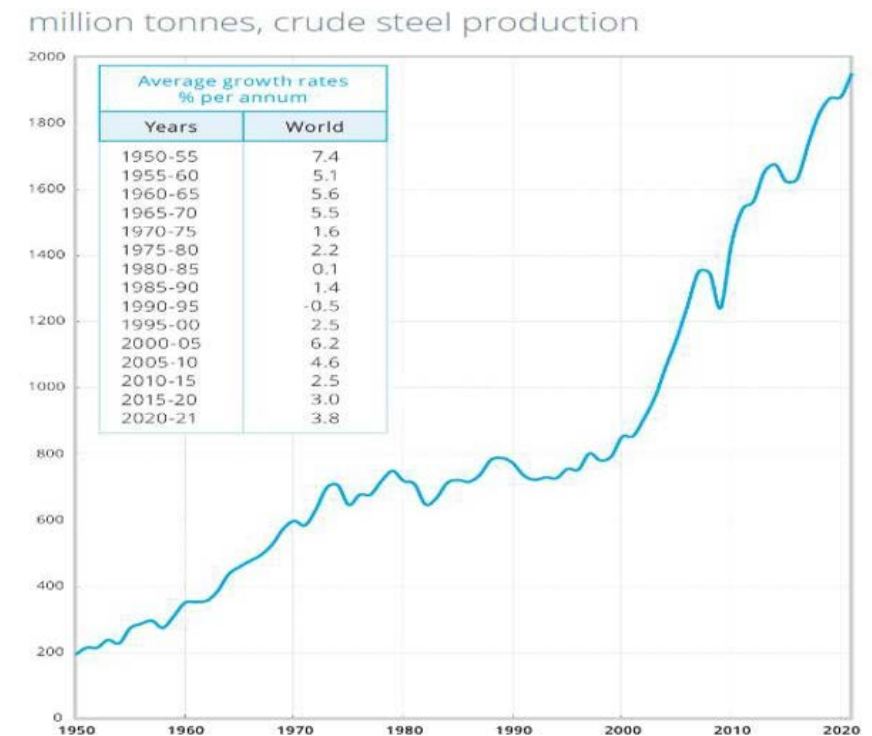


Figura 5: Produzione mondiale di acciaio dal 1950 al 2020 (sito della World Steel Association).

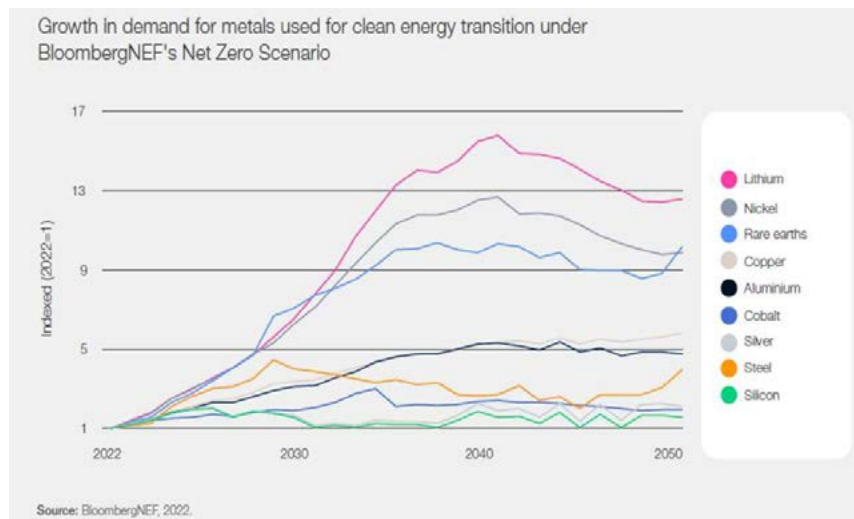


Figura 6: Metalli strategici per la transizione energetica green [Report 2023].

World Economic Forum citato in precedenza, che classifica molti di questi temi come tecnologie abilitanti (si veda ancora una volta [Report 2023]). Al fine di rendere la riflessione sul futuro di tali elementi più solida e articolata, sono state intervistate, nel rispetto dell'anonimato, diverse figure di rilievo (tecnologi e ricercatori) operanti in aziende regionali. Su tale base, si è poi svolta un'ampia discussione all'interno del gruppo, che ha beneficiato anche di un'interessante documentazione acquisita da varie fonti, inclusa la rete.

3.1 La digitalizzazione

Il processo di digitalizzazione è all'origine di molteplici e recenti innovazioni tecnologiche in una varietà di comparti industriali, incluso quello siderurgico (in Figura 7 viene mostrato il centro di calcolo di un'acciaieria (Danieli)). In particolare, la digitalizzazione è un fattore fondamentale del progetto Industria 4.0 e della sua evoluzione, l'ambizioso progetto Industria 5.0 da realizzare nel prossimo futuro. L'elemento distintivo di tale processo è lo sviluppo di un ambiente di lavoro che consenta, attraverso il digitale, una stretta collaborazione fra operatori, macchine e strumenti, garantendo, al contempo, una significativa riduzione degli sprechi energetici.

Le tecnologie abilitanti per raggiungere tale obiettivo sono numerose e diversificate. Esse comprendono l'intelligenza artificiale, sia quella basata sui dati sia quella basata sui modelli, la robotica, la manifattura additiva, la realtà aumentata e la realtà virtuale, le tecniche di simulazione per l'ottimizzazione dei processi, incluso l'uso dei

gemelli digitali, la gestione dei dati sul cloud, i big data e la data analytics, i metodi e gli strumenti per la sicurezza informatica, l'integrazione comunicativa a più livelli e l'uso di internet per incrementare la comunicazione con l'esterno.

Nel progetto Industria 5.0, un ruolo speciale è attribuito alle tecniche e agli strumenti di Intelligenza Artificiale (IA), inclusi quelli a supporto della robotica collaborativa. Fra i molti miglioramenti che tali strumenti realizzeranno, merita di essere sottolineata la possibilità di realizzare prodotti sempre più personalizzati attraverso una sostanziale revisione dei processi di produzione industriale. Un'attenzione specifica sarà riservata alla sostenibilità dei processi. Non a caso, la digitalizzazione è parte della linea 9 (industria, innovazione e infrastrutture) dell'agenda ONU 2030 per lo sviluppo sostenibile.

Il tema della digitalizzazione è di cruciale importanza per la metallurgia in generale e per lo sviluppo delle aziende dell'indotto. Ovviamente vi sono delle differenze nell'utilizzo del digitale nelle aziende siderurgiche moderne, quali, per fare un paio di esempi, le acciaierie ABS e il Gruppo Pittini, e nelle fonderie. Per un'analisi approfondita di tali temi si rimanda ai molti documenti che descrivono le strategie di sviluppo del mondo della metallurgia [Report 2023].

Come anticipato, per contestualizzare il tema e avere un quadro della situazione nel territorio del Nord Est, sono state fatte delle interviste al personale operante "sul campo". Il trend rilevato in ambito impiantistico mostra un utilizzo intenso e crescente degli strumenti digitali con i seguenti obiettivi: aumentare il livello di automazione dei reparti, monitorare gli impianti da remoto, delegare alcuni lavori ripetitivi ad unità robotiche e acquisire dati in modo automatico e massivo.

La discussione ha evidenziato la rilevanza strategica dell'IA, a livello industriale, sul fronte della sicurezza del lavoro e della sostenibilità. In riferimento alla prima, si è osservato come il crescente impiego delle tecnologie digitali consenta di ridurre al minimo, in taluni casi addirittura di azzerare, l'intervento umano in numerose attività. Un'attività che al momento necessita di un tale intervento è, ad esempio, la manutenzione dei macchinari. Di particolare interesse risultano le tecniche di rilevamento anticipato dei guasti e di manutenzione predittiva che trovano ampio spazio nella ricerca in IA. In prospettiva, l'utilizzo sempre più ampio delle tecnologie digitali può essere visto come un strumento di promozione di un lavoro umano di qualità. Al personale ancor oggi impegnato nella gestione degli impianti, ad esempio, potranno essere assegnati dei compiti più "nobili"/qualificati. Già oggi, in molte situazioni, i sistemi di IA svolgono alcuni compiti con una qualità della prestazione comparabile con quella del miglior tecnico del settore, col vantaggio che il sistema artificiale garantisce una maggiore continuità nelle prestazioni. In Figura 8, viene evidenziato l'impiego di un braccio antropomorfo. Sul fronte della sostenibilità, un indubbio vantaggio dell'IA, è la possibilità di ottimizzare l'uso delle risorse, abbattendo i costi di produzione. Tale possibilità risulta assai preziosa in riferimento alle spese per materie prime ed energia, in un periodo storico caratterizzato da una forte instabilità dei mercati.

Sono state evidenziate anche delle criticità relative all'attuale impiego degli strumenti di IA quali l'eterogeneità delle fonti dei dati, il livello inadeguato delle me-



Figura 7: Centro di calcolo (Danieli).



Figura 8: Braccio antropomorfo (Danieli).



Figura 9: Sistema di controllo di un laminatoio (Danieli).

todologie e degli strumenti per la sicurezza informatica nella gestione del dato, le difficoltà nell'elaborare in modo integrato e coerente dati multidimensionali (testi, immagini, video, suoni) e la presenza di diverse forme di demonizzazione della tecnologia (informatica, ma non solo) in porzioni significative della società che hanno un impatto, sia pure indiretto, anche in ambito industriale.

Per quanto riguarda il futuro, è convinzione comune che la diffusione e il progresso della tecnologia digitale avranno un ruolo cruciale nell'evoluzione dell'industria siderurgica. In Figura 9, viene mostrato un sistema di controllo di un laminatoio (Danieli). Si pensi, ad esempio, all'utilità del rilevamento anticipato dei guasti e della manutenzione predittiva, in grado di evitare costose sospensioni della produzione. Fra le linee di sviluppo più significative vanno ricordate quella relativa alla sicurezza dei sistemi (cybersecurity) e quella sull'impiego di strumenti di calcolo con prestazioni sempre più elevate (a questo riguardo, è molto promettente il settore dei computer quantistici) in grado di elaborare quantità di dati sempre maggiori.

È pertanto del tutto ragionevole attendersi, nel prossimo futuro, un sistema acciaieria sempre più efficiente. Non va, però, dimenticato che la pesante situazione geopolitica attuale ha in qualche modo rallentato questo processo, mettendo in secondo piano la digitalizzazione, a fronte della necessità di assicurare materie prime ed energia. Per quanto concerne la digitalizzazione nell'ambito della fonderia, occorre distinguere nettamente tra la fonderia in stampo e la storica fonderia in sabbia. Per quanto riguarda la prima tipologia di fonderia, il processo di digitalizzazione ha raggiunto livelli molto prossimi a quelli dell'acciaieria moderna. Sensoristica e controllo dei processi possono essere supportati in maniera significativa da strumenti informatici, in particolare da sistemi di IA. L'automazione dei processi e l'utilizzo della robotica sono anch'essi di livello molto avanzato. Assai diversa è la situazione per quanto riguarda la fonderia in sabbia. Il controllo di processo è ancora svolto in modo abbastanza artigianale. In verità, anche questo settore ha beneficiato dell'utilizzo di strumenti di modellazione numerica che hanno consentito la produzione di getti in modo più efficiente e con un numero limitato di difetti. Inoltre, l'avvento della digitalizzazione ha favorito l'archiviazione di parametri di processo spesso acquisiti attraverso esperienze personali, facilitando la condivisione delle competenze. Ciò ha accumulato le due tipologie di fonderia è l'utilizzo di nuove tecnologie digitali sempre più performanti nell'ambito del controllo dimensionale.

Da ultimo, ma non trascurabile, va rilevato che nelle fonderie sono ancora presenti numerose persone che faticano a comprendere la trasformazione digitale e i vantaggi che essa comporta dal punto di vista dell'ottimizzazione dei processi.

Se guardiamo al futuro, è ragionevole immaginare che lo sviluppo delle fonderie in stampo e quello delle fonderie in sabbia seguiranno percorsi diversi. Il percorso delle fonderie in stampo sarà molto simile a quello dell'industria siderurgica verso l'acciaieria del futuro, ossia vedrà un rafforzamento del processo di automazione e un utilizzo più spinto degli strumenti di IA. Nel caso delle fonderie in sabbia, invece, è prevedibile un elevato livello di digitalizzazione dell'ambiente forno, dei processi di gestione dei magazzini di stoccaggio materiali e delle lavorazioni post-produttive. La costruzione di modelli numerici sempre più accurati e l'utilizzo di sistemi in-

formatici sempre più potenti consentiranno alle fonderie in sabbia di poter produrre dei manufatti di qualità sempre più elevata. Molto più lento sarà, invece, il processo di digitalizzazione della sensoristica e del controllo del processo di solidificazione, passaggi indispensabili per poter intraprendere la strada della digitalizzazione seguita dall'acciaieria moderna.

Chiudiamo questa sezione osservando come le considerazioni svolte a riguardo del processo di digitalizzazione siano perfettamente in linea con gli argomenti presenti nelle pubblicazioni scientifiche e nei piani strategici sul tema del futuro sviluppo industriale in campo siderurgico nella prospettiva della decarbonizzazione e della nobilitazione del lavoro [Colla 2022].

3.2 La sostenibilità dei processi: l'energia

Una riflessione sul fattore energia non può che partire dall'osservazione che l'industria siderurgica è un'industria altamente energivora (in Figura 10, viene mostrata una moderna acciaieria con impianti di depurazione). Basti pensare che per fondere una tonnellata di acciaio è necessaria un'energia di 350 kWh con processo EAF, valore che può quasi raddoppiare con i forni a induzione. Da questi dati, correlati con la produzione di acciaio annuale in Italia, che è di alcune decine di milioni di tonnellate, si comprende subito come l'energia richiesta annualmente da tali industrie sia decisamente molto elevata. Se guardiamo al processo siderurgico, le principali fonti di energia sono quella elettrica, utilizzata principalmente nell'ambiente forno e nell'ambiente di trasformazione del materiale per deformazione plastica (laminazione), e il gas naturale, che è una fonte di energia nei forni di stazionamento e come utenza/servizio al forno elettrico.

Va aggiunto che le fonti energetiche italiane sono fondamentalmente derivanti da combustibili fossili, quali il gas naturale importato da paesi esteri. Tale fonte energetica è oggetto di diverse criticità per le industrie dell'indotto siderurgico sia a causa dei processi geopolitici in corso (guerra Russia/Ucraina, guerra Israele/Palestina), che hanno comportato una serie di rialzi dei prezzi (decuplicati in poco tempo), sia a causa del processo di decarbonizzazione, legato a scelte politiche comunitarie (e anche alle linee guida ONU per uno sviluppo sostenibile: consumo e produzione responsabili, agire per il clima, energia pulita e accessibile).

Attualmente, le linee guida nazionali e comunitarie promuovono l'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica e l'utilizzo di idrogeno, se possibile green, per le risorse che utilizzano il gas naturale. Pensando all'acciaieria e al suo fabbisogno energetico, sembra improponibile l'utilizzo di sole fonti rinnovabili, in quanto tali risorse sono fortemente influenzate dalle condizioni climatiche e richiedono enormi distese di campi fotovoltaici o di torri eoliche. Per quanto riguarda l'idrogeno green, la produzione di tale combustibile risulta attualmente essere ad assai basso rendimento e il suo sviluppo è in forte ritardo rispetto a quanto previsto.



Figura 10: Una moderna acciaieria con impianti di depurazione.

Quanto sopra osservato è in linea con quanto rilevato in letteratura [Yang 2023], dove si registra un incremento dei costi produttivi a fronte di una limitata riduzione della produzione di CO₂ (si veda Figura 11).

Da alcune interviste a operatori “sul campo” del settore siderurgico è emerso che attualmente si sta operando su più fronti:

- recupero energetico da fonti calde, che sono presenti in diversi punti di un impianto siderurgico;
- parziale utilizzo di risorse green (fotovoltaico, biomasse ed eolico);
- utilizzo di idrogeno in sostituzione del gas naturale, sia per intero che miscelato.

Da tali interviste è, inoltre, emerso che l'utilizzo delle risorse green viene considerato in grado di coprire solo una piccola parte del fabbisogno energetico di acciaieria, in quanto raramente vi è la possibilità di associare una grossa area adibita alla produzione di energia ad un'acciaieria. La stessa osservazione può essere fatta in relazione all'utilizzo delle biomasse, che hanno la necessità di disporre in modo continuo di fonti naturali da utilizzare per i processi di produzione energia. Ciò è evidenziato da diversi studi scientifici, che ritengono tale risorsa economicamente vantaggiosa solo se usata unicamente a supporto di alcune parti del processo produttivo [Suopajarvi 2018]. Il discorso sull'idrogeno porta con sé tutte le problematiche eviden-

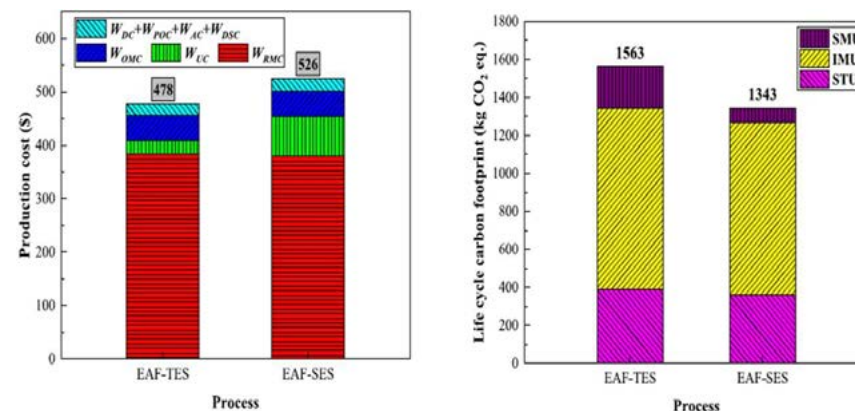


Figura 11: Valutazione dei costi di produzione e dell'impatto sulla produzione di CO₂ in un impianto produttivo EAF tradizionale (TES) e con l'ausilio dell'energia solare (SES) [Yang 2023].

ziate in precedenza, vale a dire, dal punto di vista tecnologico quella dell'idrogeno è una strada realizzabile in tempi relativamente brevi, in quanto come combustibile è adattabile alle utenze che utilizzano gas naturale, ma i costi di produzione non lo rendono economicamente sfruttabile come risorsa energetica, ma eventualmente quale metodo di stoccaggio dell'energia. Come mostrato in diversi studi recenti, tale fonte è la principale di alcuni processi produttivi e risulta facilmente integrabile in numerosi processi, ma, allo stato attuale delle cose, non è economicamente conveniente, soprattutto nella sua forma green [Shahabuddin 2023]. La strada del recupero energetico, al contrario, è molto in voga e facilmente scalabile anche su diversi componenti di un impianto.

È indubbio che molte componenti degli impianti lavorano con enormi quantità di calore, che, se non gestito in maniera ottimale, può andare perso. In particolare, fra gli ambienti che presentano alte quantità di calore recuperabile vi sono i seguenti:

- ambiente forno;
- ambiente di colata (continua o statica);
- ambiente di stoccaggio post-laminazione;
- ambiente forno di stoccaggio pre-laminazione;
- prodotti siderurgici di scarto (scorie e refrattari);
- fumi derivanti dai processi produttivi.

Diversi sono i metodi che sono stati adottati per il recupero del calore e sono disponibili varie soluzioni ormai consolidate attualmente utilizzate in ambito tecnologico

[Inayat 2023]. Esse consentono l'estrazione del calore in eccesso, convogliato su altre utenze per servizi (teleriscaldamento) o utilizzato per la produzione di energia (co-generazione). In particolare, è interessante osservare come il totale dell'energia termica persa sotto forma di calore dalla produzione di acciaio risulti essere sufficiente per la fornitura di acqua calda per il riscaldamento a un ampio bacino di popolazione locale. Come avremo modo di discutere nel seguito, è ancora molto diffusa un'immagine stereotipata dell'azienda siderurgica come un'azienda altamente inquinante, immagine oggi non più veritiera grazie alle tecnologie disponibili. Questa fornitura gratuita di energia alla popolazione limitrofa può risultare uno strumento utile a modificare l'immagine percepita delle aziende siderurgiche.

Un altro ambito particolarmente attuale è quello della gestione dei layout industriali nella produzione dell'acciaio da ciclo integrale (si veda Figura 12). Molti studi prevedono l'affiancamento degli altoforni ai EAF, con l'integrazione anche di sistemi a riduzione diretta, fino alla totale sostituzione dell'altoforno, col fine ultimo di eliminare quasi completamente le fonti di energia basate su prodotti petrolchimici (anche qui si rimanda alla Figura 12).

Sempre nella prospettiva della condivisione energetica, in riferimento al contesto geopolitico attuale, va evidenziata la necessità di formare delle reti energetiche per la condivisione delle risorse. In particolare, si può ragionare sul possibile utilizzo di energia da fissione nucleare prodotta da impianti di piccole dimensioni (le dimen-

sioni di motori navali nucleari). L'adozione di tale tecnologia porterebbe indubbi vantaggi dal punto di vista del raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione prefissati, soprattutto qualora venissero impiegate delle centrali di ultima generazione. Tali centrali consentirebbero di produrre dei rifiuti nucleari caratterizzati da un tempo di decadimento ridotto rispetto a quelli del passato o addirittura di riutilizzare i rifiuti radioattivi delle vecchie centrali nucleari.

Ogni soluzione basata sull'utilizzo del nucleare deve ovviamente tener conto della storia e dell'opinione pubblica nazionale. In Italia, l'uso civile dell'energia nucleare è, infatti, stato bandito sulla base dei risultati, peraltro molto netti, dei referendum abrogativi del 1987. Da allora, il tema è stato toccato in modo molto limitato e con estrema prudenza nella discussione pubblica. Le problematiche legate, da un lato, ai costi dell'energia e alle difficoltà di accesso alle fonti energetiche e, dall'altro, all'emergenza climatica e alla sostenibilità hanno in qualche misura riportato all'attenzione dell'opinione pubblica il tema del nucleare. Non sembrano emergere, però, significativi cambiamenti di atteggiamento nell'opinione pubblica. L'utilizzo di una rete energetica basata sul nucleare da parte dell'industria siderurgica verrebbe molto probabilmente percepito dalla popolazione residente presso gli stabilimenti quale un ecomostro. L'affermazione circa l'inadeguatezza di una tale definizione, sulla base della recente evoluzione tecnologica che ha reso entrambe le realtà impiantistiche (nucleare e siderurgica) molto più sicure ed ecologicamente evolute, faticerebbe ad essere accolta. Per arrivare ad un cambiamento profondo di atteggiamento sarà necessario, anche se, quasi sicuramente, non sufficiente, coinvolgere la popolazione limitrofa nell'utilizzo delle risorse energetiche (energia a bassissimo costo) e promuovere la conoscenza di ciò che reti energetiche di tale natura consentono di realizzare. Per completezza, va osservato che, realisticamente, nell'orizzonte temporale della presente analisi, è difficile immaginare la fusione nucleare come una risorsa energetica disponibile a tutti.

Concludendo, le richieste di energia dell'industria siderurgica e della fonderia moderne sono simili, ma nel caso delle fonderie (soprattutto delle fonderie in sabbia) molta è ancora la strada da fare per ridurre gli sprechi.

3.3 La sostenibilità dei processi: le materie prime

Riteniamo utile riprendere ed approfondire il tema delle materie prime nella prospettiva della sostenibilità dei processi. I prodotti dell'azienda siderurgica sono di tipologie e formati diversi e alimentano la produzione industriale in numerosi campi tecnologici (edile, meccanico, navale, aeronautico, etc.). Tali prodotti richiedono ovviamente delle materie prime, che devono essere lavorate per ottenere il prodotto finito. A livello impiantistico, i percorsi produttivi possono seguire due strade: il ciclo integrale, nel quale viene trattato il minerale estratto da cave o miniere, e il ciclo rottame, che opera su scarti metallici di diversa origine. Nel primo caso, il processo

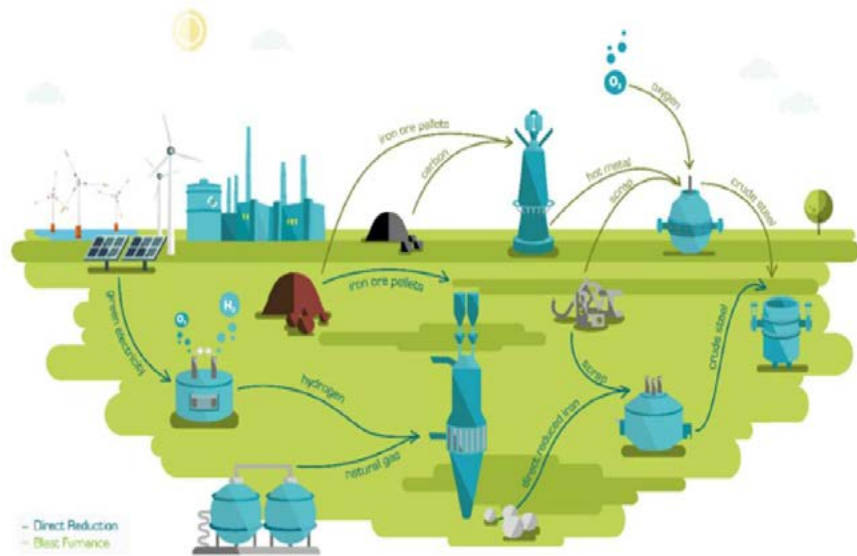


Figura 12: Confronto tra route tradizionali e route innovative [Inayat 2023].

Figura 13: Un impianto di riduzione diretta, alternativo all'altoforno.



tradizionale prevede l'utilizzo di impianti ad altoforno, che richiedono diverse risorse minerarie (Coke e fondenti, oltre al minerale di ferro), sono altamente inquinanti e vengono percepiti socialmente come ecomostri, anche a causa dei siti ad alto impatto ambientale ove sono installati (aree costiere). Tali impianti sono ormai in forte decrescita e, sostanzialmente, in disuso sull'intero territorio nazionale. Il ciclo rottame utilizza, invece, la tecnologia a forno elettrico (EAF o induzione) che, a differenza dell'altoforno, ha un basso impatto ambientale. Considerando la scarsa disponibilità di risorse minerarie sul suolo italiano, non sorprende che buona parte dell'odierna produzione (circa l'85% della produzione italiana) utilizzi impianti a forno elettrico, presenti in modo diffuso nel territorio italiano e, in particolare, nel Triveneto. A livello europeo, invece, la produzione attraverso l'utilizzo del forno elettrico è meno diffusa, anche se nel prossimo futuro si prevede un incremento di tale soluzione al fine di raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione stabiliti dall'Unione Europea. Si tenga anche presente che la gestione delle materie prime, in generale, è considerata una delle sfide strategiche per una crescita sostenibile dal World Economic Forum [Report 2023]. Va messo in evidenza come i cicli integrali prevedano anch'essi

una riconversione in acciaieria elettrica, con la sostituzione dell'altoforno con impianti a riduzione diretta del minerale. In Figura 13, viene mostrato un impianto di riduzione diretta, alternativo all'altoforno. Tali impianti saranno meno impattanti dal punto di vista ambientale in quanto potranno utilizzare l'idrogeno, preferibilmente green, quale agente riducente.

Inoltre, potranno essere affiancati da forni elettrici per la produzione dell'acciaio a partire da minerale ridotto attraverso i metodi elencati in precedenza.

Dal punto vista delle materie prime, quindi, l'industria siderurgica necessita o di minerale o di rottame. Il minerale, come già evidenziato, è assai scarso sul territorio nazionale, che non presenta siti di estrazione di minerali ferrosi di interesse. Inoltre, data la situazione geopolitica attuale, il reperimento di tali risorse a livello mondiale risulta estremamente difficile e problematico dal punto di vista economico (tali risorse sono soggette a significative oscillazioni di valore a causa dell'instabilità dei mercati). Per quanto concerne il rottame, tale risorsa è facilmente reperibile attraverso specifici punti di raccolta, presenti sia sul territorio nazionale sia all'estero. Il problema principale del rottame è che la sua disponibilità potrebbe diventare nel

medio/breve periodo assai scarsa, a causa del forte incremento del suo utilizzo da parte dell'acciaieria elettrica in ragione degli obiettivi di decarbonizzazione da raggiungere.

E' naturale immaginare che tale risorsa diventi strategica a livello sia nazionale sia internazionale al pari del minerale di ferro. Non va dimenticato, inoltre, che fra le materie prime richieste, oltre a quelle energetiche (gas naturale e idrogeno), di cui si è discusso nella precedente sezione, vanno incluse anche le materie prime utilizzate per condizionare la chimica del materiale, quali il polverino di carbone e le ferroleghie, i materiali utilizzati per produrre/condizionare le scorie e quelli utilizzati per la produzione di materiali refrattari. In Figura 14 viene mostrato un impianto per il trattamento delle scorie.

Negli ultimi tempi va prendendo forma l'obiettivo di prelevare risorse dalle miniere urbane (rifiuti di origine diversificata) oppure di rinobilitare le materie seconde (scarti di produzione). Alcuni esempi pratici di realizzazione effettiva di tali soluzioni riguardano i diversi tentativi fatti per sostituire in parte o del tutto il polverino di carbone utilizzato nei forni elettrici. In particolare, diversi sforzi sono stati fatti nella direzione dell'utilizzo di carbone di origine vegetale o di carbonio derivante da materiale polimerico di rifiuto. Questi tentativi hanno portato a risultati soddisfacenti, ma non ancora sufficienti a consentire un utilizzo estensivo di tali materiali. Mediante

lo sfruttamento delle miniere urbane, vi è, inoltre, la possibilità di estrarre dai rifiuti elementi chimici nobili, che possono essere riutilizzati per la produzione dell'acciaio. E' questo il caso, ad esempio, delle terre rare. Gli scarti di acciaieria (scorie, mattoni refrattari) possono a loro volta essere utilizzati per ricavare risorse primarie per la produzione dell'acciaio e non solo quale semplice riempitivo in ambito edile (un impiego di fatto assai scadente). In tutti i casi, occorre anche tener presente che il materiale riciclato ha sempre un limite di riciclabilità, oltre il quale il materiale così ottenuto non soddisfa più i requisiti qualitativi originari. Ad esempio, per quanto riguarda l'acciaio, vi è il problema dell'incremento del contenuto di rame da un riciclo al successivo, rame che non può essere eliminato dall'acciaio liquido durante il processo produttivo, impiegando gli accorgimenti chimici tradizionali, in maniera economicamente vantaggiosa.

Quanto detto a riguardo delle problematiche dell'acciaieria moderna si applica anche alle fonderie e simili sono pure le strade intraprese per la risoluzione dei problemi. In aggiunta, nell'ambito delle fonderie, da qualche tempo, vi è un riciclo/recupero importante delle terre di fonderia per i processi di fonderia in sabbia, problematica molto sentita nel recente passato. Con le tecnologie attuali, le sabbie usate vengono rigenerate e tagliate con sabbie nuove, riducendo di molto lo scarto prodotto per tali materiali.

Figura 14: Un impianto per il trattamento delle scorie.



4. Formazione e dimensione sociale della fabbrica

4.1 Il ruolo della formazione

La dimensione della formazione, vista a diversi livelli, è di fondamentale importanza per l'attuazione dei percorsi di evoluzione tecnologica descritti in precedenza, come evidenziato anche in un significativo documento del World Economic Forum [Report 2023]. L'aspetto formativo deve essere inteso sia in senso tradizionale, a tutti i livelli (dalle scuole dell'obbligo all'università), sia come formazione in ambito lavorativo (del personale operante). Diverse interazioni con realtà operanti nel territorio hanno mostrato come a livello aziendale vi siano delle notevoli difficoltà nel reclutare nuove risorse di personale, che si vorrebbe fossero già incanalate in un percorso professionalizzante durante il periodo formativo. Inoltre, pur riconoscendo l'importanza dei percorsi di formazione tradizionali, largamente basati sulla didattica frontale, è emerso il desiderio di dare alle attività di formazione un taglio più pratico/laboratoriale. A questo riguardo, diversi membri del gruppo hanno voluto sottolineare come, in uno scenario presente e futuro che vede e sempre più vedrà cambiamenti rapidi e profondi, una formazione attenta agli aspetti di natura fondazionale e metodologica rimanga essenziale.

Dal punto di vista della formazione del personale operante in azienda, è di regola garantita una formazione continua che sola consente di stare al passo con l'evoluzione continua che caratterizza i diversi ambiti. Oltre a ciò, vengono assegnati degli spazi sempre più ampi alle attività di formazione nell'area delle "soft skill". Tali abilità sono oggi comunemente riconosciute come fondamentali per consentire un'efficace interazione con culture differenti e la risoluzione di problemi complessi disponendo di una quantità minima di informazioni. Alla formazione del personale operante in azienda si affianca l'altrettanto importante formazione dei clienti (training finalizzato alla gestione degli impianti e formazione nell'ambito delle tecniche di fonderia). Le questioni più importanti sono, però, relative alla formazione futura e alla possibilità di definire delle linee guida in grado di orientarla nella giusta direzione. Per approfondire tali temi, si è presa visione del documento redatto dal CoMet, ramo accademico dell'Associazione Italiana di Metallurgia (AIM), intitolato "Metallurgia 2040", ispirato a sua volta al documento "Ingegneria 2040". Il documento pone l'attenzione sulle traiettorie di cambiamento dell'ingegneria per delineare dei nuovi modelli formativi. A tal fine, individua delle sfide globali che coinvolgono la metallurgia: la digitalizzazione, la manifattura innovativa, la sostenibilità ambientale (energia e materie prime) e le materie prime critiche. Tutti temi che sono stati trattati nelle precedenti sezioni del presente documento. Ovviamente, scopo ultimo delle attività di formazione è avere delle persone adeguatamente preparate, in possesso del background formativo di base in ambito metallurgico e, nel contempo, in grado di gestire tutte



Figura 15: Attività di formazione per studenti universitari (Officina Pittini per la formazione).

le innovazioni in corso.

Nel dettaglio, si vuole dare una nuova veste pulita e sicura all'industria metallurgica in generale, grazie soprattutto all'utilizzo delle tecnologie digitali, e garantire una formazione più rapida, ricorrendo anche a risorse esterne altamente qualificate in ambito aziendale. Inoltre, si vuole garantire una formazione continua in tutti i settori rilevanti richiamati in precedenza. Il documento delinea anche alcune possibili strade per raggiungere tali obiettivi quali incrementare la collaborazione tra ricerca universitaria e aziende, integrare i percorsi di studio con competenze professionali di alto livello, rendere la disciplina metallurgica più trasversale, coinvolgendo più corsi di studio, e promuovere l'esperienza lavorativa, nella forma dell'attività di tirocinio, quale esperienza di formazione. In Figura 15, viene mostrata un'attività di formazione per studenti universitari presso le Officina Pittini per la formazione.

Sul versante della formazione, non può essere dimenticato il terzo livello, quello dei percorsi di dottorato, ai quali si affiancano, in qualche modo, i master universitari di primo e secondo livello. In molte realtà universitarie, incluse quelle presenti nel nostro territorio, si tratta di iniziative già presenti e radicate. Ad esempio, l'Università degli Studi di Udine offre un dottorato in "Industrial and information engineering" e un dottorato in "Energy and environmental engineering", che approfondiscono numerose tematiche di ricerca di rilievo per la metallurgia in generale, e la siderurgia in particolare, e la sostenibilità. Analoghi percorsi di dottorato sono presenti in altri atenei del Triveneto. Per quanto riguarda i master, un caso esemplare è quello del master di primo livello in "Ingegneria metallurgica" dell'Università degli Studi di

Udine. Tale master, giunto alla quindicesima edizione, coinvolge docenti di ambito metallurgico di diversi atenei del Triveneto ed è frequentato sia da neolaureati sia da personale impiegato nelle aziende del territorio. Sono più di un centinaio gli studenti che hanno conseguito tale titolo. Inoltre, vanno tenute presenti le iniziative di formazione e, più in generale, le interazioni col territorio promosse direttamente dalle aziende. Sono molte e sono cresciute di numero nel tempo. A scopo esemplificativo, citiamo le iniziative di Officina Pittini per la formazione e il progetto formativo Danieli. Nel primo caso, vengono offerti dei corsi di formazione per il personale dell'azienda, aperti anche a personale esterno. Il progetto Danieli è più articolato e comprende più azioni formative a diversi livelli (dalle scuole dell'infanzia alla Danieli Academy). In generale, i percorsi proposti offrono corsi di formazione su tematiche di interesse aziendale, ma comprendono anche argomenti di discipline non riconducibili all'ambito metallurgico. In Figura 16 e in Figura 17 vengono mostrate rispettivamente attività di formazione interna e internazionale della Danieli Accademy. Un discorso a parte meritano i percorsi di formazione nel settore degli ITS.

È questo il caso, ad esempio, dell'ITS Malignani, di cui Danieli è capofila, che ha lo scopo di avvicinare i giovani diplomati al mondo del lavoro.

Vi è infine, una dimensione peculiare della formazione, che non riguarda i soggetti operanti in prima persona nel settore siderurgico, ma la popolazione che vive nel territorio ove si colloca l'impresa siderurgica. Tale attività di formazione ha l'obiettivo di promuovere una migliore integrazione dell'impresa con il territorio/la popolazione locale. La presenza di un impianto siderurgico in prossimità di centri abitati



Figura 16: Formazione interna (Danieli Accademy).

viene spesso mal vista dalla popolazione residente in quanto considerato un impianto altamente inquinante. Ciò nonostante le tecnologie correntemente utilizzate rendano tale definizione inappropriata se riferita agli attuali impianti siderurgici. Grazie ad un elevato livello di automazione dei processi, combinato con un'oculata gestione delle risorse, sono, infatti, stati realizzati degli impianti con un basso grado di inquinamento. Inoltre, nella classe dirigente si è sviluppata una sempre più forte attenzione verso l'impatto ambientale delle fabbriche, grazie anche ad obiettivi condivisi a livello comunitario (decarbonizzazione). Dell'evoluzione dei rapporti tra fabbrica e territorio/comunità di riferimento ci occuperemo diffusamente nella prossima sezione.

Di fatto, l'immagine pubblica della siderurgia è ancora segnata dalla memoria di ciò che è stata in passato. Per superare tale retaggio, un importante contributo può giungere dai corsi di laurea universitari.

È stata citata, quale esempio significativo, la laurea magistrale interclasse gestionale/meccanica dal titolo: "Industrial Engineering for Sustainable Manufacturing", recentemente avviata dall'Università degli Studi di Udine. Tale percorso di laurea contiene un indirizzo di specializzazione dedicato alla produzione e ai materiali, all'interno del quale la metallurgia/siderurgia green ha un peso rilevante. Inoltre, a conferma dell'unicità di tale percorso di laurea, un ampio spazio è riservato ad attività laboratoriali e incontri con esperti aziendali, con l'obiettivo di avvicinare quanto più possibile università e aziende. Non da ultimo, la possibilità di svolgere attività di tirocinio e/o tesi (riconosciute con crediti formativi universitari) presso alcune aziende partner, che hanno supportato la laurea fin dalla nascita, contribuisce ulteriormente al rafforzamento e alla valorizzazione di tale rapporto.



Figura 17: Formazione internazionale (Danieli Accademy).

4.2 La fabbrica all'interno del territorio e della comunità

Negli ultimi decenni, ha preso piede e si è progressivamente sviluppata una concezione della fabbrica non più estranea al territorio e alle comunità circostanti, ma pienamente inserita nel contesto locale. Tale filosofia, che muove da motivazioni molteplici e complesse, si prevede possa continuare e ulteriormente svilupparsi nei prossimi anni, divenendo un elemento rilevante nello sviluppo della nuova fabbrica del ventunesimo secolo.

Vediamo allora dove si possono rintracciare le ragioni di una simile concezione. Si tratta di una serie di fenomeni, movimenti culturali e acquisizioni della conoscenza che congiuntamente hanno determinato tale pensiero. Partiamo, ma non perché riteniamo che sia l'elemento più importante, dalla globalizzazione, non senza far notare un apparente paradosso: proprio quando si innesca un fenomeno che tende ad allargare l'orizzonte verso l'intero pianeta, si riscoprono le peculiarità di un territorio e le sue caratteristiche e fra queste i siti produttivi. La globalizzazione rileva in questo caso perché allarga gli orizzonti delle economie nazionali ad ambiti che fino a quel momento non erano stati considerati (si tende generalmente a collocare l'origine di questo fenomeno a un noto articolo di Theodore Levitt del 1983 [Levitt 1983]). In questo senso, quindi, ci si apre alle influenze di altri luoghi e ad altre culture e si rompono i rigidi schemi delle economie nazionali, con i loro meccanismi di protezione, che inevitabilmente conducevano alla chiusura e alla volontà di "preservare all'interno" le produzioni autoctone. Le catene di fornitura diventano più complesse e articolate e le reti più ampie e qualche barriera comincia a cadere.

Non è questa la sede per fare una disamina esaustiva del fenomeno della globalizzazione (oggi entrato per diverse ragioni in una fase di crisi, nel senso etimologico del termine) e ci accontenteremo pertanto di quanto sommariamente sopra esposto. C'è, però, un lato collegato alla globalizzazione che genera una corrente culturale rilevante ai nostri fini. In particolare, c'è un termine chiave divenuto importante ai giorni nostri che già abbiamo più volte richiamato: quello della sostenibilità. Un'economia di mercato in forte crescita comincia a interrogarsi sul senso del limite, sulla convinzione che il nostro pianeta non sia in grado di sostenere una produzione indefinita e continuamente in espansione. Piuttosto, si fa strada l'idea che il livello ottimale di produzione sia quello "sostenibile" in termini non solo puramente economici, ma anche ambientali, sociali e umani. Nasce la Responsabilità Sociale di Impresa (anche qui, idealmente, possiamo far risalire la nascita compiuta di questo concetto ad un saggio di Robert E. Freeman del 1984), che fra i vari fattori introduce quello di un rispetto da parte dell'impresa e, quindi, delle fabbriche, della comunità locale, intesa come forte portatrice di interessi e, di conseguenza, necessariamente da coinvolgere, servire e rispettare. Non si tratta ovviamente di questioni nuove, né in ambito economico (il concetto di esternalità è noto da decenni), né in ambito sociale e civile (con un pizzico di orgoglio possiamo senza sforzi ricordare l'esempio

di Adriano Olivetti). Si tratta tuttavia di meccanismi che giungono a maturazione proprio alla fine del ventesimo secolo.

C'è un'altra faccia della medaglia rispetto alla quale è possibile leggere il concetto di sostenibilità: quella dei movimenti ambientalisti. Una serie di incidenti dalle notevoli conseguenze nei confronti dell'ambiente circostante (culminati nell'incidente alla centrale nucleare di Chernobyl del 1986) generano un aumento della consapevolezza da parte dei cittadini e producono delle pressioni sulle diverse componenti sociali, compresi gli attori della produzione. Le comunità locali cominciano a richiedere con forza una sorta di controllo sui siti produttivi locali, che devono necessariamente iniziare a produrre una serie di informazioni, a fornire dati che ne aumentino la trasparenza, a mostrare di essere alleati e non nemici del contesto locale. Ovviamente, in questa sede, non ci interessa analizzare dal punto di vista politico queste correnti di pensiero, ma piuttosto ci preme sottolineare come questi movimenti di pensiero richiedano alla fabbrica di "posizionarsi" diversamente rispetto al territorio, abbattendo in una certa misura le barriere.

La tecnologia è anch'essa un potente strumento che favorisce l'apertura della fabbrica. Abbiamo già parlato altrove del fenomeno pervasivo della digitalizzazione. Richiamiamo qui il fatto che Internet e globalizzazione sono due facce della stessa medaglia (astenendoci qui dal dibattito su quale delle due sia causa dell'altra, ovvero, come pare ancora più ragionevole, se sia stato il nuovo assetto dell'economia mondiale a generarle entrambe): i mercati mondiali possono essere raggiunti anche grazie al fatto che strumenti come i siti web, la posta elettronica, le transazioni finanziarie elettroniche diventano commodity. Nascono i business digitali, che spingono ulteriormente l'adozione di tecnologie che ci mettono in brevissimo tempo in contatto con moltissimi stimoli e persone e favoriscono una circolazione dell'informazione senza precedenti. Nasce la cosiddetta open innovation: l'innovazione non è più prodotta solamente all'interno delle mura aziendali, ma si avvale del contributo di idee che provengono dall'esterno rispetto al contesto della singola impresa (significativo in questo senso un noto libro di Henry W. Chesbrough del 2003 [Chesbrough 2003]). Se si aprono le aziende, si aprono anche le fabbriche e progressivamente le fabbriche stesse si digitalizzano (si veda la sezione dedicata a tale aspetto). La fabbrica digitale non è più, quindi, il mastodonte caratterizzato da macchinari enormi che occupano superfici imponenti. È il trionfo della fabbrica leggera, la cosiddetta lean production (si fa comunemente risalire la nascita di questo fenomeno all'importante lavoro di John F. Krafcik del 1988 [Krafcik 1988], che costituiva anche la sua tesi di laurea!), una fabbrica che si alimenta delle continue innovazioni tecnologiche che si generano in un mondo sempre più interconnesso. Chiudono le fabbriche dei primi anni del secondo dopoguerra e diventa molto più diffusa la disciplina dell'"archeologia industriale" (fondamentale in questo senso il saggio omonimo di Andrea Carandini del 1978 [Carandini 1978]). La fabbrica diviene un oggetto di conservazione, legato a fenomeni turistici. Per la prima volta si pensa alla fabbrica come a un qualcosa che può essere visitato e ammirato non per scopi direttamente legati

alla produzione, ma anche per puri scopi ricreativi. Il tutto, all'interno di un movimento ben più vasto, che va sotto il nome di "rigenerazione urbana", che mira a una profonda riqualificazione del territorio per renderlo più vivibile.

Queste, in estrema sintesi, ci paiono essere le ragioni per le quali si è sviluppata oggi una richiesta di forte apertura del luogo fabbrica, inteso come spazio appartenente a una comunità territoriale alla quale l'impresa che la fabbrica possiede vuole a sua volta appartenere. Se si pensa al futuro, crediamo che si debba ritenere che questa tendenza si possa ulteriormente consolidare. Diamo qui alcuni elementi che possono convincere della validità di tale affermazione. In primo luogo, anche in reazione a una globalizzazione che ha mutato molto (troppo?) velocemente gli stili di vita tradizionali, si assiste a un fenomeno di ritorno alle produzioni locali, sia sul versante della domanda, sia su quello più squisitamente produttivo (in-shoring e accorciamento della catena di fornitura). Questo avviene senza tuttavia mutare la persistenza di reti lunghe aperte che favoriscono la diffusione delle conoscenze e lo scambio di buone pratiche. Si arriva così a sistemi produttivi più localizzati, che si avvalgono di sistemi di conoscenza globali e diffusi (si pensi, ad esempio, alle Comunità Energetiche Rinnovabili, strumento europeo introdotto dalla Direttiva RED II del 2022). Un altro elemento, già sottolineato in precedenza, è quello della formazione, che diventa sempre più cruciale anche per i sistemi produttivi a causa delle dinamiche demografiche e della conseguente progressiva scarsità di risorse qualificate cui le aziende devono fare fronte. A questo si aggiunge il fatto che la complessità tecnologica dei sistemi produttivi impone un ripensamento della formazione: oltre a quanto si fa nei percorsi formativi standard di tipo istituzionale, va dato grande spazio alla formazione sul campo. Una fabbrica aperta è, quindi, necessaria anche per far conoscere maggiormente l'ambiente lavorativo nel quale le risorse da formare dovranno lavorare. In Figura 18, viene mostrata un'immagine di una visita agli impianti del gruppo Pltini nel contesto di un'attività di formazione.

Proseguirà, inoltre, il tema dell'accountability, una responsabilità sociale sempre più allargata a diversi domini. Non solo quello ambientale, ma anche quello sociale e territoriale. Con la necessità sempre crescente di definire standard di qualità e di trasparenza aperti e rendicontabili con facilità. Una tendenza divenuta ancora più importante in un'epoca come quella attuale spesso caratterizzata da atteggiamenti anti-scientifici e anti-tecnologici, che talvolta hanno le radici proprio in una mancanza di conoscenza reale di ciò che viene visto con paura e pregiudizio. Ecco che aprire la fabbrica diventa un'esigenza tesa a prevenire atteggiamenti che puntano a bloccare particolari tipologie di produzione industriale.

I meccanismi dell'innovazione saranno sempre più caratterizzati da apertura, partecipazione, collaborazione e spesso avverranno all'interno di ecosistemi territoriali complessi, che mettono insieme il contributo di più aziende, in una logica aperta. Il tasso di aggiornamento delle tecnologie è diventato, infatti, così rapido che solo una logica collaborativa impedisce realmente di rimanere indietro. Saranno, inoltre, i clienti stessi a richiedere una maggiore conoscenza del prodotto, affinché sia in

grado di soddisfare maggiormente le loro richieste. In taluni casi, potranno arrivare ad influenzare significativamente persino la produzione. L'aumento della specializzazione produttiva favorirà, inoltre, i meccanismi collaborativi, che permettano di costruire prodotti da un lato più complessi e dall'altro più versatili.

Infine, sarà la fabbrica stessa a diventare "oggetto di attrazione". Talvolta anche di attrazione turistica, confermando un trend di cui si vedono già gli albori, verso la costruzione di esperienze per il tempo libero che stimolino la curiosità dei clienti/utenti, facendone crescere la consapevolezza. In uno scenario nel quale vi sarà una competizione fra territori che farà crescere la "competitività allargata" dei vari concorrenti, anche in virtù dell'offerta produttiva che una regione sarà in grado di produrre.



Figura 18: Visita agli impianti per attività di formazione (Officina Pittini per la formazione).



5. Conclusioni

Non è semplice distillare dalle molte considerazioni svolte delle previsioni sul futuro della siderurgia. La storia, anche quella recente, ci insegna che tutto può cambiare in modo molto rapido. Detto questo, non vogliamo eludere il compito che ci siamo dati.

La prima affermazione che ci sentiamo di fare è che dell'acciaio non si potrà fare a meno nemmeno in futuro, almeno nel futuro oggi immaginabile. Tanti e tali sono gli utilizzi dell'acciaio che non si intravedono materiali in grado di sostituirlo in modo esteso ed efficace. Altro discorso è la risposta alla domanda: "quale acciaio"? Acciaio ottenuto dalla materia prima o attraverso il ciclo rottame? La seconda modalità è decisamente prevalente in realtà come quella italiana. A livello mondiale, l'incertezza geopolitica ha portato in alcuni casi alla riconsiderazione di miniere ritenute nel recente passato antieconomiche per gli alti costi. Non sembra al momento possibile immaginare una sostituzione completa della materia prima col rottame. Quel che si può prevedere è l'utilizzo sistematico del forno elettrico anche negli impianti tradizionali al fine di ridurre l'impatto ambientale, utilizzando l'idrogeno (green) quale agente riducente.

La seconda affermazione è che la fabbrica del futuro sarà sempre più una fabbrica di tecnici e non di operai. In verità si tratta di un processo in atto da tempo. È questo l'esito prevedibile della transizione digitale. Gli strumenti più avanzati di robotica e intelligenza artificiale consentono, e consentiranno sempre più, di automatizzare processi che si riteneva fossero di esclusiva competenza umana. La robotica collaborativa consentirà il superamento della rigida separazione degli spazi di lavoro di robot ed esseri umani, mentre l'intelligenza artificiale porterà a una gestione automatizzata di una molteplicità di processi. In particolare, gli strumenti di apprendimento automatico, applicati ai processi industriali, consentiranno di raggiungere alti livelli di sicurezza ed efficienza. Si pensi, ad esempio, agli strumenti per il rilevamento anticipato di guasti e malfunzionamenti e alla manutenzione predittiva.

Altro tema cruciale è quello dell'energia. Il problema dell'energia potrà essere in parte alleviato tramite il risparmio energetico e l'utilizzo di fonti alternative a basso impatto ecologico, ma non risolto. L'utilizzo del nucleare nella sua forma attuale (energia da fissione nucleare, prodotta dai sistemi oggi disponibili, assai diversi da quelli del passato anche recente) o futura (energia da fusione nucleare) sembra al momento l'unica alternativa a un utilizzo consistente delle fonti fossili. Si tratta, però, di un tema delicato, che coinvolge non solo questioni di natura scientifica, tecnologica ed economica, ma anche sociale e politica.

Vi è poi il fattore geopolitico. L'attuale contesto economico mondiale è sempre più permeato da un'incertezza sistemica, che non riguarda più solo eventi imprevedibili a breve termine, ma si struttura come una componente permanente dello scenario globale. Le catene del valore, precedentemente articolate secondo logiche di effi-

cienza e specializzazione geografica, stanno subendo una profonda trasformazione. La ricerca di sicurezza strategica da parte degli Stati e delle imprese ha infatti dato avvio a processi di rilocalizzazione e diversificazione delle forniture, che introducono discontinuità difficilmente modellabili secondo i paradigmi previsionali classici. Inoltre, le tensioni geopolitiche e le misure protezionistiche – come dazi, tariffe e sanzioni – rendono instabili i costi e i tempi di approvvigionamento, alterando i meccanismi di formazione dei prezzi lungo le filiere. Questo si traduce in una maggiore volatilità nei margini aziendali e in difficoltà strutturali nella pianificazione degli investimenti. Anche la domanda aggregata risente dell'incertezza, perché imprese e famiglie tendono a rimandare decisioni di spesa e investimento in attesa di scenari più stabili. Questi fattori rendono le proiezioni economico/sociali sin qui formulate, comprese quelle dello studio in oggetto, suscettibili di revisioni in certi casi anche sostanziali. La complessità degli scenari limita, quindi, ogni precisione predittiva, che deve necessariamente essere improntata alla prudenza, sia nel breve periodo, sia, a maggior ragione, nel medio e lungo termine.

C'è un ultimo tema che non può essere eluso e che, anche in una prospettiva storica, ha avuto un peso notevole. La sindrome del Nimby (not in my back yard) ha condizionato e condiziona fortemente le strategie di sviluppo non solo del comparto, ma dell'intero sistema produttivo nazionale. Si dovrà lavorare molto anche su questo fronte e non sarà facile in un contesto nel quale la visione e l'impegno non sono e non sono mai stati planetari. Che immagine la storia ci consegna della siderurgia? Quando si parla di industria dell'acciaio, quanto conta il ricordo dei grandi impianti a ciclo integrale?

Quanto influiscono i dati sull'impatto ambientale e sull'incidenza delle patologie nelle aree prossime ai grandi insediamenti? Quanto pesano le immagini dei lavoratori con la tuta d'amianto accanto alle siviere o il ricordo delle tragedie (pensiamo all'incidente di Torino alla ThyssenKrupp)? Nell'ormai lontano 2010, Federacciai affidò all'Ispo un'indagine sulla reputazione e l'immagine del comparto siderurgico in Italia. Ebbene, il 52% degli intervistati esprime un giudizio di sintesi negativo e alla domanda: Quanto il comparto comunica verso l'esterno? L'83% rispose "da poco a nulla". Crediamo sia opportuno lavorare anche sul piano formativo e informativo per restituire ai non addetti ai lavori un'immagine corretta, trasparente e non distorta della moderna siderurgia, la qual cosa si combina con la necessità per le aziende di declinare correttamente il termine "sostenibilità", di maturare pienamente la consapevolezza del proprio ruolo e della responsabilità morale e sociale nei confronti delle persone e dell'ambiente che circonda gli stabilimenti e nel quale si inseriscono le comunità locali con cui giocoforza si interfacciano.

Bibliografia

- [Amatori e Licini 2006] F. Amatori e S. Licini (curatori), Dalmine 1906-2006. Un secolo di industria, Quaderni della Fondazione Dalmine, 5, Bergamo 2006.
- [Balconi 1991] M. Balconi, La siderurgia italiana (1945-1990). Tra controllo pubblico e incentivi del mercato, Bologna 1991.
- [Bonelli 1977] F. Bonelli, Lo sviluppo di una grande impresa in Italia. La Terni dal 1884 al 1962, Torino 1977.
- [Carandini 1978] A. Carandini, Archeologia industriale, Ricerche di storia dell'arte, vol. 7, 1978.
- [Carparelli 1982] A. Carparelli, I perché di una "mezza siderurgia". La società Ilva, l'industria della ghisa e il ciclo integrale negli anni Venti, in Acciaio per l'industrializzazione. Contributi allo studio del problema siderurgico italiano, a cura di F. Bonelli, Torino 1982, pp. 3-168.
- [Chesbrough 2010] H. W. Chesbrough, Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology, Harvard Business Review Press, 2003.
- [Colla 2022] Colla, V., A Big Step Ahead in Metal Science and Technology through the Application of Artificial Intelligence. IFAC-PapersOnLine, 55, 1-6, 2022.
- [Doria 2004-2005] M. Doria, La siderurgia a Genova nel secondo dopoguerra. Nuovi investimenti, ristrutturazioni, lotte operaie, "Annali di storia dell'impresa", 15-16 (2004- 2005), pp. 75-106.
- [Falchero 1995] A.M. Falchero, Le strutture e l'evoluzione dell'Ansaldo, in Storia dell'Ansaldo, II, La costruzione di una grande impresa. 1883-1902, a cura di G. Mori, Roma- Bari 1995, pp. 27-53.
- [Freeman 1984] R. E. Freeman, Strategic Management. A Stakeholder Approach, Cambridge University Press, 1984.
- [Frumento 1952] A. Frumento, Imprese lombarde nella storia della siderurgia italiana: il contributo dei Falck, I, 1833-1913, Milano 1952.
- [Inayat 2023] Inayat, A., Current Progress of Process Integration for Waste Heat Recovery in Steel and Iron Industries. Fuel, 338, 127237, 2023.
- [Judt 2007] T. Judt, Dopoguerra, Mondadori, 2007 (p.11).
- [Krafcik 1988] J. F. Krafcik, Triumph of the lean production system, Sloan Management Review, vol. 41, Fall 1988.
- [Levitt 1983] T. Levitt, The globalization of markets, Harvard Business Review, May-June 1983.
- [Marchesi 2003] G. Marchesi, Quei laboriosi valligiani. Economia e società nella montagna bresciana tra il tardo Settecento e gli anni postunitari, Brescia 2003.
- [Milward 1999] A. Milward, The European rescue of the nation-state (2nd edition), Routledge, 1999.

[Mocarelli 1997] L. Mocarelli, La lavorazione del ferro nel Bresciano tra continuità e mutamento (1750-1914), in *Le vie dell'industrializzazione europea. Sistemi a confronto*, a cura di G.L. Fontana, Bologna 1997, pp. 721-759.

[Mori 1996] G. Mori, L'industria dell'acciaio in Italia, in *Storia dell'Ansaldo*, III, Dai Bombirini ai Perrone. 1903-1914, a cura di P. Hertner, Roma-Bari 1996, pp. 31-65.

[Osti 1993] G.L. Osti, L'industria di Stato dall'ascesa al degrado. Trent'anni nel gruppo Finsider. Conversazioni con Ruggero Ranieri, Bologna 1993.

[Pedrocco 2000] G. Pedrocco, Bresciani. Dal rottame al tondino. Mezzo secolo di siderurgia 1945-2000, Milano 2000.

[Piluso 1999] G. Piluso, Il passaggio dell'Ansaldo all'Iri (1933-1935), in *Storia dell'Ansaldo*, VI, Dall'Iri alla guerra, a cura di G. De Rosa, Roma-Bari 1999, pp. 51-75.

[Ranieri 1996] R. Ranieri, Il piano Marshall e la ricostruzione della siderurgia a ciclo integrale, "Studi storici", 37 (1996), pp. 145-190.

[Report 2023] Report, C., Mining and Metals: Trends , Challenges and the Way Forward, 2023.

[Robiony 2012] M. Robiony, Oscar Sinigaglia: la siderurgia al servizio del Paese, "Storia economica", XV (2012), pp. 39-63;

[Robiony 2012] M. Robiony, Nati per la meccanica. L'avventura imprenditoriale di Mario e Luigi Danieli, Udine 2012.

[Scagnetti 1923] G. Scagnetti, La siderurgia in Italia, Roma 1923.

[Shahabuddin 2023] Shahabuddin, M.; Brooks, G.; Rhamdhani, M.A., Decarbonisation and Hydrogen Integration of Steel Industries: Recent Development, Challenges and Technoeconomic Analysis. *J. Clean. Prod.*, vol. 395, 136391, 2023.

[Sinigaglia 1948] O. Sinigaglia, Alcune note sulla siderurgia italiana, Roma 1948.

[Suopajärvi 2018] Suopajärvi, H.; Umeki, K.; Mousa, E.; Hedayati, A.; Romar, H.; Kemppainen, A.; Wang, C.; Phounglamcheik, A.; Tuomikoski, S.; Norberg, N.; et al., Use of Biomass in Integrated Steelmaking – Status Quo, Future Needs and Comparison to Other Low-CO2 Steel Production Technologies. *Appl. Energy*, vol. 213, 384-407, 2018.

[USGS 2024] U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2024.

[Villari 2008] L. Villari, Le avventure di un capitano di industria, Torino 2008.

[Yang 2023] Yang, L.; Hu, H.; Wang, M.; Chen, F.; Wang, S.; Guo, Y.; Yang, S.; Jiang, T., Comparative Life Cycle Assessment and Techno-Economic Analysis of Electric Arc Furnace Steelmaking Processes Integrated with Solar Energy System. *J. Clean. Prod.*, 425, 138868, 2023.

[WSA 2023] World Steel Association, Steel Statistical Yearbook, 2023. [WSA 2024] worldsteel.org (home page).

