BOLLETTINO

DEL COORDINAMENTO INGEGNERI E TECNICI

APPROFONDIMENTI, ANALISI E NOTIZIE DALLE AZIENDE DEL MONDO HI-TECH - NOVEMBRE 2026

L'inflazione erode il potere d'acquisto

PER UNA VERTENZA CONFEDERALE DI AUMENTO SALARIALE

In Italia la retribuzione reale media cala in 35 anni del 2%, mentre la media OCSE vede un aumento medio del 35%; in Francia +34%, in Germania +35%, in Inghilterra +47%. Tutti avanti, l'Italia indietro (vedi FIG. 1).

Dall'introduzione dell'euro, le aziende italiane sono passate dalla svalutazione della moneta alla svalutazione salariale per tenere il passo con la concorrenza. Una scorciatoia che ha disincentivato gli investimenti in macchinari e nuove tecnologie: questo è il vero problema della mancata crescita della produttività. Problema causato anche dalla piccola dimensione media delle aziende: la quota di addetti nelle imprese con almeno 250 occupati è del 26% in Italia, del 44% in Germania e del 46.1% in Francia (Corriere della Sera 21/10/26).

Il modello contrattuale, che ha le sue radici negli anni Novanta, non consente il recupero salariale essenzialmente per due motivi: l'indice utilizzato, l'IPCA-NEI (tasso di inflazione depurato dai costi energetici), si dimostra assolutamente inadeguato e, soprattutto, il rinnovo dei contratti accusa ritardi che possono protrarsi per mesi, se non per anni.

La pandemia, le guerre e gli scossoni nell'economia mondiale hanno prodotto fiammate sui prezzi che aggravano il problema (Fig. 3). Per l'ISTAT, l'aumento nominale del reddito delle famiglie è stato tutto mangiato dall'inflazione. Più euro, ma stessa capacità di spesa, «*come se avessimo in tasca i soldi del 2010!*».

Commenta A. Garnero, economista dell'OCSE: «*Essere il 6% sotto il potere di acquisto del 2021 equivale a lavorare venti giorni all'anno gratis*». L'economista aggiunge che l'ultimo argine sono i nonni: «*I trasferimenti intrafamiliari. Ma anche quelli arriveranno alla fine. Chi ha ereditato un appartamentino e l'ha messo su Airbnb ha fatto benissimo, ma sul piano generale è la rendita che rimpiazza il lavoro*» (Repubblica, 6/10/26). Anche a Milano, dove i redditi medi sono superiori alla media nazionale, gli aumenti dell'ultimo decennio non tengono il passo con l'inflazione (Fig 2).

Ora le tensioni nel Golfo Persico stanno innescando una nuova impennata dei prezzi. Le bollette del gas e della luce toccano il massimo, andare al lavoro in auto costa decisamente di più, così come fare la spesa al supermercato. A questo si aggiunge un aumento dei tassi di interesse che si scarica sui mutui.

Il fiscal drag, poi, costituisce di fatto una tassa «invisibile» che colpisce i dipendenti. L'incremento nominale dei salari dei contratti collettivi, anziché compensare il carovita, finisce in tasse perché scaglioni e detrazioni non sono indicizzati all'inflazione. Una penalizzazione che continua ad agire sui lavoratori dipendenti e sui pensionati sottoposti all'IRPEF progressiva, mentre una parte crescente degli altri redditi beneficia di regimi sostitutivi o flat tax. Gli strati più fragili pagano di più. Anche in termini di sicurezza. Secondo il XVI Rapporto annuale del Ministero del Lavoro, il sistematico sfruttamento della manodopera immigrata si accompagna a una maggiore esposizione a condizioni lavorative più insicure. I decessi sul lavoro degli stranieri sono stati pari al 23,1% di tutti i morti sul lavoro registrati in Italia. Un record che tutti fanno finta di non vedere.

Sul fronte delle retribuzioni, l'Italia detiene il primato negativo tra i Paesi dell'area OCSE per la penalizzazione salariale sofferta dai lavoratori immigrati a parità di mansione e livello di istruzione. La retribuzione media annua per i lavoratori non UE è ancora del 31% inferiore alla media nazionale dopo 5 anni: una vera segregazione salariale.

Quindi cosa aspettano i sindacati a concentrarsi con determinazione sul tema salariale?

Occorre una vertenza trasversale, che coinvolga tutte le categorie e che impugni con forza la lotta per aumentare i salari. Ci sono energie e capacità che possono essere indirizzate verso questo obiettivo unificante per tutti i lavoratori, sia operai sia impiegati, a prescindere dal colore della pelle o dalla nazionalità di provenienza.

FIG.1 La variazione dei salari reali nei paesi OCSE 1990-2025 (%)

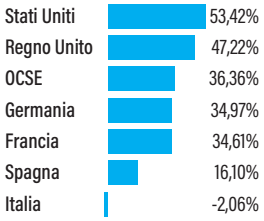
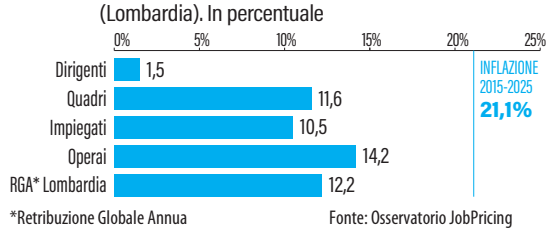


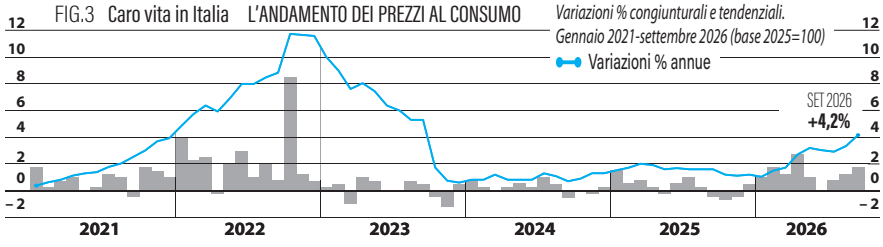
FIG.2 Retribuzione annua lorda. Variazione 2015-2025 (Lombardia). In percentuale



*Retribuzione Globale Annua

Fonte: Osservatorio JobPricing

FIG.3 Caro vita in Italia L'ANDAMENTO DEI PREZZI AL CONSUMO



Sommario

La corsa dell'Intelligenza Artificiale

La battaglia geopolitica dei modelli in competizione ..... pp. 2 e 3

Verso il Sole. Parte 2 ..... p. 4

Tecnologie duali e conversione industriale al cuore del riarmo europeo ..... p. 5

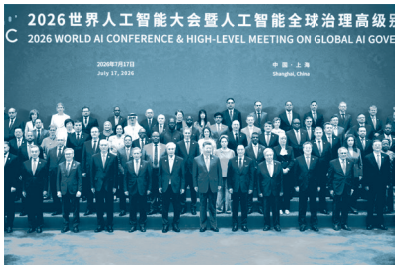
Le materie prime dei semiconduttori: dalla chimica alla geopolitica ..... pp. 6 e 7

Global critical materials

La Grafite ..... p. 8

La corsa dell'Intelligenza Artificiale

LA BATTAGLIA GEOPOLITICA DEI MODELLI IN COMPETIZIONE



Il lavoro di produzione del software, come tanti altri o forse più, a causa della sua natura intrinseca che subito porta la mente al sogno prometeico di una singolarità tecnologica, sta venendo completamente scardinato dal diffondersi degli strumenti di supporto alla programmazione basati su Large Language Model.

Dai primi pionieristici chatbot, capaci di identificare un bug relativamente ovvio dentro un breve frammento di codice, attualmente l'industria offre sistemi agenti capaci di pianificare veri e propri sistemi composti da molteplici moduli e descritti da centinaia di righe di programmazione.

La combinazione tra marketing e sensazionalismo giornalistico porta queste potenzialità a vendere "*il sito che si programma da solo*", "*l'app che puoi creare con pochi click*", fino a preconizzare la fine del mestiere per milioni di sviluppatori, ingegneri, tester, designer.

Certamente oggi non si scrive il codice come lo si poteva scrivere anche solamente due o tre anni fa: attività che potevano durare ore, adesso durano minuti. Attività noiose oggi sono più facilmente delegabili alla macchina. Migrazioni in nuovi linguaggi o architetture precedentemente richiedevano settimane o mesi di studio prima di giungere a un prototipo: ora il prototipo, o almeno la sua ossatura, viene prodotto in una decina di minuti al massimo.

Alcuni studi riportano una riduzione del 30% del tempo di review del sorgente e fino al 60% di maggior volume di sorgente prodotto nello stesso lasso temporale, con una soddisfazione degli utenti che viaggia verso l'85%.

In cosa si tradurrà questo portentoso effetto leva? Quali orizzonti si affacciano dal finestrino di questa nuova macchina a vapore? Lo sappiamo bene: il capitalismo non ti offre di andare a casa prima se hai già finito il lavoro di oggi. Semplicemente, deve nascere nuovo lavoro. La produzione deve aumentare, i tempi devono essere ristretti per battere la concorrenza, e così via.

Come già visto in tutte le rivoluzioni tecnologiche in altri settori produttivi, gli enormi investimenti producono quasi sempre un effetto bolla finanziaria, ma le infrastrutture fisiche costruite restano. La corsa ai data center inevitabilmente ha una distribuzione geografica che segue quella della concentrazione industriale e delle aziende di servizi.

Se proviamo a caratterizzare i maggiori competitors del settore in termini di apertura o chiusura del software sorgente, scopriamo cose molto interessanti: la distinzione closed/open funziona anche come arma geopolitica più che come semplice scelta di modello di business.

Il pattern USA è diviso, e la frattura corre dentro i singoli attori più che tra loro. OpenAI e Anthropic restano concentrati su modelli chiusi, ma Nvidia ha promosso una lettera di settore a sostegno dell'ecosistema open-weight. Meta, dal canto suo, ha rilanciato pesantemente sull'open weight con la famiglia Muse, posizionandolo esplicitamente come sfida sia a OpenAI/Anthropic sia, soprattutto, alla concorrenza cinese: Zuckerberg ha invocato pubblicamente un intervento di Washington per ridurre le restrizioni sui dati di training che penalizzano i laboratori americani nella competizione sui modelli aperti.

A livello di direttiva governativa, il documento chiave è "*Winning the Race: America's AI Action Plan*". Il piano dichiara esplicitamente che i modelli open americani devono affermarsi come standard globali e li definisce di "valore geostrategico" - non lasciando la scelta open/closed alla sola logica di mercato, ma trattandola come terreno di competizione sistemica con la Cina.

Parallelamente, il fronte securitario si è irrigidito: il NDAA FY2026 vieta al Pentagono l'uso di modelli DeepSeek/High-Flyer, ed è in discussione il "*No Adversarial AI Act*". Ma la realtà di mercato corre più veloce della policy: circa l'80% delle startup AI statunitensi ha già integrato almeno un modello open-source cinese nel proprio stack produttivo, e quasi 200 startup della Silicon Valley ("Little Tech Association") si sono opposte pubblicamente a restrizioni sull'uso di modelli open-weight cinesi.

L'UE si è costruita una narrativa di "sovranità digitale": tra i modelli più diffusi abbiamo Mistral (Francia) e Aleph Alpha (Germania). La logica dichiarata: modelli chiusi e stranieri creano un rischio strategico, mentre l'apertura dà a governi e aziende europee la possibilità di ispezionare, ospitare e controllare i propri sistemi. Gli appalti pubblici lo confermano: ministeri della difesa francese e tedesco, oltre alla Commissione UE stessa, richiedono sempre più opzioni "sovrane" nelle gare AI.

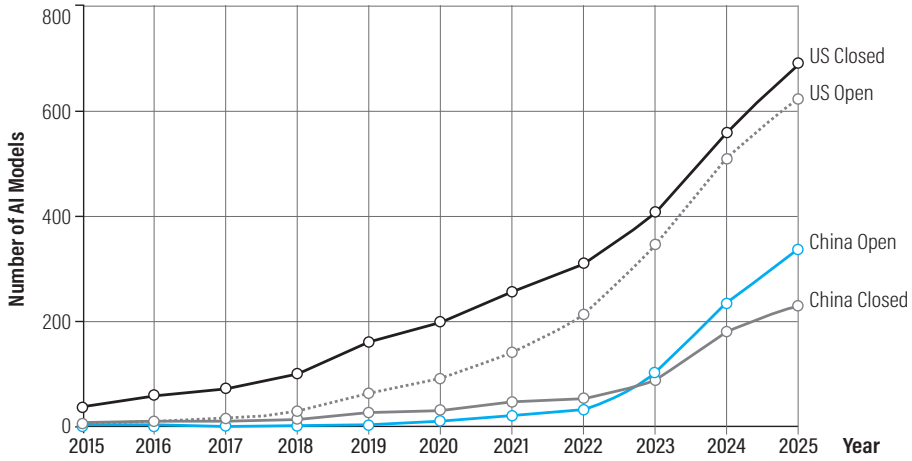
Due crepe però in questa narrativa: primo, la capacità di calcolo aggregata europea resta strutturalmente inferiore a quella di un singolo sito Stargate statunitense. Secondo, e più interessante, i dati sui developer europei contraddicono parzialmente la retorica di policy: l'Europa occidentale è, insieme al Sud America, l'unica regione al mondo dove l'adozione di modelli closed supera quella open tra gli sviluppatori, segno che la spinta politica alla sovra-

Inaugurazione nuova sede del Coordinamento ing. tec.

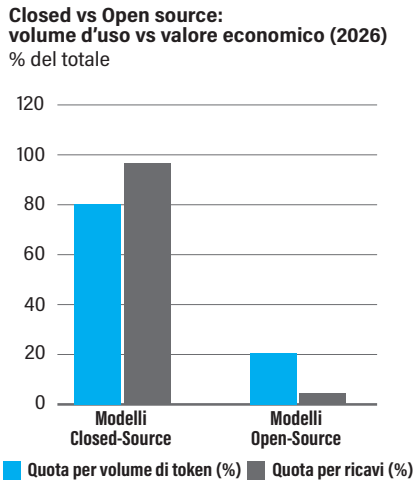




A settembre abbiamo inaugurato la nuova sede in Viale Monza a Milano. Esiste ora uno spazio dove poter mettere a confronto le nostre esperienze lavorative e sindacali, una sede per riunire la redazione del bollettino e dei suoi collaboratori, una sala per organizzare incontri e conferenze sempre disponibile.



Source: Two Loops – How China's Open AI Strategy Reinforces Its Industrial Dominance (March 2026)



nità non si traduce automaticamente in comportamento di mercato dal basso.

Per finire, in Cina l'apertura del software è strumento di politica industriale dichiarata. Il 14° Piano Quinquennale ha posto l'AI come priorità industriale nazionale, con hub statali di dati e calcolo; dopo il "momento DeepSeek" di inizio 2025, il governo ha lanciato l'iniziativa "AI+", mettendo lo sviluppo di modelli aperti al centro del piano nazionale. Durante il WEF 2025, il governo ha dichiarato che l'innovazione cinese è "aperta e open-source" e che la Cina è disposta a condividere le proprie tecnologie con il mondo: una dichiarazione di politica industriale, non di filosofia del software. Alla conferenza di luglio sull'AI svoltasi a Shanghai è nata la WAICO (World Artificial Intelligence Cooperation Organization), con una trentina di paesi aderenti.

Il report "Two Loops" della U.S.-China Economic and Security Review Commission sostiene che questa strategia open rinforza il dominio industriale cinese: modelli aperti a basso costo diffondono lo standard cinese globalmente, mentre l'ecosistema hardware/cloud domestico ne trae comunque valore a valle.

I numeri confermano la scala: in quasi ogni mese del 2026 il modello open più grande rilasciato da un laboratorio cinese ha superato in dimensione l'equivalente americano. Attenzione però alla precisione terminologica (rilevante visto che parliamo di logica formale): la maggior parte dei modelli cinesi sono open-weight, non open-source in senso stretto: si rilasciano i pesi finali, non i dati di addestramento né la metodologia completa.

Anche qui c'è una tensione interna: il governo spinge le aziende verso i chip domestici Huawei, ma DeepSeek ha dovuto rinviare il suo modello R2 proprio per le difficoltà di addestramento su questo hardware, e continua a dipendere da chip Nvidia.

Il grafico che riportiamo racconta bene il paradosso strutturale: l'open source vince per adozione, ma perde nettamente per cattura di valore; chi guadagna sono ancora i fornitori di modelli chiusi con margini alti, mentre l'open source genera valore diffuso e difficile da monetizzare direttamente. Tre tendenze trasversali, per chi legge questo come dinamica di potere più che di tecnologia:

1) L'apertura come arma anti-egemonica, non solo come etica del software. Sia la Cina che (più tardivamente e reattivamente) gli USA trattano l'open-weight come strumento di standard-setting geopolitico; chi diffonde gratuitamente il proprio modello base cattura mindshare degli sviluppatori e, a cascata, dipendenza infrastrutturale a valle (cloud, chip, tooling). È una logica molto simile a quella con cui una valuta di riserva costruisce dominanza attraverso l'adozione diffusa più che attraverso il controllo diretto. La Cina lo sta facendo scientemente con l'AI, mentre gli USA scoprono di doverlo fare per non perdere terreno.

2) Il disallineamento tra retorica di policy e comportamento di mercato. In tutti e tre i blocchi la direttiva governativa ufficiale non coincide con la pratica degli attori: gli USA sostengono ufficialmente "entrambi gli ecosistemi", mentre i big lab restano chiusi per scelta commerciale; l'UE premia normativamente l'apertura, mentre i suoi sviluppatori usano più modelli chiusi della media mondiale; la Cina dichiara apertura "per il bene del mondo", mentre sposta segretamente le aziende verso hardware domestico meno maturo per ragioni di sicurezza nazionale.

3) La sovranità tecnologica è multidimensionale e nessun blocco la possiede per intero. L'UE ha modelli aperti, ma non chip né capacità di calcolo comparabile; la Cina ha modelli aperti e ambizioni sui chip, ma dipende ancora da Nvidia per addestrare la frontiera; gli USA hanno chip e capitali, ma iniziano a temere di perdere la battaglia degli standard aperti proprio a causa della propria reticenza commerciale a rilasciare modelli davvero aperti (finora è stato quasi sempre Meta, da sola, a farlo tra i big USA). D'altra parte la scalata dei big dell'IT al dominio nel cloud computing è avvenuta facendo largo uso di software open-source. Nella logica d'offire software e infrastrutture come servizi, la proprietà e la segretezza del codice sorgente ha un importanza relativa.

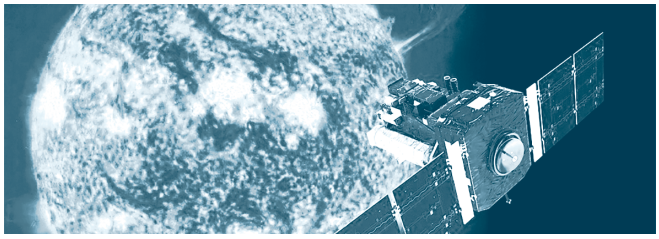
Sotto i timori di bolla finanziaria dell'AI o le paure apocalittiche di raggiungimento della singolarità tecnologica con conseguenze alla Matrix, i padroni del vapore, o meglio del silicio, sono dunque in piena competizione. Da qui il recente paradosso memetico "USA should win the AI race against China – but AI will kill us all – but we still have to win". Questi apprendisti stregoni sanno perfettamente quello che stanno costruendo? Oggi sono i modelli a proporre ai comandi militari cosa attaccare e come. Le macchine migliorano il proprio lavoro con addestramenti sempre più raffinati.

Come sempre nel capitalismo i migliori passi avanti di scienza e tecnologia vengono messi a disposizione dello sfruttamento dell'uomo e dell'industria del massacro. Sta alla coscienza e alla organizzazione dei lavoratori (che non vogliono essere solo pedine di questo sistema) la responsabilità di costruire un mondo libero da queste mortali contraddizioni.

Missioni spaziali

VERSO IL SOLE

Parte 2



Nell'esplorazione spaziale del Sole si sono avvicendate diverse missioni che hanno mostrato diversi problemi tecnici, la cui soluzione ha rappresentato un balzo in avanti nelle missioni spaziali e nella conoscenza della nostra stella.

L'Europa nello spazio, la missione OOE

Per osservare i poli del Sole venne messa in piedi la prima, ed unica, missione fuori dall'eclittica. Nel 1974 la Nasa e l'Esa la chiamarono *OOE* (*Out of Ecliptic*), che divenne poi ISPM (*International Solar Polar Mission*). Il 4 novembre 1990 la sonda dispiegò il suo braccio assiale, un tubo di 7,5 metri su cui erano montati gli strumenti scientifici da tenere lontani dagli effetti magnetici della sonda stessa: il velivolo, che per ragioni di stabilità giroscopica ruotava su sé stesso di 5 giri al minuto per mantenere l'asse diretto verso la Terra, iniziò ad oscillare pericolosamente, facendo oscillare l'asse di rotazione. Il fenomeno era provocato dal fatto che il braccio metallico esposto alle radiazioni solari si dilatava e si contraeva provocando le nutazioni della sonda (la nutazione è un moto di oscillazione dell'asse di rotazione di un oggetto che si sovrappone al suo moto circolare di precessione, il nome deriva dal latino *nutare* rafforzativo di nuĕre e significa "un cenno del capo", letteralmente annuire). L'unico rimedio era usare i propulsori di bordo per controbilanciare l'oscillazione.

La missione Cluster

L'idea della missione *Cluster* era quella di mandare 4 satelliti in orbita molto eccentrica attorno alla Terra in modo da poter attraversare la *magnetosfera* in tutte le zone più interessanti, cioè, sia nella parte frontale che nella coda. Con i *4 satelliti disposti a tetraedro* si potevano fare misure simultanee tridimensionali. Dopo tutti i controlli e le simulazioni degli strumenti di bordo, venne fatto il lancio di prova del razzo Ariane 5, che dopo 37 secondi si inclinò ed esplose. Il guasto era dovuto ad una funzione del software di bordo che non era stata rimossa e usava una variabile che era la velocità orizzontale del razzo: il software andò in saturazione, per cui il sistema interpretò come corretto il valore saturato. Tale correzione improvvisa degli augelli dei motori causò una variazione dell'angolo di inclinazione del razzo di 20 gradi, provocandone la distruzione.

La missione Soho

Anche la missione *Soho* ebbe i suoi problemi tecnici. Dopo il lancio regolare nel 1995, nel giungo del 1998 venne perso il contatto radio con la sonda. La causa primaria era stata una configurazione sbagliata di un parametro del sistema dei controllori di assetto. Il velivolo si era trovato senza giroscopi, per cui era entrato in una rotazione sempre più veloce su sé stesso che i propulsori di bordo non riuscivano a fermare. *Soho* non poteva tenere l'antenna delle comunicazioni puntata verso la Terra, né i pannelli solari orientati verso il Sole. Nel frattempo, la temperatura era scesa al punto di congelare l'idrazina, il propellente per i propulsori necessari alla stabilizzazione del satellite. Alla fine, venne centellinata tutta l'energia elettrica disponibile a bordo verso i riscaldatori elettrici per poter liquefare l'idrazina. Il satellite venne stabilizzato, ma si erano guastati 2 dei 3 giroscopi di bordo: senza giroscopi l'assetto poteva essere controllato con i sensori solari e i propulsori, ma in questo modo si consumava troppa idrazina. La soluzione fu di spedire sul satellite un software che faceva funzionare le modalità di controllo senza giroscopi. Vennero così misurati il plasma, le particelle e i campi elettrici e magnetici, le tempeste solari, e scoperti fenomeni sconosciuti come le *onde della fotosfera* correlate alle emissioni di massa coronale.

Verso il Sole: Venus Exprss

Con la missione *Venus Express* si trattava di costruire una sonda gemella di *Mars Express*. La differenza è che, andando verso Marte, ci si allontana dal Sole, mentre verso Venere ci si avvicina fino ad una distanza di 110 milioni di Km, con un flusso di radiazioni e di calore che è 4 volte superiore a quello di *Mars Express*. *Venus Express* aveva la direzione di illuminazione solare fissa e questo comportava una serie di complessi cambiamenti tecnici, a partire dal sistema termico, che necessitava di radiatori più grandi per aumentare la capacità di dissipare calore e di una copertura isolante della sonda altamente riflettente, composta da 23 strati diversi di isolante. Si verificarono due inconvenienti: l'esposizione prolungata al Sole della fotocamera VMC ne aveva danneggiato in maniera permanente le microlenti causandone l'ingiallimento con conseguenti immagini alterate. La soluzione fu trovata modificando artificialmente le posizioni della Terra e del Sole, così si "ingannava" il software della sonda deputato al controllo del puntamento automatico.

Quando *Venus* smise di inviare segnali radio prima di schiantarsi sul pianeta il direttore dell'ESA dichiarò: "*È stata una lotta fino all'ultimo flebile segnale, senza lieto fine, ma l'abbiamo combattuta anche se sapevamo fin dall'inizio che sarebbe finita così. Un momento di grande emozione per tutti. Ancora una volta mi rendo conto che il nostro lavoro richiede esperienza, professionalità, competenze ingegneristiche uniche, persino genialità, ma i risultati straordinari del team dell'ESOC sono possibili solo grazie alla profonda passione che muove ciascuno di noi*". Nessuna impresa scientifica può essere realizzata senza passione, a patto che sia messa al servizio di un lavoro collettivo ormai sempre più internazionalizzato: anche le missioni solari non sfuggono a questa regolarità storica.

Dal "just-in-time" al "just-in-case"

Tecnologie duali e conversione industriale al cuore del riarmo europeo



"*Non è una guerra di militari, è una guerra d'ingegneri*". Così un esperto aeronautico, intervistato dalla radio francese nel settembre scorso, commentava gli sforzi dell'industria ucraina per sviluppare sistemi capaci di abbattere i droni russi Geran-5 di nuova generazione. Dotati di motori a reazione, questi ordigni sono molto più veloci dei droni a elica e quindi più difficili da intercettare.

In pochi anni, la guerra in Ucraina è diventata un laboratorio a grandezza naturale per innovazioni tecnologiche messe al servizio dell'industria del massacro. La robotizzazione del campo di battaglia, attraverso l'introduzione di droni sempre più sofisticati, va di pari passo con lo sviluppo della guerra elettronica, delle reti informatiche e, più recentemente, dell'intelligenza artificiale. La guerra non si combatte più solo su terra, mari e cieli, ma anche nel cyberspazio.

L'industria della difesa europea potrebbe trarre vantaggio dall'esperienza di Kiev per rafforzarsi nel campo delle tecnologie militari emergenti. Recenti provvedimenti dell'UE vanno in questa direzione. Un fondo da 300 milioni di euro, l'Ukraine Support Instrument, è stato istituito nell'ambito dell'EDIP (il Programma europeo per l'Industria della Difesa) per finanziare progetti di cooperazione industriale e tecnologica. L'estate scorsa è stata anche lanciata l'EU-Ukraine Drone Alliance, cui partecipano nove aziende europee e nove ucraine.

Sono iniziative che vanno ben oltre gli aspetti puramente militari o tecnologici. Dall'inizio della guerra in Ucraina nel 2022, assistiamo a un ciclo di riarmo senza precedenti dalla fine della Guerra Fredda, in particolare in Europa.



Raccolta disponibile facendo richiesta a coordinamento.ingtec@gmail.com

Nel giugno 2025 i membri della NATO si sono impegnati a portare i budget per difesa e sicurezza dal 2% al 5% del PIL entro il 2035: 3,5% per la spesa militare "convenzionale" e 1,5% per le infrastrutture critiche, in particolare cybersecurity e reti.

Il piano Rearm Europe/Readiness 2030 dell'UE mobilita 800 miliardi di euro per il riarmo a livello continentale. Tra gli strumenti chiave figura il fondo SAFE (Security Action for Europe), che mette a disposizione fino a 150 miliardi di euro di prestiti per acquisiti congiunti e lo sviluppo delle capacità industriali in Europa. Non si tratta solo di annunci. Secondo il Consiglio Europeo, la spesa per la difesa dell'UE dovrebbe raggiungere i 454 miliardi di euro nel 2026, rispetto ai 343 miliardi di euro nel 2024, con un aumento del 75% rispetto al 2021.

L'UE non si limita a finanziare, ma fissa anche obiettivi di capacità produttive, mutualizzazione degli acquisti, standardizzazione e interoperabilità. E coordina inoltre iniziative volte allo sviluppo di capacità militari comuni.

Nel luglio 2026, la Commissione Europea ha proposto, nell'ambito del programma EDIP, cinque grandi Progetti Europei di Difesa di Interesse Comune (EDPCI), con finanziamenti di 325 milioni di euro.

L'obiettivo è sviluppare capacità militari congiunte in aree considerate strategiche: droni e sistemi anti-droni, difesa marittima e protezione del fondale marino, difesa spaziale, aerea e missilistica, oltre a rafforzare la sicurezza sul fianco orientale dell'UE. L'Europa mostra di voler imparare dalle lezioni di Ucraina e Gaza, e cerca di creare un quadro continentale per produrre in grande quantità e a basso costo le tecnologie militari che vanno imponendosi sui campi di battaglia.

La domanda di armi è in forte crescita proprio mentre l'industria automobilistica europea affronta una crisi profonda, stretta tra la concorrenza cinese e la transizione elettrica. Si moltiplicano gli annunci di progetti di riconversione industriale. Rheinmetall, punta di lancia dell'industria tedesca, ha visto ridursi il peso delle sue attività civili al 20% rispetto al 50% di dieci anni fa; adesso la società vuole trasformare due dei suoi siti di componentistica auto in fabbriche "ibride", ossia capaci di produrre sia componenti per l'auto che dispositivi militari.

La franco-tedesca KNDS ha firmato accordi con Alstom per convertire i suoi stabilimenti ferroviari a Görlitz e Kassel, in Germania, alla produzione di carri armati; e tratta con Mercedes-Benz per acquisire lo stabilimento di Ludwigsfelde, vicino a Berlino. Volkswagen, impegnata in una grande ristrutturazione, sta considerando la vendita del suo sito di Osnabrück per produrre sistemi di difesa aerea. Il gruppo della componentistica auto Schaeffler avvierà la produzione di droni kamikaze a corto raggio, in collaborazione con Delair e KNDS, con l'obiettivo di moltiplicare per dieci le cadenze produttive.

Parte dell'industria europea vede nella riconversione nel militare una delle possibili risposte alla pressione cinese. Sigrid de Vries, direttrice di ACEA, lobby europea dei costruttori auto, ha sottolineato le capacità che sviluppa l'auto europea: "*Dalle linee di produzione su larga scala e dagli ingegneri altamente qualificati ai software-defined vehicles, alle tecnologie delle batterie e ai sistemi connessi: molte di queste capacità possono contribuire a soddisfare i mutevoli bisogni militari europei. Sosteniamo pienamente il passaggio dell'Europa, dall'efficienza del 'just in time' alla readiness basata sul principio del 'just in case'. Tuttavia, la resilienza vuole dire un'industria competitiva in tempo di pace e, quindi, capace di rispondere rapidamente nei momenti di crisi.*" (www.acea.auto, 07/08/26).

Noi, ingegneri e tecnici, siamo pienamente coinvolti in questa triplice ristrutturazione, elettrica, digitale e militare, che avrà un impatto concreto sul nostro lavoro. È necessario comprenderne i processi per difendere salari e condizioni di lavoro. Ma dobbiamo andare oltre.

Le nostre conoscenze vengono utilizzate per dividerci e opporci gli uni contro gli altri. Tecnologie concepite per usi civili possono essere usate per uccidere, e viceversa. Dobbiamo comprendere gli obiettivi strategici del riarmo, dettati dalla competizione globale tra gruppi economici e Stati. Come sarebbe una società in cui i nostri cervelli non fossero più mobilitati per distruggere altri cervelli, ma per risolvere i problemi di tutta l'umanità?

L'industria dei microchip

Le materie prime dei semiconduttori: dalla chimica alla geopolitica



Il processo di produzione dei moderni microchip, o circuiti integrati, è estremamente complesso e coinvolge diversi settori industriali: dalla progettazione dei circuiti, supportata dai software EDA (Electronic Design Automation), alla produzione dei macchinari, fino alla fabbricazione dei dispositivi sui wafer e alle successive operazioni di packaging e test.

Alla base di questa industria si trova un vasto insieme di materiali, necessari sia per la composizione dei dispositivi (silicio, gallio, tungsteno, carbonio) sia per i processi di fabbricazione (gas, acidi e resine fotosensibili).

Secondo SEMI (Semiconductor Equipment and Materials International), nel 2025 il mercato mondiale dei materiali per semiconduttori ha raggiunto 73,2 miliardi di dollari, di cui 45,8 destinati alla fabbricazione dei wafer, registrando una crescita del 6,8% rispetto all'anno precedente, sostenuta anche dalla domanda di chip per i datacenter dedicati all'intelligenza artificiale.

La disponibilità di questi materiali dipende da una complessa rete di approvvigionamento internazionale, spesso concentrata in pochi Paesi. Per comprenderne le vulnerabilità è utile osservare come vengono impiegati nei principali processi produttivi.

I substrati: dal silicio ai materiali avanzati

I microchip vengono prodotti su dischi di materiale semiconduttore, detti wafer, generalmente di 200 o 300 millimetri di diametro, sui quali vengono realizzate le strutture che compongono i dispositivi elettronici.

I wafer più utilizzati sono composti da silicio, il secondo elemento più abbondante della crosta terrestre, ma per essere utilizzato come semiconduttore deve essere lavorato fino a raggiungere livelli di purezza intorno al 99,99999999999% (undici 9, per ogni atomo impuro ci sono 11 miliardi di atomi di silicio puro) e trasformato in lingotti monocristallini, successivamente tagliati e lucidati.

La filiera del silicio evidenzia una prima importante distinzione tra disponibilità della materia prima e capacità di trasformazione industriale.

Il Giappone, principale produttore di wafer di silicio insieme a un ristretto numero di aziende internazionali, era anche uno dei maggiori produttori di silicio metallurgico fino agli anni Ottanta. Oggi questa produzione è concentrata soprattutto in Cina, mentre il Giappone ha mantenuto una posizione dominante nelle lavorazioni a maggiore valore aggiunto, attraverso aziende come Shin-Etsu e SUMCO.

A seconda delle applicazioni possono essere utilizzati altri materiali: l'arseniuro di gallio (GaAs) per dispositivi RF e optoelettronici, il nitruro di gallio (GaN) per applicazioni ad alta frequenza e di potenza, e il carburo di silicio (SiC), particolarmente importante nell'elettronica di potenza e nel mercato dei veicoli elettrici.

Nonostante queste alternative, il silicio continua a dominare la produzione mondiale dei circuiti integrati.

La fabbricazione di un microchip richiede la ripetizione di numerose operazioni di deposizione, incisione e modifica dei materiali. Ognuna di queste utilizza sostanze chimiche, gas e metalli caratterizzati da livelli di purezza estremamente elevati.

Fotolitografia

Per trasferire sul wafer i pattern che compongono il circuito integrato viene utilizzata la fotolitografia, ripetendo il procedimento molteplici volte sullo stesso wafer fino ad avere decine di strati.

Il wafer viene ricoperto da una resina fotosensibile (photoresist) che modifica la propria struttura chimica quando viene illuminata. Attraverso una fotomaschera contenente il disegno del circuito, la "luce" viene proiettata sulla superficie, permettendo la successiva rimozione selettiva della resina. Per dirigere la "luce" verso il Wafer si usano macchinari con specchi molto particolari, composti da strati di silicio e molibdeno.

Nella litografia DUV (Deep Ultraviolet Lithography) vengono impiegati laser a eccimeri basati su miscele contenenti argon o krypton, mentre la più avanzata litografia EUV (Extreme Ultraviolet Lithography) utilizza radiazione generata da un plasma di stagno.

Il mercato dei materiali necessari per questo processo, comprendendo fotomaschere, photoresist e prodotti ausiliari, era stimato da SEMI in circa 12,4 miliardi di dollari per il 2025.

La progressiva miniaturizzazione dei circuiti, che richiede fotomaschere sempre più complesse e resine specifiche, contribuisce ad aumentare i costi e la complessità di questa fase produttiva.

Deposizione: CVD, PVD e ALD

La deposizione dei materiali che compongono i dispositivi avviene attraverso diverse tecniche.

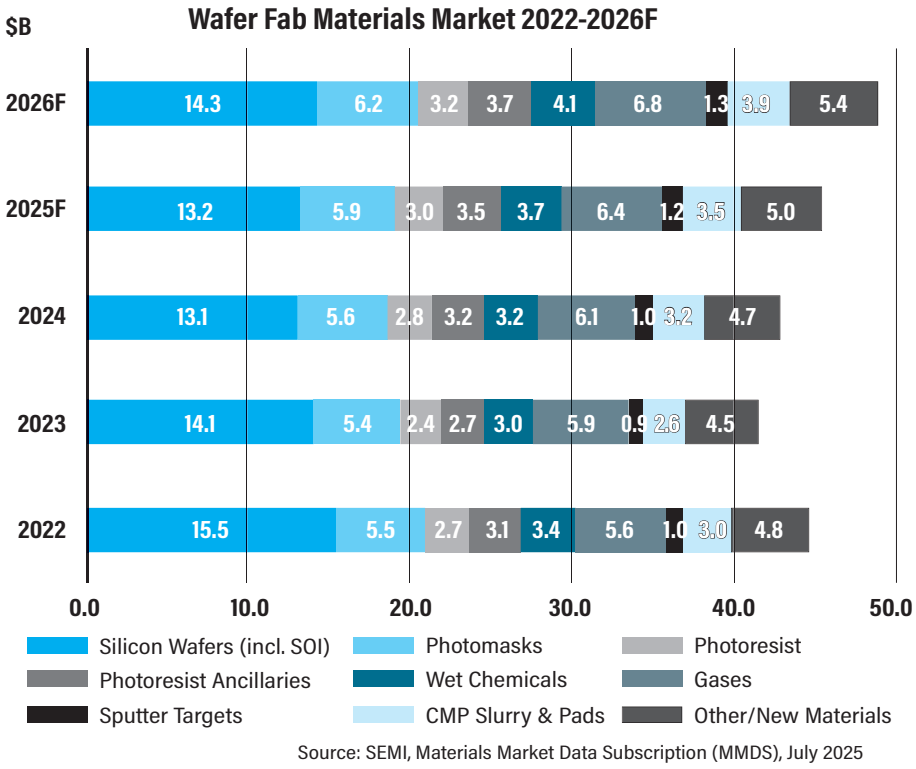
La CVD (Chemical Vapor Deposition) sfrutta reazioni chimiche tra precursori gassosi per formare un film solido sulla superficie del wafer.

La PVD (Physical Vapor Deposition) utilizza processi fisici per trasferire materiale da una sorgente al substrato. Una delle tecniche più diffuse è lo sputtering, nel quale un bersaglio solido viene bombardato da ioni, liberando atomi che si depositano sul wafer.

La ALD (Atomic Layer Deposition) permette invece di realizzare strati estremamente sottili, con un controllo dello spessore su scala atomica, attraverso reazioni chimiche superficiali sequenziali.

Tra i principali metalli utilizzati come sputtering targets troviamo rame, titanio, alluminio, tungsteno, tantalio e nichel.

Semplificando molto possiamo elencare altre principali fasi.



Source: SEMI, Materials Market Data Subscription (MMDS), July 2025

L'incisione (etching) che asporta il materiale attraverso gas reattivi, plasma o bagni chimici acidi.

Il drogaggio con il bombardamento di ioni (boro, fosforo, arsenico).

La pulizia e la planarizzazione delle superfici, che richiedono acido fluoridrico, perossido di idrogeno e acqua ultrapura. Per finire il cablaggio e il packaging che a loro volta richiedono altri materiali.

Gas rari e colli di bottiglia industriali

I gas rari costituiscono uno degli esempi più interessanti di vulnerabilità della catena di approvvigionamento per la produzione dei semiconduttori.

Oltre all'elio, il Joint Research Centre della Commissione Europea mette in guardia sulla disponibilità di tre gas nobili: krypton (Kr), neon (Ne) e xenon (Xe), presenti nell'atmosfera in concentrazioni estremamente ridotte: neon 0,0018%, krypton 0,00011%, xenon 0,000009%.

Questi gas vengono estratti attraverso grandi impianti di separazione dell'aria, detti ASU (Air Separation Units), mediante distillazione criogenica dell'aria liquefatta.

Gli impianti più comuni separano principalmente azoto, ossigeno e talvolta argon, mentre il recupero dei gas rari richiede impianti di grandi dimensioni e sistemi di purificazione.

Per ottenere un metro cubo di xenon, ad esempio, è necessario trattare oltre dieci milioni di metri cubi d'aria, equivalenti a circa tredicimila tonnellate.

Le grandi ASU sono spesso localizzate vicino agli impianti siderurgici, ai quali forniscono l'ossigeno necessario per i processi industriali.

Per questo motivo, le riduzioni della produzione siderurgica cinese tra il 2021 e il 2022 hanno contribuito a evidenziare le fragilità di questa filiera, ulteriormente aggravate dallo scoppio della guerra russo-ucraina.

Russia e Ucraina hanno infatti ricoperto un ruolo importante nella produzione e purificazione di gas rari, in particolare del neon.

Si crea così una dipendenza apparentemente insolita: la produzione dei microchip può essere influenzata dall'attività delle acciaierie situate dall'altra parte del mondo.

Materie prime e tensioni geopolitiche

Le vulnerabilità della filiera non riguardano soltanto i gas.

Come evidenziato anche nelle analisi dell'industria giapponese dei semiconduttori, nel 2023 la Cina ha introdotto nuovi controlli sulle esportazioni di gallio e germanio, materiali importanti per la produzione di determinati semiconduttori e dispositivi elettronici.

Il sistema di licenze introdotto da Pechino ha aumentato l'incertezza sulla disponibilità internazionale di questi materiali, la cui produzione e raffinazione sono fortemente concentrate in Cina.

Anche il tungsteno rappresenta un materiale strategico. Utilizzato nella produzione dei semiconduttori, ma anche in numerose applicazioni industriali e militari, è caratterizzato da una produzione mineraria mondiale largamente dominata dalla Cina.

Nel 2025 Pechino ha esteso i propri controlli sulle esportazioni anche a determinate categorie di prodotti contenenti tungsteno.

La concentrazione geografica della produzione costituisce quindi un rischio non soltanto per la disponibilità delle materie prime, ma anche per la capacità dei produttori di semiconduttori di mantenere operative le proprie fabbriche.

A complicare ulteriormente la situazione, la produzione di materiali di grado semiconduttore richiede processi di raffinazione e purificazione altamente specializzati: individuare un nuovo fornitore non significa necessariamente poterlo utilizzare immediatamente.

La moderna produzione mondiale di ricchezza, di cui i semiconduttori sono una perfetta rappresentazione, è estremamente interconnessa: la sola fornitura delle materie prime rivela un'enorme rete di scambi internazionali che coinvolge industrie e Paesi distanti.

Questa interdipendenza, che ha favorito per decenni la riduzione dei costi con la specializzazione produttiva, costituisce oggi anche una vulnerabilità strategica.

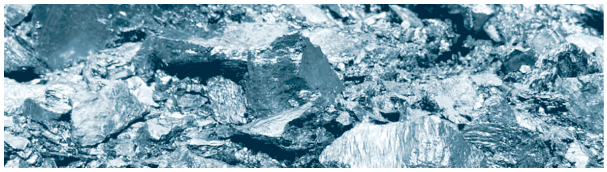
Le restrizioni statunitensi sull'esportazione di tecnologie avanzate verso la Cina, che coinvolgono anche produttori europei di macchinari come ASML, si inseriscono in una crescente competizione tecnologica alla quale Pechino ha risposto anche attraverso controlli sulle esportazioni di materiali strategici.

La competizione tra potenze non riguarda dunque soltanto la capacità di progettare e produrre i chip più avanzati, ma anche il controllo delle risorse e dei processi industriali necessari alla loro realizzazione.

Il massimo della capacità ingegneristica e produttiva dell'uomo rimane così esposta alle tempeste dello scontro tra le potenze.

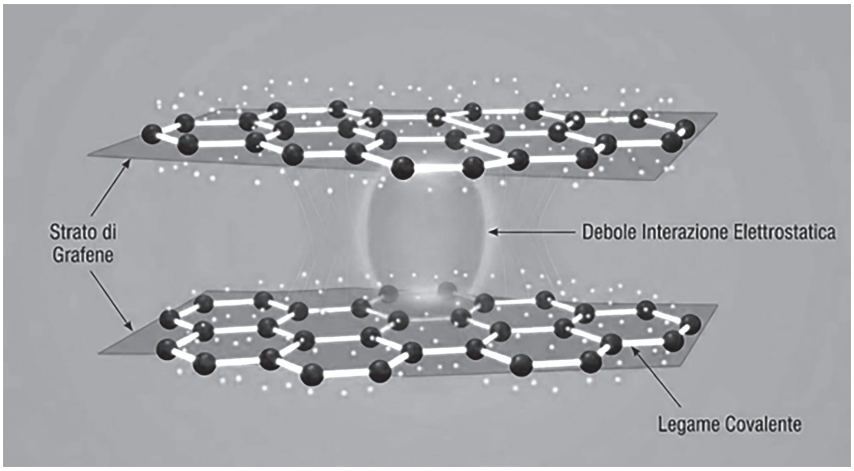
Global critical materials

LA GRAFITE



La grafite è oggi considerata una materia prima critica e strategica a livello globale, anche se la sua importanza economica è radicalmente cambiata nel corso della storia. Un tempo legata all'industria pesante (acciaierie e fonderie), oggi è un elemento centrale della transizione energetica.

Il segreto delle sue eccezionali proprietà termiche, elettriche e lubrificanti risiede nella struttura cristallina: la grafite è costituita da strati di carbonio disposti in esagoni in cui ogni atomo crea solidi legami covalenti; gli elettroni residui si dispongono tra uno strato e l'altro creando legami di interazione elettrostatica molto fragili. Queste nuvole di elettroni delocalizzati agiscono sia come cariche elettriche mobili che come sfere poste tra i due anelli di un cuscinetto, rendendo ogni strato estremamente mobile.



È dunque ampiamente impiegata nei forni ad arco voltaico (EAF) utilizzati nella siderurgia, negli anodi delle batterie degli smartphone e dei veicoli elettrici (ciascuno dei quali contiene tra i 50 e i 100 kg di grafite sferica), nella lubrificazione ad alte temperature (dove gli oli brucerebbero).

"*Mentre ai combustibili fossili si contesta l'impatto atmosferico in termini di emissioni, meno rilevanza viene data alla brutalità fisica del mondo elettrico. Se l'aria è la vittima del suolo, il suolo è sacrificato alla ricerca di una nuova purezza*" (Francesco Gattei, Direttore Generale di ENI, WE, marzo 2024).

La grafite può essere sia estratta in miniera che prodotta artificialmente. La maggior parte delle miniere è a cielo aperto, dove il giacimento viene frantumato con gli esplosivi per raccoglierne la roccia. Successivamente, questa viene macinata fino a essere ridotta in sabbia fine, viene immersa in vasche d'acqua dove, grazie ad alcuni agenti schiumogeni, viene separata dagli scarti. Infine viene essiccata per raggiungere una purezza del 94-98% circa. Per raggiungere il 99,95% richiesto dalle batterie per le auto sono necessari ulteriori trattamenti termici e chimici. La grafite sintetica, più costosa, viene prodotta mediante un processo di grafitizzazione del coke del petrolio, ovvero del "fondo del barile" della raffinazione del greggio, il quale subisce differenti trattamenti chimici e termici tra i 1.000°C e i 3.000°C.

Per quanto riguarda la sua produzione, l'IEA sottolinea che il problema principale della grafite non è la mancanza mineraria grezza, ma la concentrazione estrema della capacità di trasformazione e raffinazione; infatti il 90-95% della grafite adatta per le batterie viene lavorata in un unico paese, la Cina, motivo per cui la IEA assegna alla grafite uno dei punteggi di rischio geopolitico e di filiera più alti tra tutti i minerali della transizione. Per mitigare questi rischi, la stessa agenzia consiglia ai governi di diversificare le fonti di raffinazione, creando hub di lavorazione midstream in altri paesi. Tuttavia, le dinamiche di mercato non aiutano. Dopo i picchi di domanda registrati nel biennio 2021-2022, il prezzo della grafite ha subito una consistente flessione dovuta all'ingresso di nuova offerta e all'accumulo di scorte nei mercati asiatici, disincentivando gli investitori occidentali dal finanziare nuovi progetti minerari o di grafitizzazione sintetica fuori dalla Cina. Nonostante ciò, l'IEA avverte che la sovrabbondanza apparente a breve termine rischia di creare un gravissimo deficit strutturale entro il 2030. Accelerazioni, frenate e tentativi falliti rendono impossibile mettere ordine al mercato. Dopo anni in cui le cancellerie di mezzo mondo riscoprivano la "mano invisibile" del mercato, adesso corrono ai ripari tra piani di intervento statali e centralizzazione dei risparmi per sostenere piani d'investimento ciclopici. Dal litio alla grafite, dal rame alle terre rare, la lista dei "nuovi petroli" della transizione energetica si allunga e cambia di continuo. La fabbrica mondo non sa funzionare se non rivoluzionandosi continuamente in maniera ineguale e disorganizzata. La precisione organizzativa all'interno delle fabbriche cozza con l'anarchia del mercato. Le gigantesche capacità umane di impugnare le leggi della fisica per agire sulla natura sono prigioniere della feroce spartizione del mondo tra grandi potenze.

Il Coordinamento è nato perché ci accomuna la consapevolezza di lavorare in territori e aziende che sono "cuori pulsanti" dell'Europa. Per la nostra professione siamo i protagonisti dei successi delle società per cui lavoriamo, eppure poco rappresentati e riconosciuti. Operiamo in settori interconnessi ma non esiste un ambito dove approfondire assieme le tematiche che, partendo dallo spirito del tecnico produttore, ci possano portare ad alzare lo sguardo sul mondo, per affrontare le contraddizioni che anche nelle nostre professioni sono sempre più evidenti.

Partecipa alle iniziative e per informazioni o contributi scrivi alla redazione: **coordinamento.ingtec@gmail.com**

https://ing-tec.it

Stampa CSC – Milano, 11-2026