



BANCA D'ITALIA
EUROSISTEMA

Questioni di Economia e Finanza

(Occasional Papers)

Gli effetti del cambiamento climatico sull'economia italiana.
Un progetto di ricerca della Banca d'Italia

a cura di Matteo Alpino, Luca Citino, Guido de Blasio e Federica Zeni

Questioni di Economia e Finanza

(Occasional Papers)

Gli effetti del cambiamento climatico sull'economia italiana.
Un progetto di ricerca della Banca d'Italia

a cura di Matteo Alpino, Luca Citino, Guido de Blasio e Federica Zeni

Numero 728 – Ottobre 2022

La serie Questioni di economia e finanza ha la finalità di presentare studi e documentazione su aspetti rilevanti per i compiti istituzionali della Banca d'Italia e dell'Eurosistema. Le Questioni di economia e finanza si affiancano ai Temi di discussione volti a fornire contributi originali per la ricerca economica.

La serie comprende lavori realizzati all'interno della Banca, talvolta in collaborazione con l'Eurosistema o con altre Istituzioni. I lavori pubblicati riflettono esclusivamente le opinioni degli autori, senza impegnare la responsabilità delle Istituzioni di appartenenza.

La serie è disponibile online sul sito www.bancaditalia.it .

ISSN 1972-6627 (stampa)

ISSN 1972-6643 (online)

Stampato presso la Divisione Editoria e stampa della Banca d'Italia

GLI EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SULL'ECONOMIA ITALIANA. UN PROGETTO DI RICERCA DELLA BANCA D'ITALIA

a cura di Matteo Alpino*, Luca Citino*, Guido de Blasio* e Federica Zeni♦

Sommario

Il volume sintetizza i risultati del progetto di ricerca “Gli effetti del cambiamento climatico sull'economia italiana”. Il progetto si compone di 17 lavori di ricerca che (a) misurano l'impatto delle variazioni climatiche sull'attività economica, in particolare di quella dei settori più esposti (ad esempio, quello agricolo oppure turistico); (b) analizzano alcune delle politiche per l'adattamento e la mitigazione (ad esempio, le semplificazioni del regime autorizzativo per gli investimenti in rinnovabili oppure gli schemi di *carbon pricing*).

Codici JEL: Q54, Q58.

Parole chiave: cambiamento climatico, economia italiana.

DOI: 10.32057/0.QEF.2022.0728

Indice

Gli effetti del cambiamento climatico sull'economia italiana. un progetto di ricerca della Banca d'Italia	5
1. L'impatto del cambiamento climatico sull'agricoltura italiana entro il 2030	21
2. Il mercato delle assicurazioni agricole agevolate: un'analisi empirica	28
3. Il ruolo della politica agricola comune nell'adozione delle strategie di mitigazione del rischio da parte delle aziende agricole italiane	34
4. Demografia d'impresa e struttura di mercato in un clima che cambia	42
5. Territori fragili, imprese deboli	47
6. Cambiamento climatico e turismo invernale sulle alpi	52
7. Il caldo “raffredda” i mercati? Cambiamenti climatici e ricerca di case	56
8. Temperature e attività economica: tra passato e futuro	60
9. Quando fa troppo caldo ne risente la performance degli studenti, e non solo	67
10. Infortuni sul lavoro e inquinamento	72
11. Dal grandfathering alle aste: impatto dell'EU ETS sul commercio estero delle imprese italiane	77
12. Aiutare la decarbonizzazione: semplificazione autorizzativa e diffusione delle rinnovabili in Italia	82
13. I potenziali effetti redistributivi di un'imposta sulle emissioni di gas serra in Italia	89
14. Chi sporca paga. la “tariffazione puntuale” nei comuni italiani	95
15. Un'analisi della <i>green transition</i> nei paesi europei basata sui brevetti	102
16. Diventare green: il caso del settore dell'auto	110
17. L'offerta di credito e gli investimenti sostenibili	117

* Banca d'Italia, ♦ World Bank.

GLI EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SULL'ECONOMIA ITALIANA. UN PROGETTO DI RICERCA DELLA BANCA D'ITALIA *

Matteo Alpino, Luca Citino, Guido de Blasio, Federica Zeni

Com'è noto sono in atto cambiamenti considerevoli nel clima del pianeta. Si tratta di variazioni senza precedenti nella storia dell'uomo e che caratterizzeranno per un periodo lungo le condizioni di vita sulla terra: i rapporti del Gruppo Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici (IPCC) evidenziano che, sebbene significative riduzioni di emissioni di anidride carbonica (CO₂) e di altri gas a effetto serra siano sarebbero in grado di limitare i cambiamenti climatici, potrebbero essere necessari ulteriori 20-30 anni affinché le temperature globali possano stabilizzarsi. L'evidenza scientifica raccolta nei rapporti suggerisce inoltre che la tesi in base alla quale le attività umane degli ultimi due secoli avrebbero avuto solo un piccolo impatto sul clima non trova adeguato supporto scientifico.

A meno che nei prossimi decenni non vengano messe in atto riduzioni su larga scala delle emissioni, è probabile che nel corso del XXI secolo l'aumento della temperatura media della superficie terrestre superi 1,5°C o anche 2°C, a seconda dello scenario emissivo considerato. Con un riscaldamento globale pari a 1,5°C sono attese un incremento del numero di ondate di calore, stagioni calde più lunghe e stagioni fredde più brevi. Se l'aumento di temperatura fosse di 2°C gli estremi di calore raggiungerebbero soglie di tolleranza critiche per lo svolgimento di alcune attività umane. Oltre al riscaldamento globale i cambiamenti climatici includono variazioni nei possibili valori dell'umidità, della forza dei venti, della frequenza e intensità delle precipitazioni, sia nelle aree costiere sia negli oceani. In alcune regioni vi saranno piogge più intense e inondazioni; in altre fenomeni di siccità. Si avrà un aumento del livello del mare, con conseguenti inondazioni ed erosioni delle coste. Si intensificheranno lo scioglimento del permafrost, quello dei ghiacciai e della calotta polare. Negli oceani, il riscaldamento, l'acidificazione e la riduzione dei livelli di ossigeno condizioneranno gli ecosistemi marini¹. Sebbene i climatologi siano concordi nell'affermare che in assenza di drastiche riduzioni delle emissioni i cambiamenti climatici sarebbero sostanziali, esiste ancora una notevole incertezza sull'esatta entità dei danni, oltre che sulla possibilità che si verifichino eventi catastrofici irreversibili.

Secondo il rapporto del Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC), pubblicato nel 2020, l'area mediterranea sarà caratterizzata da un riscaldamento più elevato del 20 per cento rispetto a quello medio globale. Per l'Italia, i vari modelli climatici concordano nel prevedere un aumento della temperatura fino a 2°C nel periodo 2021-2050 (rispetto al periodo 1981-2010). Negli scenari più sfavorevoli l'aumento della temperatura è molto più elevato. È attesa una diminuzione delle precipitazioni estive, principalmente nelle regioni centrali e meridionali, che però si accompagna a un aumento della loro intensità. È previsto un generalizzato aumento degli eventi climatici estremi.

* Il progetto è stato coordinato da un comitato composto da Guido de Blasio (coordinatore), Matteo Alpino, Luca Citino, Ivan Faiella, Luciano Lavecchia, Federica Zeni, e da Cristina Petrassi e Giulia Mattei (che hanno curato gli aspetti organizzativi). Il comitato ha grandemente beneficiato della consulenza della Professoressa Valentina Bosetti (Università Bocconi) e dei Professori Giovanni Marin (Università di Urbino) e Alessandro Palma (GSSI, L'Aquila). Si ringraziano Fabrizio Balassone, Piero Casadio e Maura Francese per gli utili suggerimenti.

¹ Per una guida ai temi principali del cambiamento climatico (per lettori non specialistici e con interessi di tipo socio-economico) si veda Hsiang & Kopp (2018).

Il cambiamento climatico non è un processo irreversibile e contro il quale non esistono forme di difesa, ma un fenomeno complesso che lega a doppio filo dinamiche socio-economiche e naturali: da un lato i comportamenti delle persone e delle imprese influenzano le emissioni di gas serra e dunque l’evoluzione futura del clima; dall’altro i mutamenti in atto influenzano le scelte degli stessi agenti economici che tentano di trovare strategie per la mitigazione e l’adattamento. Per affrontare le sfide poste dal cambiamento climatico è quindi necessaria non solo una comprensione dei fenomeni naturali, ma anche un’analisi del funzionamento della società e del sistema economico. In altri termini, la possibilità di individuare soluzioni al problema dipende dalla nostra capacità di fornire risposte a quesiti di natura economica e sociale, e non solo naturale. Perché le nostre economie continuano ad utilizzare così intensamente i combustibili fossili, nonostante il rapido progresso tecnologico nelle energie rinnovabili? Cosa spiega l’osservato rallentamento dell’attività innovativa nelle tecnologie verdi e l’accelerazione in quelle inquinanti? È opportuno iniziare ad abbattere le emissioni adesso o conviene aspettare per avere accesso a tecnologie migliori?

Per decenni gli economisti hanno sviluppato strumenti e svolto analisi per rispondere a queste e altre domande. La ricerca ci ha aiutato a capire come alcuni comportamenti di individui e imprese che hanno rilevanza per le emissioni e l’adattamento ai cambiamenti climatici (ad esempio, la ristrutturazione di un palazzo, la scelta di acquistare un’automobile elettrica, quella di migrare da un posto caldo, l’esplorazione di nuovi giacimenti di petrolio, la costruzione di un laboratorio di ricerca e così via) interagiscano e si combinino tra loro attraverso meccanismi di mercato, e in ultima istanza quali siano le ripercussioni per l’intera economia, attraverso l’andamento di variabili aggregate quali il PIL, il livello dei prezzi, il credito e i redditi. Senza una chiara comprensione di come gli agenti economici rispondono agli incentivi dati dal mercato e dagli interventi pubblici, le politiche climatiche potrebbero essere mal disegnate, perdere di efficacia o, addirittura, creare più danni che benefici. Ad esempio, politiche che incentivino l’acquisto di beni ad alta efficienza energetica (un condizionatore di ultima generazione) hanno un effetto ambiguo sul consumo totale di energia se i risparmi energetici indotti da un bene più efficiente inducono un suo maggiore utilizzo – il cosiddetto “*rebound effect*”. L’effettivo impatto delle politiche sulle emissioni non può quindi essere determinato puramente su base congetturale, ma dipende da alcuni parametri legati al comportamento delle persone: propensione al risparmio, desiderio di utilizzare un certo apparecchio, elasticità della domanda di energia al suo prezzo etc. I modelli teorici degli economisti, lontani dall’essere un puro esercizio intellettuale, ci permettono di ridurre un sistema complesso alle sue componenti essenziali (diverse per ogni problema) e capire quali quantità siano importanti per comprendere le risposte degli agenti economici e disegnare politiche più efficaci.

Va da sé che la teoria, da sola, non sia sufficiente. Per questo motivo, da più di un secolo gli economisti basano le proprie valutazioni su *analisi empiriche* dei dati disponibili, appropriatamente condotte grazie alla statistica e all’econometria. Nel contesto dello studio del cambiamento climatico tali analisi consentono di quantificare con precisione l’impatto del riscaldamento globale su alcuni settori o mercati, oppure l’efficacia delle strategie di adattamento messe in campo dalle famiglie e dalle imprese, spesso con il supporto del settore pubblico. La vera sfida di queste analisi risiede nell’identificazione di nessi di causa-effetto, più importanti per la politica economica delle semplici correlazioni statistiche. Identificare tali effetti causali è complesso perché richiede la ricostruzione di mondi *controfattuali*: cosa sarebbe accaduto ai consumi energetici in assenza di degli interventi volti a migliorare l’efficienza energetica? Rispondere a quesiti di questo tipo è difficile perché i dati consentono di osservare solo il mondo com’è, non come sarebbe stato. Con rinnovato impulso a partire dagli anni ’90, gli economisti hanno sviluppato metodi rigorosi e innovativi per la ricostruzione di questi mondi controfattuali (per una visione d’insieme si veda Angrist e Pischke, 2010). Queste tecniche statistiche, il cui contributo è stato recentemente

sottolineato dal conferimento del Premio Nobel per l'economia a Joshua Angrist, David Card e Guido Imbens, possono essere applicate in vari campi delle scienze sociali, inclusa la stima dell'impatto delle variazioni climatiche sulle attività umane. I risultati delle analisi empiriche fondate sulla teoria economica possono permettere ai decisori pubblici di predisporre misure efficaci ed efficienti per contrastare gli effetti del cambiamento climatico. Ovviamente gli economisti non potranno avventurarsi da soli nello studio di questi fenomeni, ma si dovranno avvalere del contributo di altre scienze, come la climatologia, la geologia e l'ingegneria. L'avanzamento della nostra conoscenza non potrà prescindere da un approccio interdisciplinare che combini i contributi di studiosi di discipline differenti.

L'insieme di tecniche statistico-econometriche a disposizione degli economisti (ma ormai sempre più adoperato anche dagli altri scienziati sociali) può essere utilizzato per valutare l'efficacia di specifici interventi pubblici. Dalle evidenze di tipo econometrico si traggono indicazioni per rispondere a domande che hanno assunto particolare rilievo nella congiuntura attuale. Ad esempio, è desiderabile un bonus per l'efficientamento energetico degli edifici? In presenza del bonus, quanti saranno gli investimenti che non sarebbero stati effettuati in sua assenza (di nuovo, un mondo controfattuale)? Qual è la "giusta" entità del bonus? Oppure, in che misura la strategia di decarbonizzazione nei trasporti, che prevede investimenti significativi nella rete ferroviaria, conseguirà l'auspicato minore utilizzo delle autovetture private a favore delle ferrovie? Non si tratta di due temi scelti casualmente, ma dei due principali interventi per la transizione ecologica previsti dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). Poder fondare le politiche economiche su evidenze statistiche credibili rafforza l'azione del settore pubblico, sia per quanto riguarda l'efficacia sia per i profili di trasparenza. Nel campo delle politiche ambientali, e in modo particolare per quanto riguarda il nostro paese, tradizionalmente in difficoltà con le politiche basate sulle evidenze (de Blasio *et al.*, 2021), le analisi degli economisti possono essere preziose.

Questo capitolo introduttivo vuole innanzitutto avviare il lettore non specialista ai temi del cambiamento climatico e soprattutto a quello dei suoi effetti sull'economia e sulla società. A questo scopo il prossimo paragrafo spiega perché le emissioni climalteranti rappresentano un'esternalità di tipo globale e quali difficoltà derivano da tale circostanza per il processo di decarbonizzazione. Un riquadro descrive i principali aspetti istituzionali, internazionali, europei ed italiani. Il paragrafo successivo analizza le modalità con cui l'analisi economica si è tradizionalmente occupata del cambiamento climatico, discutendo in particolare la letteratura più recente che utilizza metodi controfattuali. Infine si introducono i lavori che fanno parte del progetto di ricerca della Banca d'Italia, per ciascuno dei quali in questo volume è presentata una scheda illustrativa, e si propongono alcune considerazioni conclusive.

Esternalità globale, *carbon pricing* e coordinamento internazionale

L'impatto delle emissioni di gas a effetto serra sul cambiamento climatico non dipende dall'origine geografica di queste ultime. Quando una centrale elettrica brucia carbone – sia essa in Cina o in Italia – produce gas serra che si diffondono rapidamente nell'atmosfera, andandosi a sommare allo *stock globale* di questi gas già presenti. Occorre ricordare che il cambiamento climatico è provocato dai livelli di concentrazione di gas a effetto serra in atmosfera, che si mantengono per lunghissimo tempo². La grandezza rilevante è quindi lo *stock* di gas climalteranti, non il loro flusso (cioè quante emissioni avvengono ogni anno), anche se ovviamente i flussi si aggiungono allo stock in essere. Riprendendo una famosa

² Secondo elaborazioni della NASA, la CO₂ può rimanere in atmosfera per un periodo compreso tra 300 e 1000 anni <https://climate.nasa.gov/news/2915/the-atmosphere-getting-a-handle-on-carbon-dioxide/>.

metafora, il sistema climatico è come una vasca da bagno: quando è piena d'acqua calda occorre del tempo per raffreddarla, anche dopo aver aperto il rubinetto dell'acqua fredda.

Mentre la localizzazione delle fonti emissive non ha rilevanza sul riscaldamento *globale*, le previsioni dei climatologi indicano invece che i cambiamenti climatici saranno estremamente eterogenei nelle diverse regioni del pianeta. Inoltre analisi econometriche indicano che i danni economici dei cambiamenti climatici dipenderanno dalle condizioni iniziali di ogni area: un aumento di un grado in un paese dal clima temperato ha conseguenze più modeste rispetto a uno stesso aumento in un paese già torrido in partenza.

Le caratteristiche del cambiamento climatico implicano che nessun paese preso singolarmente ha incentivo a tenere conto (*internalizzare* in gergo) completamente dei costi delle proprie emissioni di gas a effetto serra. Ad esempio, se il governo Italiano decidesse di produrre l'energia di cui la sua economia ha bisogno solo bruciando combustibili fossili, i danni delle conseguenti emissioni non ricadrebbero solo sui cittadini italiani, ma anche e soprattutto su coloro che vivono in regioni già molto calde (ad esempio il subcontinente indiano), ben al di fuori del nostro paese. Nel linguaggio degli economisti il cambiamento climatico è dunque caratterizzato dalla presenza di una *esternalità*, per di più di natura *globale*. In economia si definisce *esternalità* il complesso degli effetti (positivi o negativi) che un'attività o transazione economica produce sul benessere di terzi che non hanno partecipato alla stessa. Nel caso del cambiamento climatico, quando una centrale brucia un combustibile fossile per produrre elettricità e venderla a un consumatore, qualcun altro, forse in India, probabilmente non ancora nato, sarà portato a soffrirne le conseguenze.

Da un punto di vista teorico la soluzione a problemi di esternalità è nota agli economisti sin dal contributo di Pigou (1920): la politica pubblica efficiente consiste nell'aumentare il costo di tutte le emissioni di gas serra (ad esempio attraverso l'imposizione di una tassa sulle emissioni) così che rifletta i costi sociali. Ad esempio, se bruciare del gas per riscaldare una casa causa dei danni futuri, questi danni dovrebbero essere inclusi nel costo del gas. Questo approccio, noto genericamente come *carbon pricing* (letteralmente “attribuire un prezzo all'anidride carbonica”), può essere declinato in vari modi, fra cui l'imposizione di una tassa sulle emissioni (*carbon tax*) oppure l'imposizione di un tetto alle emissioni, a cui viene associato un mercato per acquistare o vendere i permessi ad emettere (*cap and trade*)³.

Attraverso una *carbon tax* il regolatore fissa direttamente il prezzo delle emissioni definendo un'imposta per ogni tonnellata di gas serra emessa. Ad esempio una *carbon tax* di 50 euro per ogni tonnellata di gas serra nel settore dei trasporti si tradurrebbe in un'imposta di circa 10 centesimi di euro per litro di benzina. In questo caso specifico, l'imposta ottimale è quella che allinea il costo dei carburanti fossili all'esternalità che essi causano. Un'ampia letteratura econometrica si è sviluppata nell'ultimo decennio con lo scopo di stimare l'entità dell'esternalità da gas serra, ciò che viene definito in gergo tecnico *social cost of carbon*, e fornire così indicazioni sul livello a cui fissare la *carbon tax*. In alternativa, avendo a disposizione stime dell'elasticità della domanda di combustibili fossili al loro prezzo, il livello dell'imposta può essere fissato in modo da ottenere una data riduzione delle emissioni, ad esempio quella coerente con un contenimento dell'aumento della temperatura media globale entro i 2°C, così come stabilito con gli Accordi di Parigi.

Attraverso il *cap and trade*, il regolatore fissa la quantità complessiva di emissioni che l'intera economia può produrre in un dato periodo di tempo e poi permette alle imprese di comprare e vendere dei certificati (o permessi) di emissione il cui totale non supera la quantità complessiva determinata. Per determinare quanto ogni singola impresa abbia diritto

³ Sebbene le locuzioni inglesi *carbon pricing* e *carbon tax* (spesso tradotte in italiano come *prezzo del carbonio* o *tassa sul carbonio*) si riferiscano direttamente soltanto all'anidride carbonica (*carbon dioxide*), tali politiche coprono tutti i gas a effetto serra, come ad esempio il metano (CH_4) e l'ossido di azoto (N_2O).

di emettere, il regolatore mette all'asta dei certificati che in seguito possono anche essere comprati e venduti dalle singole imprese. Un'azienda che intende emettere una data quantità di gas serra deve procurarsi e poi riconsegnare al regolatore un corrispondente numero di certificati. A seconda del proprio costo di abbattimento, ogni impresa deciderà se rispettare la regolamentazione acquistando più certificati o riducendo le proprie emissioni, ad esempio aumentando la propria efficienza energetica. Siccome ogni tonnellata di gas serra provoca lo stesso danno sociale, per il regolatore non ha alcuna importanza *quale* impresa emetta quella tonnellata, e dunque delega al mercato questa scelta. Il fatto che ogni impresa scelga in autonomia se ridurre le emissioni o comprare permessi al prezzo di mercato assicura che le emissioni siano ridotte al minor costo. Le imprese per le quali ridurre le emissioni è più costoso del prezzo di un permesso sceglieranno di comprare il permesso e continuare a emettere; al contrario le imprese per le quali ridurre le emissioni attraverso mezzi alternativi – ad esempio aumentando la propria efficienza energetica – è minore del prezzo, emetteranno di meno.

Dagli anni duemila il numero di giurisdizioni che hanno introdotto una qualche forma di *carbon pricing* è aumentato significativamente, ma la diffusione di questi schemi rimane parziale. Nel 2022 erano attive nel mondo 68 politiche di questo tipo, per una copertura complessiva di poco meno di un quarto delle emissioni globali⁴. Inoltre in molti casi il prezzo delle emissioni in questi sistemi era piuttosto basso e comunque inferiore all'esternalità negativa a esse connessa⁵. Nonostante il *carbon pricing* riscontri il favore di gran parte degli economisti⁶, la sua diffusione è frenata da ostacoli di natura politica. Secondo studi recenti, la maggior parte degli elettori non è favorevole a questa soluzione, sia perché non è disposta a sopportarne i costi in termini di maggiori prezzi dell'energia, sia perché dubita che queste iniziative possano effettivamente risolvere il problema del cambiamento climatico⁷.

Inoltre l'approccio del *carbon pricing* è valido se e solo se si è disposti ad abbracciare una filosofia “utilitaristica”: se per bruciare combustibili fossili gli individui accettano di pagare un ammontare aggiuntivo di denaro, pari almeno ai danni procurati a individui non ancora nati in qualche parte del mondo, allora questo “trasferimento di risorse” dalle generazioni future a quelle odiere è desiderabile poiché aumenta il benessere “collettivo”. Questo approccio, focalizzato sul raggiungimento del maggior benessere possibile per il maggior numero di persone (indipendentemente da *chi* siano), ignora la possibilità che la società ritenga certe azioni non etiche e dunque non desiderabili, a prescindere da quanto qualcuno sia disposto a pagare per metterle in atto. D'altro canto, l'analisi costi-benefici è implicita in molte delle scelte che le nostre società compiono. La costruzione di un'autostrada verrà effettuata anche se qualcuno potrebbe fare degli incidenti stradali. Il dibattito sull'appropriatezza della prospettiva “utilitaristica” quando si parla di cambiamento climatico rimane aperto. Per tutti questi motivi molti governi utilizzano politiche ambientali alternative, che sono essenzialmente di due tipi: erogazione di sussidi all'energia pulita (ad esempio incentivi per l'installazione di pannelli solari) e introduzione di standard emissivi (come i limiti Euro VI e precedenti sulle emissioni per chilometro percorso, che si applicano alle automobili nell'Unione europea).

Indipendentemente dallo strumento con cui si decide di affrontare il cambiamento climatico, sia esso una forma di *carbon pricing* per internalizzare il costo dell'esternalità, oppure una combinazione di sussidi e standard emissivi, la natura *globale* del problema comporta che

⁴ Si faccia riferimento alle statistiche riportate dalla Banca Mondiale sul portale <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/>.

⁵ I prezzi più alti si aggirano attorno ai 130 USD – valore in linea con l'esternalità secondo alcune stime molto diffuse (si veda ad esempio Wang *et al.* (2019)) - e si registrano in Svizzera, Svezia, Liechtenstein e Uruguay.

⁶ Economists' Statement on Carbon Dividends, The Wall Street Journal, 16 gennaio 2019.

⁷ Cfr. Douenne e Fabre (2022) e Dechezleprêtre *et al.* (2022).

ogni politica climatica dovrebbe essere applicata indistintamente a tutti gli emettitori di gas serra al mondo (ad esempio a tutte le centrali elettriche a carbone) indipendentemente dal paese in cui sono localizzati. È evidente quindi che ogni politica ambientale che abbia l'obiettivo di ridurre il cambiamento climatico (e non l'inquinamento di natura locale) dovrebbe necessariamente essere condivisa e coordinata a livello internazionale affinché sia efficace. Purtroppo è altresì chiaro quanto tale coordinamento sia difficile da raggiungere e mantenere nel tempo. La teoria dei giochi predice che se un paese decidesse unilateralmente di abbattere le proprie emissioni di gas serra, gli altri paesi avrebbero un incentivo a mantenere inalterate le loro emissioni poiché i costi della transizione ad un'economia sostenibile (ad esempio sviluppare tecnologie energetiche alternative) sarebbero sostenuti solo dal paese volenteroso, mentre tutti godrebbero indistintamente dei benefici⁸ (un fenomeno noto come *free riding*). Inoltre, in caso di abbattimento unilaterale da parte di un solo paese, le emissioni globali potrebbero addirittura rimanere inalterate, se le imprese di quest'ultimo decidessero di rilocalizzare la propria produzione in paesi con una politica climatica meno stringente (un fenomeno noto come *carbon leakage*). Infine è importante notare che i paesi che oggi emettono grandi quantità di gas serra (tipicamente paesi in via di sviluppo) contribuiscono meno agli attuali cambiamenti climatici rispetto a paesi che al momento hanno livelli di emissioni minori, ma che hanno consumato imponenti quantità di combustibili fossili negli ultimi centocinquant'anni (tipicamente paesi avanzati già protagonisti della prima rivoluzione industriale). Tornando alla metafora della vasca da bagno, l'alta temperatura dell'acqua già presente all'interno è responsabilità dei paesi avanzati, anche se dal loro rubinetto esce ora acqua più fredda rispetto a quella attualmente versata dai paesi in via di sviluppo. Questa asimmetria rende ancora più difficile convincere i paesi in via di sviluppo ad abbattere le emissioni, poiché probabilmente questo comporterebbe un rallentamento del loro processo di convergenza economica verso il livello di reddito dei paesi avanzati.

Storicamente, il coordinamento delle politiche climatiche a livello internazionale è stato tentato attraverso la sottoscrizione di accordi multilaterali con cui i paesi si impegnavano a determinate riduzioni alle loro emissioni entro una certa data. Gli sviluppi istituzionali nell'ambito dei trattati climatici internazionali di Kyoto (1997) e di Parigi (2016), e il coinvolgimento dell'Unione europea e dell'Italia nello specifico, sono riassunti nel riquadro. Purtroppo si è rivelato particolarmente difficile far rispettare tali trattati, poiché non esiste un tribunale internazionale che possa punire chi li viola; in ultima analisi ogni paese può decidere in ogni momento di abbandonare un trattato internazionale che aveva sottoscritto in precedenza⁹. Un esempio eclatante è costituito dall'abbandono del trattato di Parigi da parte degli Stati Uniti annunciato nel 2019¹⁰. Inoltre, poiché la transizione verso un'economia sostenibile comporta imponenti investimenti iniziali, ogni volta che un paese compie passi importanti in questa direzione, sta contemporaneamente indebolendo la sua posizione negoziale nei consensi internazionali, poiché diventa meno credibile la sua minaccia di ridurre il suo impegno, se anche gli altri paesi non lo seguono sulla strada della transizione verde.

Sviluppi istituzionali (internazionali ed Europei) nell'ambito della lotta al cambiamento climatico

Il primo accordo climatico internazionale è stato stipulato nel 1997 a Kyoto in ambito della terza conferenza degli Stati firmatari (*Conference of Parties*, COP3) della

⁸ Cfr. Hoel (1991).

⁹ Cfr. Harstad (2012, 2016).

¹⁰ All'uscita, divenuta ufficiale alla fine del 2020, ha fatto seguito il rientro negli accordi all'inizio del 2021.

Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (*United Nations Framework Convention of Climate Change*, UNFCCC). Il cosiddetto “Protocollo di Kyoto” prevedeva obblighi di riduzione e limitazione delle emissioni di gas serra, giuridicamente vincolanti per gli oltre 180 stati originariamente firmatari, stabilendo due periodi di impegno dal 2008 al 2012 (primo periodo) e dal 2013 al 2020 (secondo periodo). Nel 2016, in ambito della COP21 della UNFCCC a Parigi, è stato poi stipulato un secondo accordo internazionale, contemplante un obiettivo quantitativo di limitazione del riscaldamento terrestre a meno di 2°C rispetto ai valori preindustriali del 1750. I 196 Stati firmatari, responsabili complessivamente di oltre il 90 per cento delle emissioni globali, hanno indicato i rispettivi obiettivi di decarbonizzazione per il periodo dal 2020 al 2030.

L’Unione Europea (UE) ha sempre svolto un ruolo di rilievo nella lotta al cambiamento climatico. Nel 1997 si è impegnata a raggiungere, fra il 2008 ed il 2012, una riduzione delle emissioni di gas serra pari all’8 per cento rispetto ai livelli del 1990. Nell’ambito dell’accordo di Parigi del 2016, l’UE si è impegnata a raggiungere, fra il 2020 ed il 2030, una riduzione delle emissioni di gas serra pari al 40 per cento rispetto ai livelli del 1990. Nel 2019 ha poi incrementato tale obiettivo al 55 per cento, in prospettiva del raggiungimento della neutralità carbonica entro il 2050¹¹. A confronto, altre giurisdizioni responsabili di elevate quantità di emissioni come la Cina e gli Stati Uniti hanno stabilito obiettivi di riduzione meno ambiziosi, spesso non procedendo alla ratifica degli impegni assunti in sede internazionale¹².

Lo strumento principale dell’UE per il raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione è lo *European Union Emissions Trading System* (EU ETS), un sistema *cap and trade* per controllare le emissioni inquinanti prodotte da grandi impianti elettrici e industriali e dal settore dell’aviazione commerciale, rappresentanti complessivamente circa il 40 per cento delle emissioni inquinanti dell’UE. All’ETS sono state poi affiancate misure settoriali con obiettivi di diversa entità a seconda degli Stati membri, e investimenti in ricerca e sviluppo di nuove tecnologie per la cattura e lo stoccaggio dell’anidride carbonica (CCS).

Nel 2019 l’UE ha presentato il *Green Deal Europeo* contenente proposte di revisione ed irrigidimento della regolamentazione dei settori ETS e non-ETS, nonché l’imposizione di target ambiziosi di efficienza energetica e utilizzo di energie rinnovabili.

Al fine di monitorare il percorso di raggiungimento degli obiettivi stabiliti con l’Accordo di Parigi, gli Stati Membri dell’UE sono tenuti ad inviare un documento programmatico decennale alla Commissione Europea, fornendo indicazioni sui macro obiettivi nazionali e sulle misure necessarie al loro raggiungimento (per l’Italia si tratta del Piano Nazionale Energia e Clima PNIEC; cfr. *infra*). Nonostante il loro orizzonte decennale, gli obiettivi e le azioni programmatiche devono essere in linea con il raggiungimento dell’azzeramento di emissioni al 2050, come già indicato nel *Green Deal Europeo*.

Per incentivare gli investimenti necessari al raggiungimento degli obiettivi relativi al periodo 2020-2030 l’UE ha stabilito di allocare circa un terzo del budget del

¹¹ Le emissioni zero (o neutralità carbonica) consistono nel raggiungimento di un equilibrio tra le emissioni e l’assorbimento di gas serra. Quando si rimuove anidride carbonica dall’atmosfera si parla di sequestro o immobilizzazione della CO₂.

¹² Nel 2016, nell’ambito dell’accordo di Parigi, la Cina aveva proposto un target di riduzione delle emissioni per unità di prodotto interno lordo (PIL) rispetto ai livelli del 2005 pari al 60-65 per cento entro il 2030; l’obiettivo attuale è di arrestare la crescita delle emissioni complessive entro il 2030, riducendole di “oltre il 65 per cento” per unità di PIL entro la stessa data. Nel 2016 gli Stati Uniti avevano un target di riduzione delle emissioni del 26-28 per cento rispetto ai livelli del 2005 entro il 2025; come ricordato, gli Stati Uniti si sono poi ritirati dall’accordo ufficialmente nel 2020; il rientro nel 2021 è avvenuto con un target di riduzione del 50-52 per cento rispetto ai livelli del 2005 entro il 2030.

*NextGenerationEU*¹³ a investimenti mirati a raggiungere gli obiettivi delineati nello *European Green Deal*. Tali fondi dovrebbero inoltre essere mobilizzati mediante l'emissione di green bonds da parte della Commissione Europea.

La crisi energetica innescata dall'invasione russa dell'Ucraina ha imposto sia temporanee deviazioni dal percorso di decarbonizzazione, sia un rafforzamento dei relativi obiettivi di medio-lungo termine.

In un contesto di emergenza energetica gli Stati membri sono intervenuti con una serie di misure temporanee di sostegno alle imprese e ai consumatori, incrementando anche in alcuni casi la produzione di energia elettrica da centrali a carbone.

Lo scorso maggio la Commissione europea ha presentato un ulteriore piano (*REPowerEU*) finalizzato al rapido raggiungimento dell'indipendenza energetica da fonti fossili di provenienza russa, e al potenziamento delle fonti energetiche rinnovabili. Il piano, integrato nell'ambito di *NextGenerationEU*, prevede interventi per confermare (o incrementare) gli obiettivi di decarbonizzazione dello *European Green Deal*.

In l'Italia, come anticipato, gli obiettivi climatici sono indicati nel PNIEC, predisposto dal Ministero dello Sviluppo Economico di concerto con le Parti Sociali. Il PNIEC copre le seguenti tematiche: (1) efficienza energetica e fonti rinnovabili (2) riduzione delle emissioni (3) mercato interno e interconnessioni (4) ricerca e innovazione.

Il PNIEC più recente, approvato a fine 2019, prevede una riduzione delle emissioni di gas serra del 40 per cento rispetto al 1990, in linea con gli obiettivi europei stabiliti nell'ambito dell'accordo di Parigi, e richiederà un aggiornamento per essere in linea con il nuovo obiettivo europeo del 55 per cento. I principali obiettivi del PNIEC riguardano: (i) una sostanziale riduzione delle emissioni di gas a effetto serra rispetto al 2005 (-43 per cento negli impianti vincolati dalla normativa ETS e -33 per cento nei restanti settori); (ii) un aumento della quota di energie rinnovabili (30 per cento dei consumi lordi totali di energia e il 22 per cento dei consumi nei trasporti); (iii) una riduzione del consumo di energia primaria del 43 per cento, rispetto allo scenario PRIMES 2007¹⁴.

Nel Piano di Ripresa e Resilienza dell'Italia, definito nell'ambito di *NextGenerationEU*, gli investimenti della missione "Rivoluzione verde e transizione ecologica" ammontano a quasi 70 miliardi.

La teoria economica ha proposto vari meccanismi per alleviare il problema del *free riding* e per facilitare la cooperazione internazionale nei trattati climatici, analizzando varie dimensioni quali le regole di voto, la durata, la dimensione e le procedure negoziali. Nonostante questi tentativi, vari economisti, fra cui il Premio Nobel per l'economia del 2018 William Nordhaus, dubitano che un accordo internazionale possa essere al tempo stesso durevole, condiviso e sufficientemente stringente da portare a significative riduzioni delle emissioni. Nordhaus si è fatto promotore di un approccio alternativo al problema: un numero ristretto di paesi virtuosi, desiderosi di fermare il cambiamento climatico (un cosiddetto *climate club*), dovrebbe implementare unilateralmente una politica climatica aggressiva (ad esempio introducendo una *carbon tax* ambiziosa) e, allo stesso tempo, dovrebbe imporre dazi commerciali alle importazioni proveniente dai paesi che non sono parte del club¹⁵. I

¹³ Rinvio alla pagina del sito della Commissione che descrive Next Generation EU: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/finance-and-green-deal_en

¹⁴ Scenario di riferimento elaborato nel 2007 utilizzando il modello di equilibrio parziale del sistema energetico dell'Unione Europea impiegato nell'elaborazione di previsioni, scenari ed analisi di impatto di politiche e misure nel settore dell'energia al 2030.

¹⁵ Cfr. Nordhaus (2015).

dazi potrebbero essere proporzionali alla quantità di gas serra utilizzata per produrre le merci importate in modo da estendere parzialmente la politica climatica del club anche al di fuori della sua giurisdizione. In alternativa i dazi potrebbero essere uniformi in modo da funzionare come punizione per non far parte del club¹⁶. In ogni caso, la proposta di Nordhaus ha qualche possibilità di successo solo se la dimensione iniziale del club in termini di commercio estero è sufficientemente grande da far sì che la minaccia di una guerra commerciale sia un deterrente efficace.

Gli effetti del cambiamento climatico sull'economia e sulla società

Qual è l'impatto dei cambiamenti climatici sull'economia? A partire dagli anni '70 gli economisti hanno provato a rispondere a questa domanda attraverso i modelli di valutazione integrata (*Integrated Assessment Models*, IAMs), che costituiscono la base per importanti prescrizioni di politica economica come ad esempio il livello di una *carbon tax*. Si tratta di modelli macroeconomici integrati a modelli climatologici, che forniscono una descrizione quantitativa dei processi in atto sia nel sistema sociale che in quello naturale, tenendo conto delle interazioni fra di essi. Questi modelli ci permettono di formulare previsioni sugli andamenti futuri delle emissioni di gas climalteranti a seconda di cambiamenti nella struttura dell'economia e degli interventi della politica economica. Permettono inoltre di formulare delle stime sui danni economici dal cambiamento climatico, sfruttando informazioni di natura climatologica sulla relazione tra emissioni e clima e tra clima e PIL (*damage function*). Come ogni modello quantitativo gli IAMs sono basati su ipotesi sul funzionamento dell'economia che servono a ridurre un sistema altamente complesso ad un insieme di relazioni e nessi causali tra poche variabili.

I modelli IAMs sono stati ampiamente criticati (Stern e Stiglitz, 2021). Per quanto riguarda la stima dei costi economici del cambiamento climatico (*damage function*) Pindyck (2013) è arrivato a sostenere che, data l'arbitrarietà di alcune ipotesi cruciali, la quantificazione dei danni che deriva da questi modelli rifletterebbe nulla di più che congettura. Su questo versante però i progressi degli ultimi anni sono stati significativi. La disponibilità di dati e quella di una maggiore e diffusa potenza di calcolo, assieme allo sviluppo delle tecniche statistiche di tipo controfattuale ha permesso un progresso notevole per quanto riguarda lo studio degli effetti (positivi o negativi) del clima sulle variabili socio-economiche. La stima degli effetti passati può essere poi utilizzata per simulare l'impatto delle variazioni climatiche future, in modo da sostituire gli elementi di arbitrarietà delle *damage function* con delle elasticità stimate sui dati. Questa lettura è ben sintetizzata in Dell *et al.* (2014), Carleton & Hsiang (2016), e Hsiang & Kopp (2018). È principalmente in questa linea di ricerca che si collocano i lavori inclusi nel progetto di ricerca della Banca d'Italia, che utilizzano le tecniche di microeconometria controfattuale per valutare gli effetti dei cambiamenti climatici che si sono già sperimentati sui settori e sui mercati nel nostro Paese.

Come accennato prima, identificare l'effetto causale di una data variazione climatica su una variabile socio-economica richiede un ragionamento di tipo *controfattuale*. Immaginiamo che in una settimana di temperature oltremodo elevate 52 anziani siano stati ricoverati all'ospedale di Foggia. Possiamo affermare che il caldo ha determinato quei ricoveri? La risposta è no. Probabilmente una quota di anziani sarebbe giunta all'ospedale anche con temperature molto più accettabili. L'esperimento ideale che ci permette di misurare con accuratezza l'effetto del clima ha bisogno di un confronto. Bisognerebbe considerare due popolazioni di anziani, assolutamente identiche in ogni caratteristica, tra cui quella di

¹⁶ Quest'ultimo approccio è più facile da implementare nella pratica, visti gli elevati oneri amministrativi che sarebbero necessari per calcolare la quantità di gas a effetto serra emessa per la produzione di ogni merce di importazione.

risiedere a Foggia, una che sperimenta la settimana con temperature torride (il gruppo dei trattati) e l'altra che ne viene risparmiata (quello dei controlli). In questo modo la differenza nei tassi di ospedalizzazione può essere ragionevolmente imputata al clima. In realtà questo esperimento non è realizzabile, visto che gli anziani foggiani possono trovarsi in uno solo dei due stati a seconda delle vere temperature che sperimentano in quella settimana.

L'econometria fornisce i metodi per approssimare l'esperimento ideale irrealizzabile. I primi tentativi hanno sfruttato la variabilità climatica sul territorio (Mendelsohn *et al.*, 1994): visto che gli anziani di Foggia non possono essere utilizzati per il gruppo dei controlli, perché non utilizzare quelli di Trento, che durante quella stessa settimana hanno avuto un tempo assai mite? Questa strada (confronti cross-sezionali) ha delle limitazioni. Gli anziani di Trento differiscono da quelli di Foggia per una molteplicità di fattori (reddito e ricchezza, funzionamento dei servizi pubblici locali, background culturale, abitudini alimentari ecc.) che potrebbero avere un ruolo per i differenti ricoveri di quella settimana. A queste importanti limitazioni si accompagna tuttavia un chiaro vantaggio: nei confronti cross-sezionali l'esposizione alle condizioni climatiche dei trattati e dei controlli è di lunga durata, per cui è plausibile ritenere che la risposta degli agenti tenga conto delle attività di adattamento che gli individui hanno messo in atto per difendersi dalle condizioni climatiche (ad esempio, gli anziani di Foggia consapevoli delle più disagevoli temperature si sono muniti di condizionatori).

Una strada diversa è quella che sfrutta la variabilità del clima nel tempo. In pratica si utilizza come gruppo di controllo per il confronto controfattuale la stessa popolazione trattata, quella di Foggia, ma presa in un momento diverso da quello della settimana in cui si sono sperimentate temperature estreme (confronto longitudinale o panel). In questo modo si tiene conto del fatto che alcuni dei fattori che possono spiegare le differenze nelle ospedalizzazioni nel tempo non variano e quindi non confondo l'effetto del clima sulla variabile che abbiamo preso a riferimento. Anche in questo caso l'interpretazione dei risultati delle stime controfattuali richiede cautela. La difficoltà principale è che essi rappresentano delle risposte di breve periodo, che non tengono conto dell'attività di adattamento. Gli sviluppi metodologici più recenti (si veda ad esempio Kolstand & Moore, 2020) propongono approcci di tipo ibrido, in cui fonti di variabilità cross-sezionali e temporali (anche su periodi molto lunghi) vengono combinate per avere delle stime che siano ragionevolmente al riparo dai problemi di variabili omesse e che al tempo stesso possano tenere conto delle risposte in termini di adattamento.

Le applicazioni di queste tecniche mostrano che le variazioni climatiche hanno importanti ripercussioni sull'economia e sulla società. Innanzitutto vi sono effetti significativi sulle misure aggregate di attività economica, come il PIL o il reddito nazionale. Ad esempio Burke *et al.* (2015) mostrano che su scala globale la relazione stimata fra la variazione del PIL pro capite e la temperatura media annuale sarebbe crescente fino a 13°C e decrescente oltre questa soglia. Utilizzando queste stime, in base allo scenario RCP 8.5¹⁷, la contrazione del PIL pro capite globale a fine secolo potrebbe essere pari a poco meno di un quarto rispetto ad un mondo controfattuale senza cambiamento climatico (tale variazione corrisponde ad una riduzione del tasso di crescita medio di 0,28 punti percentuali dal 2010 al 2100). In un esercizio limitato agli Stati Uniti per il periodo 1969-2011, Deryugina e Hsiang (2017) stimano che le temperature effettivamente sperimentate dalle diverse contee americane avrebbero ridotto di 1,7 punti percentuali il tasso di crescita che si sarebbe realizzato se la temperatura fosse stata sempre quella ottimale per lo svolgimento delle attività produttive

¹⁷ Gli RCP (*Representative Concentration Pathways*) sono scenari emissivi usati nei modelli climatici globali. L'RCP 8.5, lo scenario più estremo al momento considerato dall'IPCC, prevede un aumento complessivo delle emissioni rispetto al 2005 pari a circa 1000 gigatonnellate di CO₂ equivalente entro il 2030 e circa 2500 gigatonnellate entro il 2050 (Schwalm *et al.*, 2020; Bernardini *et al.*, 2021).

(fra 9°C e 15°C). In base a queste stime il tasso di crescita annuale dell'economia americana sarebbe, nel caso dello scenario RCP 8.5, inferiore di circa 0,1 punti percentuali rispetto ad un contropartito senza cambiamento climatico. Gli effetti dei cambiamenti climatici negli studi di tipo macro risultano essere abbastanza omogenei fra aree del mondo e fra diverse epoche, una volta tenute in considerazione le condizioni climatiche iniziali. In altre parole gli effetti sarebbero più marcati nei paesi poveri sub-tropicali per via del loro clima e non delle condizioni economiche di partenza.

In base a quali meccanismi il clima impatta le misure aggregate di attività economica? Le analisi economiche si sono subito concentrate sull'agricoltura, dato il ruolo delle condizioni climatiche per i raccolti. Alcuni degli importanti sviluppi metodologici, di cui si è accennato sopra, e che permettono di misurare con accuratezza gli effetti del clima sulle variabili socio-economiche, derivano da applicazioni nel settore agricolo. Ad esempio, Mendelsohn *et al.* (1994), utilizzando un approccio di tipo cross-sezionale, stimano che l'effetto del clima sui valori dei terreni è molto modesto. Schlenker *et al.* (2005) mostrano che in realtà la possibilità di irrigazione artificiale, di cui il lavoro di Mendelsohn *et al.* (1994) non tiene conto, rappresenta una variabile omessa cruciale, il cui inserimento comporta una revisione sostanziale al rialzo dei danni. Passando all'approccio che sfrutta la variabilità climatica nel tempo delle temperature e delle partecipazioni (meno sensibile a distorsioni dovute a variabili omesse), Deschênes & Greenstone (2007) non trovano effetti significativi. A loro volta questi risultati sono stati criticati e smentiti in una serie di studi successivi, che indicano invece che il cambiamento climatico ha effetti negativi e significativi su varie colture (Fisher *et al.* 2012). L'adattamento resta un aspetto altamente dibattuto: esso potrebbe essere limitato da una scarsa consapevolezza degli agricoltori, oppure da un insufficiente accesso al credito¹⁸.

Gli effetti del clima sull'attività economica aggregata difficilmente potrebbero essere spiegati con riferimento alla sola agricoltura, che nei paesi più ricchi occupa una frazione ridotta del prodotto. Un ampio numero di contributi recenti guarda alle implicazioni sulla produttività in settori diversi da quello primario. Ad esempio, Somanathan *et al.* (2021) usano dati a livello d'impresa riferiti al settore manifatturiero indiano per mostrare come nelle giornate più calde diminuisca la produttività del lavoro e aumentino le assenze dal lavoro. Un risultato dello studio è che, mentre la prima potrebbe essere protetta dalle avverse condizioni climatiche attraverso impianti di condizionamento sul luogo di lavoro, le seconde non dipendono dall'esistenza di condizionatori negli stabilimenti, suggerendo che per limitare i danni le misure di adattamento dovranno riguardare anche le abitazioni e i mezzi di trasporto. Su questi temi, e in particolare sui meccanismi di trasmissione delle condizioni ambientali alla performance lavorativa individuale, si vedano, tra gli altri, Heal & Park (2016) e Graff Zivin & Neidell (2014).

Gli studi non si sono concentrati solo su variabili prettamente economiche, ma anche su quelle, altrettanto importanti, a cui è difficile attribuire un valore monetario, come ad esempio la biodiversità e la mortalità. Su quest'ultimo aspetto, uno studio recente (Carleton *et al.* 2022) ha analizzato dati sulla mortalità per età a livello di provincia che coprono il 55 per cento della popolazione del pianeta. I risultati indicano una sostanziale eterogeneità a seconda delle condizioni iniziali: in uno scenario estremo il riscaldamento globale porterebbe a salvare circa 230 vite all'anno ogni 100.000 abitanti in Norvegia, e a causare 160 morti in più in Ghana. La differenza è dovuta alle diverse condizioni climatiche ed economiche di partenza dei due paesi. Benché temperature più alte possano causare

¹⁸ Recentemente gli economisti hanno infine cominciato a investigare la cosiddetta "fertilizzazione da CO₂", ovvero il fenomeno per cui questo gas serra ha un effetto fertilizzante su alcune colture; uno studio recente (Schlenker and Taylor, 2021) indica che all'incremento di CO₂ in atmosfera è attribuibile almeno il 10 per cento dell'incremento nella produttività agricola osservata negli Stati Uniti dal 1940.

significative perdite di vite umane, lo studio rivela anche che l’adattamento e il miglioramento degli standard di vita nei paesi in via di sviluppo dovrebbero riuscire a mitigare fortemente questi effetti negativi.

Più in generale, gli studi hanno coperto una pluralità di ambiti, molti dei quali di interesse degli economisti. Esempi di rilievo riguardano l’accumulazione di capitale umano (si veda ad esempio: Park *et al.*, 2020), le migrazioni (Cattaneo & Peri, 2016), la demografia (Barreca *et al.*, 2015) e la criminalità (Baysan *et al.*, 2018). Si tratta di temi di rilievo per il caso italiano; è facile immaginare che le implicazioni del cambiamento climatico in questi ambiti saranno presto al centro del dibattito di policy.

Il progetto di ricerca della Banca d’Italia

I lavori del progetto di ricerca della Banca d’Italia contribuiscono sia a stimare gli effetti del cambiamento climatico sull’economia italiana sia a valutare alcune politiche. Per quanto riguarda gli effetti del cambiamento climatico, come già ricordato, l’agricoltura è uno dei settori maggiormente esposti, in quanto le temperature e le precipitazioni sono input diretti nel processo produttivo. In uno dei lavori del progetto (Accetturo e Alpino, 2022) un’analisi econometrica su mais, grano duro e uva da vino rivela che nel caso italiano gli effetti negativi sulla resa di queste colture si manifestano quando la temperatura sale oltre i 29°C circa per i cereali e oltre i 32°C nel caso dei vitigni. L’agricoltura è inoltre esposta a eventi estremi come le grandinate, ma sono pochi gli agricoltori italiani assicurati contro questo tipo di rischio, nonostante la presenza di sussidi statali. Citino, Palma e Paradisi (2021) mostrano come tale sottoassicurazione sia attribuibile sia al fenomeno di selezione avversa – per cui ai prezzi osservati è conveniente assicurarsi solo per i produttori più a rischio – sia a cosiddette “frizioni” dal lato della domanda, cioè un insieme di fattori psicologici e culturali che inducono gli agricoltori a sottostimare il valore dei contratti assicurativi. Bottoni, Frigo e Granato (2022) mostrano che i fondi comunitari erogati nell’ambito della Politica Agricola Comune (PAC) hanno un effetto positivo sulla probabilità di assicurarsi e aumentano anche gli investimenti in protezione delle colture.

Come riscontrato nella letteratura internazionale, anche in Italia l’agricoltura non è l’unica attività economica ad essere interessata dagli effetti del cambiamento climatico e dagli eventi a esso collegati. Cascarano, Natoli e Petrella (2022) presentano evidenza, relativa a tutti i settori, che l’aumento del numero di giorni in cui si riscontrano temperature elevate riduce il tasso di entrata sul mercato di nuove imprese e ne aumenta il tasso di uscita; un altro contributo (Clò, David e Segoni, 2022) mostra che effetti negativi sulla demografia e sulla performance delle imprese di tutti i comparti sono causati anche dagli eventi idrogeologici (soprattutto alluvioni), la cui frequenza è in aumento a causa del cambiamento climatico. Mariani e Scalise (2022) si concentrano sugli effetti della diminuzione delle precipitazioni nevose sul turismo invernale, e concludono che tale fenomeno ha effetti negativi e significativi sulle presenze. Anche il mercato immobiliare appare condizionato dalle alte temperature, con effetti legati al fatto che il caldo scoraggia la ricerca di case da parte degli acquirenti (Cascarano e Natoli, 2022). L’impatto negativo del cambiamento climatico sulle attività economiche è così pervasivo che può essere colto anche utilizzando variabili macroeconomiche aggregate, come dimostrato in Brunetti, Croce, Gomellini e Piselli (2022), che utilizzano serie storiche su temperature e prodotto interno lordo per un periodo di tempo che va da fine Ottocento ai giorni nostri.

Gli effetti negativi del cambiamento climatico non interessano solo la produttività delle attività economiche ma anche quella dei singoli individui. Ballatore, Palma e Vuri (2022) mettono in relazione le *performance* degli studenti italiani nei test Invalsi con le temperature registrate il giorno della prova; l’analisi empirica rivela che oltre i 30° circa si manifestano

effetti negativi sia sui risultati dei test, soprattutto in matematica, sia sullo stress emotivo degli studenti. Secondo quanto riportato nella letteratura medica, anche l'inquinamento dell'aria può avere effetti negativi sulle performance umane, perché altera la concentrazione e la prontezza mentale; in linea con questo meccanismo, un altro lavoro (Depalo e Palma 2022) presenta evidenza che una peggiore qualità dell'aria causa un maggior numero di infortuni sul lavoro, soprattutto nelle attività che si svolgono all'aperto.

Il progetto di ricerca include anche quattro contributi tesi a valutare l'efficacia di alcune politiche ambientali. Dal Savio, Locatelli, Marin e Palma (2022) analizzano una riforma del sistema di *cap and trade* dell'Unione Europea (noto come *Emission Trading Scheme* o ETS) che dal 2013 ha ridotto il quantitativo di permessi di emissione disponibili a titolo gratuito; i risultati mostrano che tale inasprimento della regolamentazione non ha avuto effetti negativi né sulla produttività né sull'accesso ai mercati internazionali delle imprese coinvolte. Daniele, Pasquini, Clò e Maltese (2022) si concentrano su alcune misure di semplificazione delle procedure autorizzative necessarie a costruire impianti fotovoltaici introdotte dalle Regioni, e concludono che esse sono efficaci nell'aumentare la capacità installata. Caprioli e Caracciolo (2022) utilizzano un modello macroeconomico per studiare gli effetti distributivi dell'introduzione di una *carbon tax* in Italia, mostrando che gli effetti negativi sui redditi delle famiglie, più marcati per quelle più povere, possono essere compensati da appropriate misure redistributive. Infine, Messina e Tomasi (2022) confrontano una modalità innovativa di tassazione dei rifiuti basata sull'effettiva produzione degli stessi con la tassa sui rifiuti (TARI), che è invece calcolata in base alla superficie dell'abitazione e al numero dei componenti del nucleo familiare. I risultati mostrano che i Comuni che adottano la prima modalità producono meno rifiuti, in particolar modo quelli indifferenziati, con un conseguente risparmio sia in termini di costi che di impatto ambientale.

Un altro filone del progetto analizza il comportamento delle imprese italiane alle prese con il processo di transizione ecologica. In Italia l'attività innovativa *green*, come desumibile dall'analisi dei brevetti depositati, è in calo dal 2008, in misura maggiore rispetto a quanto accade in altri paesi europei (De Luca, Greco e Lotti, 2022). Restringendo l'attenzione al settore automobilistico, un altro lavoro (Orame e Pianeseelli, 2022) mostra che dopo il 2015 le imprese italiane hanno privilegiato l'attività brevettuale a scapito dei *mergers & acquisitions* al fine di acquisire le competenze necessarie ad affrontare la transizione verso l'auto elettrica, ma scontano ancora un ritardo rispetto ai concorrenti francesi e tedeschi. Infine, Accetturo, Barboni, Cascarano, Garcia-Appendini e Tomasi (2022) evidenziano un legame fra finanziamenti e transizione ecologica, mostrando che una maggiore offerta di credito bancario aumenta la propensione delle imprese ad investire in tecnologie verdi in misura maggiore rispetto a tecnologie ordinarie.

Conclusioni

Il progetto di ricerca, i cui lavori sono riassunti in questo volume, rappresenta un primo passo nel lavoro di analisi che verrà condotto in Banca d'Italia nei prossimi anni sui temi del cambiamento climatico. In questa prima fase ci si è concentrati soprattutto, anche se non esclusivamente, sui rischi fisici che gravano sul settore reale e sulla disamina di alcune opzioni di intervento, ma molte altre aree di ricerca, ugualmente importanti, sono rimaste ancora inesplorate. Argomenti rilevanti sui cui si sta ora spostando la nostra attenzione includono gli effetti della transizione verde sulla dinamica dei prezzi, sulla distribuzione dei lavoratori tra settori e occupazioni, sulle relazioni di finanziamento tra le imprese e le banche, sulla condotta della politica monetaria.

L'importanza della ricerca su questi temi, ed in particolare sui costi e i benefici della transizione verde, è aumentata alla luce della crisi energetica iniziata nel 2021 e proseguita con l'invasione dell'Ucraina. La necessità di raggiungere l'indipendenza energetica dalla Russia, sancita nel piano RePowerEU della Commissione Europea, impone infatti di accelerare la transizione verde, in particolare aumentando la capacità installata da fonti rinnovabili. È importante che le misure che l'Europa e i governi nazionali hanno messo e metteranno in atto per ridurre l'impatto della crisi energetica sui bilanci di famiglie e imprese (ad esempio quelle che prevedono un rinnovato utilizzo di fonti fossili oppure che indeboliscono i segnali di prezzo) non ostacolino il raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione di più lungo periodo. Si tratta di una sfida eccezionalmente complicata. Un contributo, crediamo, può essere dato da analisi empiriche rigorose che possono aiutare a formulare politiche efficaci.

BIBLIOGRAFIA

- Angrist, J. D., and J. S Pischke, *The credibility revolution in empirical economics: How better research design is taking the con out of econometrics* “Journal of economic perspectives” 24(2), 3-30.
- Barreca, A., Clay, K., Deschênes, O., Greenstone, M. and J. S. Shapiro, *Convergence in adaptation to climate change: Evidence from high temperatures and mortality, 1900-2004* “American Economic Review” 105, no. 5 (2015): 247-51.
- Baysan, C., Burke, M., González, F., Hsiang, S. M. and E. Miguel, *Economic and non-economic factors in violence: Evidence from organized crime, suicides and climate in Mexico*, “Journal of Economic Behavior & Organization”, 168 (2019): 434-452.
- Bernardini, E., Faiella, I., Mistretta, A., Natoli, F. and L. Lavecchia, *Banche centrali, rischi climatici e finanza sostenibile*, “Bank of Italy Occasional Paper”, 608, 2021.
- Burke, M., Hsiang, S.M. and E. Miguel, *Global Non-Linear Effect of Temperature on Economic Production*, “Nature” 527(7577): 235–39, 2015.
- Carleton, T. A. and S. M. Hsiang, *Social and economic impacts of climate*, “Science 353”, no. 6304 (2016).
- Carleton, T., Jina, A., Delgado, M., Greenstone, M., Houser, T., Hsiang, S., Hultgren, A. et al., *Valuing the global mortality consequences of climate change accounting for adaptation costs and benefits*. The Quarterly Journal of Economics 137, no. 4 (2022): 2037-2105.
- Cattaneo, C. and G. Peri, *The migration response to increasing temperatures*, “Journal of development economics”, 122 (2016): 127-146.
- de Blasio, G., Nicita, A. e F. Pammolli, *Evidence-based Policy! Ovvero perché politiche pubbliche basate sull'evidenza rendono migliore l'Italia*, Il Mulino, Bologna, 2021.
- Dechezleprêtre, A., Fabre, A., Kruse, T., Planterose, B., Chico, A. S. and S. Stantcheva, *Fighting climate change: International attitudes toward climate policies*, No. w30265, National Bureau of Economic Research, 2022.
- Dell, M., Jones, B. F. and B. A. Olken, *What do we learn from the weather? The new climate-economy literature*, “Journal of Economic Literature”, 52, no. 3 (2014): 740-98.
- Deryugina, T. and S. M. Hsiang, *The marginal product of climate*, No. w24072, National Bureau of Economic Research, 2017.

Deschênes, O. and M. Greenstone, *The economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather*, “American Economic Review”, 97 (1), 2007, 354–385.

Douenne, T. and A. Fabre, *Yellow vests, pessimistic beliefs, and carbon tax aversion*, “American Economic Journal: Economic Policy”, 14.1 (2022): 81-110.

Fisher A. C., Hanemann, M. W., Roberts, M. J. and W. Schlenker, *The economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather: comment*, “American Economic Review”, 102, no. 7 (2012): 3749-60.

Graff Zivin, J. and M. Neidell, *Temperature and the allocation of time: Implications for climate change*, “Journal of Labor Economics”, 32, 1, 2014, 1–26.

Harstad, B., *Climate contracts: A game of emissions, investments, negotiations, and renegotiations* “Review of Economic Studies”, 79.4 (2012): 1527-1557.

Harstad, B., *The dynamics of climate agreements* “Journal of the European Economic Association” 14.3 (2016): 719-752.

Heal, G. and J. Park, *Reflections — temperature stress and the direct impact of climate change: a review of an emerging literature*, “Review of Environmental Economics and Policy”, 2020.

Hoel, M., *Global environmental problems: the effects of unilateral actions taken by one country*, “Journal of environmental economics and management”, 20.1 (1991): 55-70.

Hsiang, S., and R. E. Kopp. *An economist's guide to climate change science*, “Journal of Economic Perspectives”, 32, no. 4 (2018): 3-32.

Kolstad C. D. and F. C. Moore, *Estimating the economic impacts of climate change using weather observations*, “Review of Environmental Economics and Policy”, 2020.

Mendelsohn, R., Nordhaus, W. D. and D. Shaw, *The impact of global warming on agriculture: a Ricardian analysis*, “The American economic review”, (1994): 753-771.

Nordhaus, W., *Climate clubs: Overcoming free-riding in international climate policy*, “American Economic Review”, 105.4 (2015): 1339-70.

Park, R. J., Goodman, J., Hurwitz, M., and J. Smith, *Heat and learning*, “American Economic Journal: Economic Policy”, 12, no. 2 (2020): 306-39.

Pigou, A. C., *The Economics of Welfare*, Palgrave Macmillan, 1920.

Pindyck, R. S., *Climate change policy: what do the models tell us?*, “Journal of Economic Literature”, 51, no. 3 (2013): 860-72.

Schlenker, W., Hanemann, W. M. and A. C. Fisher, *Will US agriculture really benefit from global warming? Accounting for irrigation in the hedonic approach*, “American Economic Review”, 95, no. 1 (2005): 395-406.

Schlenker, W. and C. A. Taylor, *Environmental drivers of agricultural productivity growth: CO₂fertilization of US field crops*, National Bureau of Economic Research, 29320, 2021.

Schwalm, C. R., Glendon, S. and P. B. Duffy, *RCP8. 5 tracks cumulative CO₂emissions*, “Proceedings of the National Academy of Sciences”, 117, no. 33 (2020): 19656-19657.

Somanathan, E., Somanathan, R., Sudarshan, A. and M. Tewari, *The impact of temperature on productivity and labor supply: Evidence from Indian manufacturing*, “Journal of Political Economy”, 129, no. 6 (2021): 1797-1827.

Stern, N. and J. E. Stiglitz, *The social cost of carbon, risk, distribution, market failures: An alternative approach*, Vol. 15, Cambridge, MA, USA: National Bureau of Economic Research, 2021.

Wang, P., Deng, X., Zhou, H. and S. Yu, *Estimates of the social cost of carbon: A review based on meta-analysis*, “Journal of cleaner production”, 209 (2019): 1494-1507.

1. L'IMPATTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SULL'AGRICOLTURA ITALIANA ENTRO IL 2030

Antonio Accetturo* e Matteo Alpino*

Classificazione JEL: Q10, Q54

Parole chiave: shock di temperatura, precipitazioni, rese agricole, cambiamento climatico.

Introduzione. – L'agricoltura è il settore più esposto al rischio fisico generato dai cambiamenti climatici perché la temperatura e le precipitazioni sono fattori di produzione delle colture (Deschênes e Greenstone, 2007). Al netto delle attività di adattamento¹, il segno e l'entità di questo rischio varia tra le coltivazioni e tra le regioni del mondo, a seconda della sensibilità dei prodotti agricoli alle evoluzioni meteorologiche e delle condizioni climatiche di partenza (Schlenker e Roberts, 2009).

Come in molte economie avanzate, il peso del settore agricolo in Italia è piuttosto limitato. Il valore aggiunto generato dal settore primario rappresenta all'incirca il 2 per cento del totale. L'agricoltura italiana svolge tuttavia un ruolo significativo come fornitore di input intermedi per altri compatti economicamente molto rilevanti per l'economia nazionale, quali l'agroindustria e il settore alberghi e ristoranti. Inoltre, i prodotti agricoli italiani rappresentano una quota importante (oltre l'80 per cento) del consumo finale di beni primari da parte delle famiglie. Ciò implica che le fluttuazioni in qualità, quantità e prezzi dei prodotti agricoli hanno un impatto diretto sul benessere dei consumatori finali.

Esiste un'ampia letteratura economica che stima gli effetti del cambiamento climatico sull'agricoltura mettendo in relazione variabili metereologiche e misure di attività nel settore agricolo (ad es. produttività, rese, profitti, prezzi dei terreni), soprattutto su dati statunitensi. La maggior parte degli studi più recenti suggerisce che gli effetti saranno complessivamente negativi, anche se non si possono escludere effetti nulli o perfino positivi nel breve periodo e/o negli scenari futuri più ottimistici. L'incertezza delle stime è elevata ed esse variano a seconda del modello climatologico utilizzato. Uno studio recente su dati italiani (Bozzola *et al.*, 2018) suggerisce che le aziende agricole irrigue perderanno fra l'8 e il 25 per cento del valore dei loro terreni nel periodo 2031-2060 rispetto al periodo 1971-2000 nello scenario RCP 4.5² (caratterizzato da emissioni di gas serra moderate), mentre le aziende che non utilizzano irrigazione registreranno un incremento del valore dei propri terreni compreso fra lo 0 e il 20 per cento.

Nel nostro contributo (Accetturo e Alpino, 2022) stimiamo l'impatto dei cambiamenti climatici sulle rese agricole del mais, del grano duro e della vite, che sono tra i principali prodotti agricoli italiani³. La produzione di mais in Italia si concentra al Nord (Figura 1.1), soprattutto nella pianura padana, dove le temperature estive sono relativamente elevate e l'acqua (in termini di precipitazioni e disponibilità per l'irrigazione) è più abbondante. Il grano duro – che richiede condizioni calde e minori quantità di acqua – è coltivato principalmente nel Sud Italia. La vite può crescere in condizioni molto eterogenee, ma richiede generalmente primavere fresche ed estati non particolarmente calde; anche i

* Banca d'Italia.

¹ Per adattamento si intende l'insieme di azioni finalizzate ad adattare un'attività ad un nuovo clima. Per quanto riguarda l'agricoltura alcuni esempi sono costituiti dal passaggio a nuove colture o varietà culturali, all'utilizzo di nuove tecnologie (ad esempio irrigue) o alla variazione dell'altitudine dei campi coltivati. Per la sua natura variegata, non è facile quantificare l'adattamento e i suoi effetti.

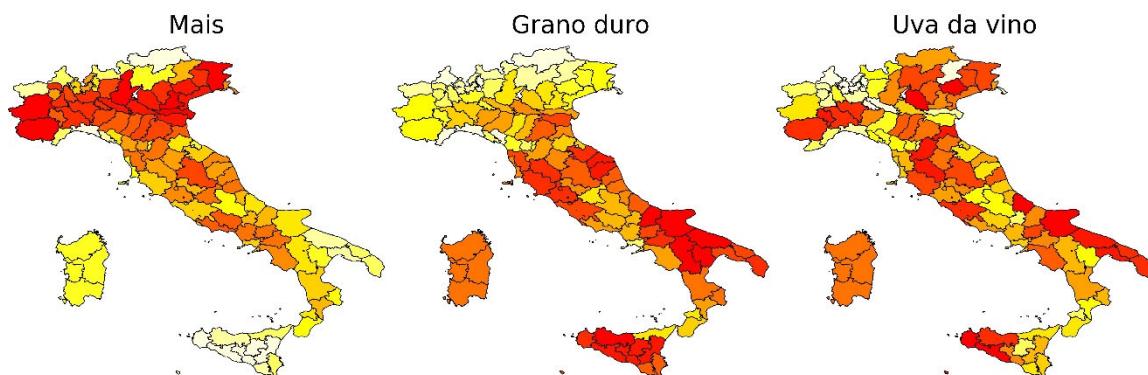
² Si veda la nota a piè di pagina n. 17 nell'introduzione.

³ Il lavoro si focalizza su queste tre colture in ragione della loro eterogeneità per condizioni di crescita della pianta e per aree geografiche di coltivazione.

requisiti d'acqua possono essere molto variabili a seconda del tipo di uva. Per questi motivi la vite può essere coltivata quasi ovunque in Italia.

Figura 1.1 Distribuzione provinciale delle colture

(superficie media coltivata nel periodo 2006-2019)



Nota: Sedici quantili. Colori più scuri corrispondono ad una superficie maggiore in termini assoluti.

Fonte: Elaborazioni su dati Istat.

La giusta quantità di caldo e pioggia. – Nel nostro lavoro utilizziamo un approccio empirico ben consolidato nella letteratura che si sviluppa in due stadi: nel primo stimiamo la sensibilità delle rese agricole alle condizioni di temperatura e pioggia; nel secondo, sulla base dei parametri stimati, proiettiamo gli effetti dei cambiamenti climatici che si verificheranno entro il 2030, basandoci sulle stime climatologiche fornite dal Joint Research Center (JRC) della Commissione europea.

Per la prima parte dell'analisi sono stati utilizzati i dati annuali a livello provinciale su produzione totale e superficie coltivata forniti dall'Istat per il periodo 2006-2019. La resa è calcolata come il rapporto tra produzione totale e superficie. Questi dati sono messi in relazione con le condizioni climatiche registrate nelle province italiane durante il periodo in esame utilizzando i dati della Commissione europea (JRC Agri4cast MARS Meteorological Database), che contengono informazioni giornaliere su temperature massime e minime e sulle precipitazioni.

La relazione tra temperatura e rese agricole è tipicamente non lineare; ad esempio un aumento di un grado centigrado può avere effetti positivi sulle colture se la temperatura è pari a 20°, ma negativi se è pari a 30°. Per questo motivo il lavoro non si focalizza sulle temperature medie giornaliere, ma sfrutta il concetto di gradi giorno (*degree days*), che consente di misurare quante ore nell'arco della giornata la pianta rimane esposta a diversi intervalli di temperatura. In alcuni di questi intervalli la temperatura è tale da favorire la crescita della pianta, in altri invece è troppo elevata o troppo bassa. La selezione di tali intervalli è basata sulle evidenze dei raccolti italiani nel periodo in esame.

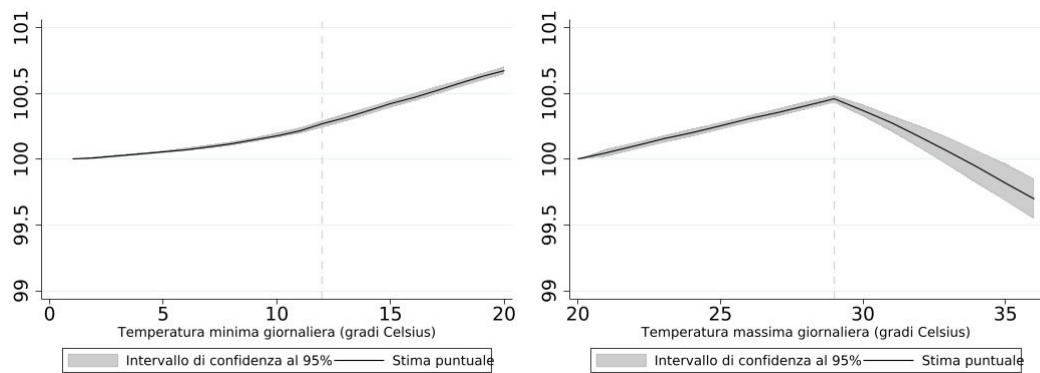
Anche la relazione tra rese e precipitazioni è non lineare. L'impatto delle piogge è generalmente positivo fino a una certa soglia, per poi diventare nullo o negativo quando le precipitazioni sono eccessive. La carenza d'acqua può essere efficacemente mitigata dalla possibilità di irrigare artificialmente il terreno, soprattutto in presenza di falde acquifere, fiumi, laghi o acquedotti.

Troppo caldo fa male ai raccolti. – I risultati delle nostre stime mostrano che temperature superiori a 28°-29° danneggiano le rese di mais e grano duro, mentre l'effetto negativo è

meno marcato per la vite, e si manifesta a temperature più elevate (oltre i 32°). L'impatto delle precipitazioni è invece più limitato, risultando appena positivo solo per il mais e nullo per le altre colture.

Analizzando più nel dettaglio l'effetto delle temperature, la relazione tra la temperatura minima e la resa del mais è positiva e diventa più marcata al di sopra di 12° (Figura 1.2); un rialzo generalizzato delle temperature minime ha quindi un effetto positivo sui raccolti grazie all'aumento dell'esposizione a temperature comprese fra 12° e 29°. La relazione tra temperatura massima e resa è non monotona: la pendenza è positiva sotto 29° e diventa negativa oltre quel punto; la parte negativa è particolarmente ripida, suggerendo che temperature sempre maggiori diventano rapidamente molto dannose per il raccolto.

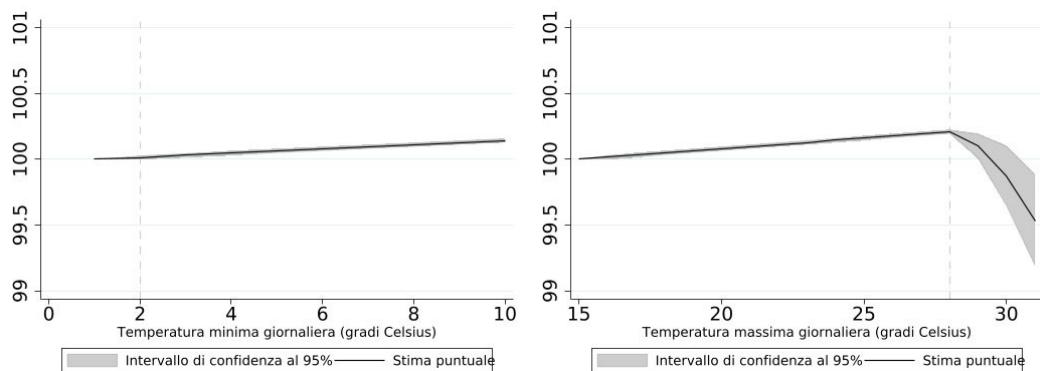
Figura 1.2 Relazione stimata fra resa del mais e temperatura



Nota: nel grafico a sinistra la resa è normalizzata a 100 quando la temperatura minima è pari a 1°, e la temperatura massima è fissata a 22°. Nel grafico a destra la resa è normalizzata a 100 quando la temperatura massima è pari a 20°, e la temperatura minima è fissata a 16°.

L'effetto delle temperature sul grano duro è qualitativamente simile a quello del mais. La relazione tra temperatura minima e resa è positiva e lineare, sebbene con una pendenza minore (Figura 1.3); il rapporto tra temperature massime e raccolti è invece positivo sotto 28° e negativo oltre tale temperatura. Anche in questo caso l'effetto di un ulteriore rialzo delle temperature massime oltre tale soglia è particolarmente negativo.

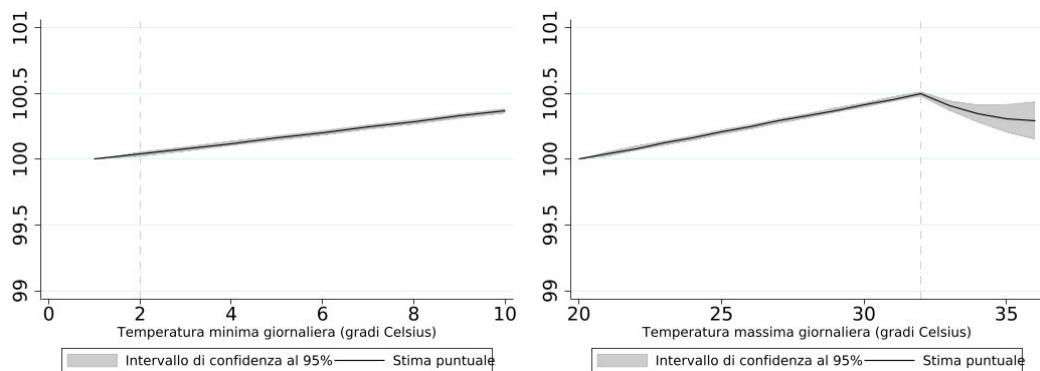
Figura 1.3 Relazione stimata fra resa del grano duro e temperatura



Nota: nel grafico a sinistra la resa è normalizzata a 100 quando la temperatura minima è pari a 1°, e la temperatura massima è fissata a 14°. Nel grafico a destra la resa è normalizzata a 100 quando la temperatura massima è pari a 15°, e la temperatura minima è fissata a 12°.

Un aumento delle temperature massime determina invece danni relativamente più moderati per la vite (Figura 1.4): la relazione con le temperature massime è positiva fino ai 32° e diventa solo lievemente negativa oltre quella soglia. Modificando il modello di stima affinché l'effetto dei gradi giorno possa variare fra i sotto periodi 2006-12 e 2013-19 emerge che nei nostri dati la bassa sensibilità della vite al caldo è un'evoluzione recente. Questo risultato potrebbe indicare che i viticoltori italiani stanno investendo per adattare le proprie produzioni al cambiamento climatico, anche se la limitata profondità storica dei nostri dati suggerisce cautela nell'interpretazione.

Figura 1.4 Relazione stimata fra resa dell'uva da vino e temperatura



Nota: nel grafico a sinistra la resa è normalizzata a 100 quando la temperatura minima è pari a 1°, e la temperatura massima è fissata a 14°. Nel grafico a destra la resa è normalizzata a 100 quando la temperatura massima è pari a 20°, e la temperatura minima è fissata a 15°.

Cosa aspettarsi nel prossimo decennio? – I risultati fin qui ottenuti possono quindi essere utilizzati per stimare l'impatto del cambiamento climatico futuro sulla produttività agricola. A questo fine sfruttiamo le proiezioni climatiche elaborate da alcuni ricercatori del Joint Research Center (JRC) della Commissione europea (Dujeiller *et al.*, 2017), che prevedono il clima nel 2030 ad un livello geografico molto disaggregato. Per ottenere tali previsioni è necessario utilizzare complessi modelli climatologici in grado di simulare l'evoluzione delle variabili meteorologiche in un determinato scenario, caratterizzato da assunzioni sull'evoluzione futura delle emissioni di gas ad effetto serra. Il JRC mette a disposizione previsioni ottenute con tre diversi modelli climatologici nello scenario A1B, che presuppone una crescita economica molto rapida a livello globale, una bassa crescita della popolazione e un utilizzo equilibrato tra fonti di energia fossili e rinnovabili⁴. In questo scenario questi modelli prevedono che in Italia si verificherebbe un incremento delle temperature massime più contenuto rispetto a paesi come Spagna e Francia; l'aumento sarebbe inferiore a 1° in due modelli su tre e inferiore a 1,4° in quello restante.

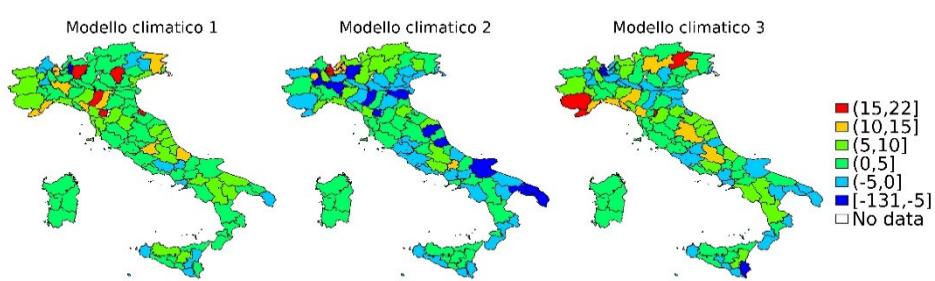
Combinando le nostre stime con le proiezioni del JRC la variazione della resa del mais nel periodo 2000-2030 sarebbe compresa tra -0,8 e 6 per cento. Per i due modelli climatici che prevedono un minor riscaldamento, l'effetto è positivo; nel modello climatico meno ottimista l'impatto diventa leggermente negativo. A livello territoriale, gli effetti dell'aumento delle temperature sono caratterizzati da una certa eterogeneità tra province (Figura 1.5). Utilizzando le previsioni dei due modelli più ottimisti (pannelli laterali) l'impatto nelle province del Nord (e, in particolare, nella Val Padana) – dove si concentra la produzione – è positivo; utilizzando l'altro modello (pannello centrale) invece anche tali aree registrerebbero un calo della resa.

⁴ Lo scenario A1B fa parte degli Special Report on Emissions Scenarios (SRES) che non sono più in uso. Per ulteriori informazioni sugli scenari si veda la nota a piè di pagina n. 17 nell'introduzione.

Con riferimento al grano duro, le previsioni al 2030 indicano un possibile incremento della resa; l'aumento della produttività è previsto tra il 2,5 e il 5 per cento, risultando più elevato quando si usano le proiezioni del modello climatico caratterizzato dall'aumento più marcato delle temperature. Le proiezioni per provincia indicano un effetto negativo al Nord e un impatto ampiamente positivo nel Mezzogiorno, dove la produzione di grano duro è più diffusa (Figura 1.6).

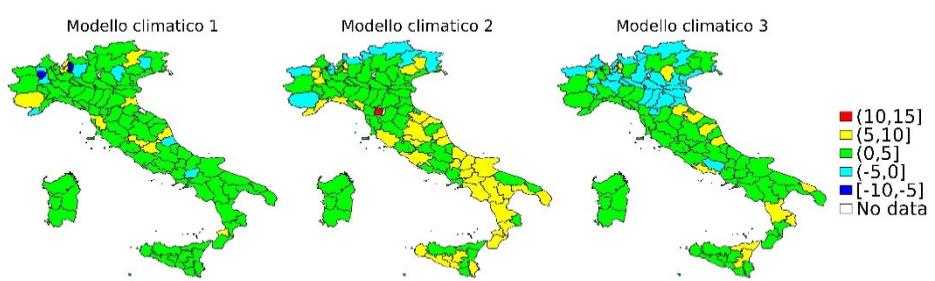
Gli impatti dell'aumento previsto delle temperature sulla vite risultano ancora più positivi. I differenti modelli forniscono indicazioni piuttosto omogenee, con un incremento della produttività di circa l'11 per cento. Anche a livello territoriale l'incremento previsto è piuttosto diffuso (Figura 1.7), con pochi casi di diminuzione o di forte aumento, questi ultimi concentrati nel centro nord.

Figura 1.5 Effetti stimati dell'aumento previsto della temperatura sulla resa del mais
(variazioni percentuali 2000 vs. 2030)



Nota: I numeri 1, 2 e 3 si riferiscono rispettivamente ai modelli climatici DMI-HIRHAM5-CHAM5, ETHZ-CLM-HadCM3Q0 e METO-HCHadRM3Q0-HadCM3Q0.

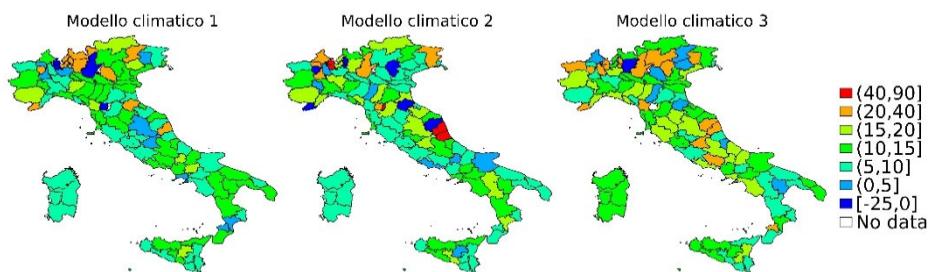
Figura 1.6 Effetti stimati dell'aumento previsto della temperatura sulla resa del grano duro
(variazioni percentuali 2000 vs. 2030)



Nota: I numeri 1, 2 e 3 si riferiscono rispettivamente ai modelli climatici DMI-HIRHAM5-CHAM5, ETHZ-CLM-HadCM3Q0 e METO-HCHadRM3Q0-HadCM3Q0.

Figura 1.7 Effetti stimati dell'aumento previsto della temperatura sulla resa dell'uva da vino

(variazioni percentuali 2000 vs. 2030)



Nota: I numeri 1, 2 e 3 si riferiscono rispettivamente ai modelli climatici DMI-HIRHAM5-CHAM5, ETHZ-CLM-HadCM3Q0 e METO-HCHadRM3Q0-HadCM3Q0.

Oltre il 2030: alcune note di cautela – Le proiezioni utilizzate, basate uno scenario moderatamente ottimista in cui gli incrementi delle temperature fino al 2030 sono ancora relativamente contenuti, indicano la possibilità di effetti positivi o nulli sulla produttività agricola. Tuttavia, su orizzonti temporali più lunghi e/o in scenari più pessimistici rispetto all'A1B è probabile che si verifichi in Italia un incremento delle temperature maggiore (si vedano le previsioni climatiche in Spano *et al.*, 2020); in questi casi sarebbe più frequente il superamento della soglia di tolleranza oltre la quale un caldo maggiore diventa dannoso per la pianta e si verificherebbe dunque una diminuzione delle rese, come illustrato nei pannelli di destra delle Figure 1.2, 1.3 e 1.4. Inoltre, il cambiamento climatico potrebbe generare non solo un incremento delle temperature massime medie, ma anche un aumento della frequenza e della durata delle cosiddette “ondate di caldo” che, come mostrato in uno studio molto recente (Miller *et al.*, 2021), potrebbero avere un impatto sui raccolti molto negativo, che non viene colto negli studi basati sui gradi giorno.

BIBLIOGRAFIA

- Accetturo, A. e M. Alpino, *Climate change and Italian agriculture: Evidence from weather shocks*, mimeo, 2022.
- Bozzola, M., Massetti, M.E., Mendelsohn, R. and F. Capitanio, *A Ricardian analysis of the impact of climate change on Italian agriculture*, “European Review of Agricultural Economics”, 45 (1), 2018, 57–79.
- Deschênes, O. and M. Greenstone, *The economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather*, “American Economic Review”, 97 (1), 2007, 354–385.
- Duveiller, G., Donatelli, M., Fumagalli, D., Zucchini, A., Nelson, R. and B. Baruth, *A dataset of future daily weather data for crop modelling over Europe derived from climate change scenarios*, “Theoretical and Applied Climatology”, 127 (3), 2017, 573–585.
- Miller, S., Chua, K., Coggins, J. and H. Mohtadi, *Heat waves, climate change and economic output*, “Journal of the European Economic Association”, 19(5), 2021, 2658–2694.

Schlenker, W. and M. J. Roberts, *Nonlinear temperature effects indicate severe damages to US crop yields under climate change*, “Proceedings of the National Academy of sciences”, 106 (37), 2009, 15594–15598.

2. IL MERCATO DELLE ASSICURAZIONI AGRICOLE AGEVOLATE: UN'ANALISI EMPIRICA

Luca Citino[▲], Alessandro Palma[◆] e Matteo Paradisi[★]

Classificazione JEL: Q54, G22

Parole chiave: assicurazioni agevolate, sussidi, selezione avversa.

Introduzione. – Durante la COP-26 a Glasgow il Segretario Generale della *World Meteorological Association* Petteri Taalas ha dichiarato che gli eventi meteorologici estremi diventeranno la “nuova norma”. Tali manifestazioni del clima sono infatti considerevolmente aumentate in frequenza e intensità negli ultimi decenni; una tendenza che dovrebbe continuare anche negli anni a venire (Seneviratne, 2012).

Tra i settori economici maggiormente colpiti dagli eventi estremi spicca l’agricoltura, dove un clima stabile e prevedibile è un input cruciale per le coltivazioni. Forti grandinate, eventi siccitosi, alluvioni, pioggia e vento forte possono danneggiare i raccolti e le strutture delle imprese agricole, abbassandone la produttività nel lungo periodo (Chau *et al.*, 2019).

Nonostante le potenziali perdite e le consistenti sovvenzioni statali, la propensione degli agricoltori a proteggersi con contratti assicurativi rimane bassa, anche se fortemente eterogenea tra aree, in molti paesi Europei (Bielza Diaz Caneja *et al.*, 2008; Ramsey e Santeramo, 2017). Nel nostro lavoro di ricerca (Citino *et al.*, 2021) analizziamo le ragioni che spiegano la scarsa diffusione di questo strumento e discutiamo, alla luce dei nostri risultati e della letteratura scientifica in materia, quali politiche pubbliche potrebbero essere utili per favorire una maggiore copertura assicurativa.

Due possibili inefficienze dei mercati assicurativi. – La teoria economica individua due possibili spiegazioni dietro alla bassa copertura assicurativa: la prima è legata al malfunzionamento dei mercati assicurativi in presenza di asimmetrie informative¹ tra assicurati e assicuratori. Quando gli assicuratori non riescono a osservare in maniera perfetta la rischiosità dei singoli assicurati, non potranno che chiedere un premio che rifletta un rischio “medio”. A tale prezzo solo gli individui più rischiosi vorranno assicurarsi; al contrario non si assicureranno i meno rischiosi, trovando il prezzo troppo elevato. L’asimmetria informativa induce una *selezione avversa* nella platea degli assicurati, che sfruttano una maggiore consapevolezza sulla loro rischiosità a proprio vantaggio. Davanti a dei contraenti più rischiosi di quanto previsto inizialmente, gli assicuratori non potranno che alzare i premi, per riflettere il nuovo rischio “medio”. Questo indurrebbe un’ulteriore fuoriuscita degli agricoltori meno rischiosi, inducendo un circolo vizioso di minore copertura assicurativa e maggiori prezzi di quanto socialmente efficiente (Einav *et al.*, 2010).

Nel mercato assicurativo agricolo la presenza di asimmetrie informative è una possibilità concreta: sebbene le informazioni sul rischio climatico siano in linea di principio comuni ad assicurati e assicuratori, le abilità dei singoli agricoltori nel difendersi dagli effetti degli eventi estremi possono costituire un’informazione privata. Inoltre gli assicuratori potrebbero

[▲] Banca d’Italia.

[◆] GSSI e CEIS Tor Vergata.

[★] EIEF.

¹ Un’asimmetria informativa è una condizione che si verifica quando una delle due controparti di uno scambio ha meno informazione dell’altra. Solitamente tale mancanza di informazioni riguarda caratteristiche rilevanti della controparte.

trovare troppo costoso raccogliere un quantitativo elevato di informazioni sugli assicurati al fine di caricare un prezzo che rifletta più fedelmente il rischio individuale.

Se non è possibile eliminare l’asimmetria informativa, la letteratura suggerisce due soluzioni per limitarne gli effetti: sussidiare la domanda fino a raggiungere la quantità che si otterrebbe in un mercato privo di asimmetrie informative, oppure obbligare tutti a comprare un’assicurazione. Mentre la prima soluzione riporta gli individui meno rischiosi all’interno del mercato, la seconda elimina la possibilità per quegli stessi individui di abbandonare il mercato quando il prezzo sale troppo. La comprensione di quale sia la scelta migliore dipende dal contesto e non può prescindere da una precisa quantificazione degli elementi in gioco. I sussidi implicano un costo per la finanza pubblica, mentre l’obbligatorietà impone anche a persone decisamente poco rischiose di sobbarcarsi un costo eccessivo².

La seconda spiegazione economica della bassa copertura, recentemente avanzata anche nel dibattito pubblico, è che tra gli agricoltori manchi una vera e propria cultura assicurativa (Ismea, 2018), per cui essi non riconoscerebbero il potenziale valore di questo strumento, e dunque si assicurerebbero meno di quanto dovrebbero. Sebbene sia difficile separare tra fattori di origine culturale e psicologica, recenti studi internazionali hanno fornito evidenza di bassa copertura assicurativa (per altri rischi, non agricoli) a causa di disattenzione razionale (Chang *et al.*, 2018)³, inerzia (Handel, 2013) e sottostima dei rischi (Barseghyan *et al.*, 2013). Tali “frizioni” (così sono chiamate nella letteratura) costituiscono un’inefficienza, poiché impediscono agli agenti economici di riconoscere e compiere scelte che sarebbero nel loro interesse.

Risolvere il problema delle “frizioni” dal lato della domanda in mercati con selezione avversa non è semplice. Ad esempio, se è vero che campagne informative che promuovono una maggiore consapevolezza dei rischi tra gli agricoltori possono aumentare la loro capacità di fare buone scelte, tali campagne potrebbero allo stesso tempo accrescere il grado di selezione avversa. Il motivo è semplice: più gli agricoltori fanno scelte consapevoli, più è probabile che utilizzeranno informazioni sul proprio rischio a proprio vantaggio.

Un’altra cosa da notare è che in presenza di “frizioni” i sussidi diventano più costosi, poiché servono più soldi per convincere gli agricoltori ad assicurarsi. Questo meccanismo può aumentare la preferibilità di rendere obbligatoria la sottoscrizione di un’assicurazione. Come sempre, la scelta tra i due strumenti richiede una quantificazione precisa delle quantità in gioco e non può essere stabilita a priori.

Emerge una lezione importante: dato che le possibili risposte della politica economica dipendono innanzitutto dal tipo di inefficienza, è importante capire la natura esatta del problema. In ciò che segue forniamo una breve descrizione delle strategie di analisi che abbiamo adottato per rilevare l’eventuale presenza di queste due inefficienze nel mercato italiano.

Utilizzare i dati per discriminare tra selezione avversa e “frizioni dal lato della domanda”. – Abbiamo provato ad utilizzare dei test statistici che discriminassero tra l’ipotesi di selezione avversa e quella di frizioni dal lato della domanda. A questo scopo abbiamo utilizzato della banca dati *SicurAgro*, fornita dall’Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare (Ismea). Per ogni tipo di coltivazione in ogni comune, la banca dati fornisce informazioni dettagliate sul numero di contratti sottoscritti, il totale dei valori assicurati, dei premi pagati e dei valori risarciti. Per misurare i rischi climatici, abbiamo

² L’obbligatorietà è la strada seguita, ad esempio, dal Sistema Sanitario Nazionale o dai sussidi di disoccupazione (entrambe forme assicurative), a cui tutti contribuiamo attraverso le tasse, senza possibilità di rinunciarvi.

³ La disattenzione razionale è l’idea che gli agenti economici non possano porre attenzione ad ogni possibile contingenza, e dunque concentrino le loro risorse in termini di attenzione solo sugli elementi più importanti: quelli dove la loro azione può avere maggiori conseguenze sul loro benessere.

incrociato questi dati con informazioni dello European Severe Weather Database (ESWD), che mette a disposizione informazioni geolocalizzate sulla cronologia degli eventi meteorologici estremi.

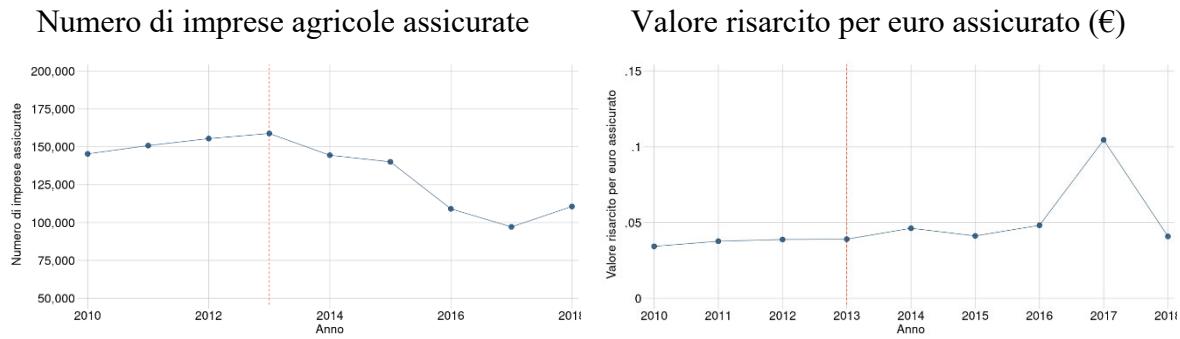
In presenza di selezione avversa coloro che sono disposti a pagare di più per un contratto assicurativo sono in media più rischiosi (e dunque più costosi da assicurare). Un modo di testare la presenza di questo fenomeno è dunque quello di controllare se la rischiosità (misurata come euro risarcito per euro assicurato) è maggiore tra coloro che hanno pagato di più un dato contratto. Idealmente vorremmo effettuare un esperimento in cui a metà degli agricoltori (scelti in modo casuale) viene offerto un contratto a basso prezzo, e agli altri lo stesso contratto a prezzo più elevato. Se esiste selezione avversa, ci aspetteremmo di vedere un maggior numero di risarcimenti tra coloro che hanno pagato di più il contratto. La circostanza per cui i due campioni di agricoltori vengono scelti in maniera casuale assicura che le caratteristiche dei due gruppi, ad esempio in termini di esposizione ai rischi climatici oppure di educazione finanziaria, siano simili.

Non potendo condurre un vero e proprio esperimento, abbiamo sfruttato un cosiddetto “esperimento naturale”, cioè un episodio storico che replicasse le condizioni di un esperimento controllato⁴. Abbiamo sfruttato il fatto che nel 2014 un regolamento Europeo ha abbassato il tetto massimo ai sussidi statali ai premi assicurativi che gli agricoltori potevano ricevere (dall’80 al 65 per cento del premio). Tale cambiamento ha fatto sì che gli agricoltori che si assicuravano prima del 2014 avessero pagato in media un prezzo più *basso* rispetto a coloro che si sono assicurati dopo il 2014. In presenza di selezione avversa è ragionevole pensare che i costi medi per le società assicuratrici si siano dunque *alzati* dopo il 2014. Chi era disposto ad assicurarsi ancora dopo la diminuzione dei sussidi doveva essere più rischioso e portare maggiori esborsi per risarcimenti a carico degli assicuratori.

Questo è esattamente quello che riscontriamo nei dati. Nella Figura 2.1 mostriamo l’evoluzione nel tempo sia del numero di imprese assicurate, sia degli esborsi medi in seguito a eventi estremi delle società di assicurazioni. Due fatti emergono con chiarezza da questi grafici: (1) alla riforma del 2014 è associato un drastico calo del numero di imprese assicurate (da circa 160.000 a 100.000 imprese, un calo del 37 per cento); (2) la fuoriuscita delle imprese “meno rischiose” ha fatto alzare gli esborsi medi per risarcimenti delle società assicuratrici. La crescita degli esborsi medi è meno evidente nei dati grezzi perché gli eventi estremi sono comunque rari e perché il 63 per cento delle imprese rimane assicurata sia prima che dopo, ma analisi econometriche più approfondite confermano questi andamenti.

⁴ L’utilizzo degli esperimenti naturali nella ricerca economica è stato premiato con il Premio Nobel nel 2021, vinto dagli economisti Joshua Angrist, David Card e Guido Imbens.

Figura 2.1 Evoluzione nel tempo del numero di imprese assicurate ed esborsi medi



(1) Elaborazioni su dati SicurAgro.

Per essere sicuri dei nostri risultati, abbiamo provato a compiere un ulteriore test basato su idee molto simili. Prima del regolamento del 2014 non tutti i comuni d'Italia avevano lo stesso livello di copertura assicurativa. Se il rischio medio non varia col prezzo che gli agricoltori sono disposti a pagare, ovvero in assenza di selezione avversa, non dovremmo riscontrare alcuna correlazione tra la quota iniziale di assicurati e l'evoluzione degli esborsi medi post riforma. Quando mettiamo in relazione le due cose, troviamo esattamente l'opposto: i comuni che hanno visto un maggiore calo nel numero di assicurazioni per via della riforma hanno successivamente assistito ad un aumento più intenso degli esborsi medi (per impresa). Questo è un ulteriore segnale della presenza di selezione avversa. Non solo entrambe le analisi mostrano la presenza di selezione avversa, i risultati sono anche quantitativamente simili: un calo nella quota di imprese assicurate di 10 punti percentuali è associato ad un aumento dei risarcimenti per l'impresa assicurata media tra 0,3 e 0,5 centesimi per euro di valore assicurato. Sebbene questa quantità possa sembrare molto piccola, l'esborso medio nell'orizzonte temporale considerato è di 4 centesimi. Dunque, in termini percentuali l'aumento di mezzo centesimo corrisponde ad un aumento del 12,5 per cento.

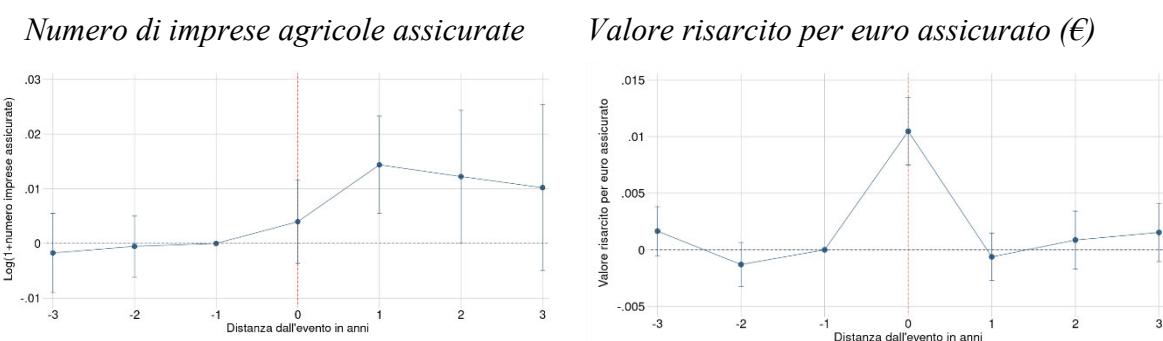
Ci spostiamo ora a descrivere come abbiamo testato la presenza di “frizioni” dal lato della domanda. Partiamo dal presupposto che riscontrare questo fenomeno nei dati è concettualmente difficile. Stabilire la presenza di un errore di valutazione da parte degli agricoltori presuppone la definizione di una risposta “esatta”, che può variare da individuo a individuo. Fino a che non sappiamo con esattezza quali sono gli obiettivi e gli strumenti a disposizione degli agricoltori, non possiamo dire con certezza che stanno facendo scelte subottimali.

Per ovviare a questo problema di misurazione, abbiamo adottato un test *indiretto*, che sfrutta la seguente idea: se gli agricoltori avessero già a disposizione tutte le informazioni riguardo alla propria rischiosità e alla propria avversione al rischio, e prendessero già decisioni ottimali per loro, allora specifiche realizzazioni di eventi meteorologici estremi non dovrebbero indurre gli agricoltori ad assicurarsi di più o di meno. Dopotutto quel rischio doveva già essere incorporato nelle loro scelte. Cambiare opinione sulle assicurazioni subito dopo un evento estremo denota una non completa consapevolezza dei rischi o delle proprie preferenze circa le assicurazioni.

Una volta compresa l’idea, l’applicazione pratica è abbastanza intuitiva. Abbiamo studiato l’evoluzione della copertura assicurativa a livello comunale attorno alle date di tutti gli eventi estremi registrati nel database ESWD avvenuti in Italia tra il 2012 e il 2018. Quando studiamo le forti grandinate, la tipologia di evento maggiormente assicurata, le nostre analisi

econometriche rivelano una forte regolarità statistica (si veda la Figura 2.2)⁵. Mentre la copertura assicurativa non segue nessun andamento particolare negli anni che precedono l'evento estremo, essa risponde in maniera netta l'anno dopo l'evento, rimanendo più alta anche negli anni successivi. Studiando l'evoluzione dei risarcimenti medi, riscontriamo un altro fenomeno interessante: sebbene essi presentino un aumento repentino nell'anno dell'evento, essi tornano ai livelli precedenti negli anni seguenti. Chi acquista dei contratti di assicurazione in seguito all'evento estremo non è dunque selezionato in maniera avversa. Occorre precisare che reagire all'evento estremo non è necessariamente un comportamento irrazionale. Può indicare una forma di apprendimento, ma la sostanza non cambia: se l'agricoltore è in un processo di apprendimento, significa che non era pienamente informato prima circa il rischio climatico contro cui si poteva assicurare⁶.

Figura 2.2 Valori assicurati ed esborsi medi in corrispondenza di forti grandinate



(1) Stime econometriche su dati *SicurAgro*. Log indica la funzione logaritmo naturale. Per maggiori dettagli sulla procedura di stima si veda Citino *et al.* (2021).

Conclusioni. – Nel nostro lavoro abbiamo utilizzato dati a livello comunale sulle assicurazioni e sugli eventi meteorologici estremi per identificare l'eventuale presenza di selezione avversa e di “frizioni” dal lato della domanda nel mercato per le assicurazioni agricole in Italia. Le nostre analisi indicano che entrambe queste inefficienze sono presenti. Dare indicazioni precise sulle politiche economiche da adottare richiederebbe analisi più approfondite, che misurino il valore monetario dei costi derivanti da tali inefficienze, oltre che numerose altre quantità, su cui non ci soffermiamo. Tali analisi, più complesse, non possono prescindere dall'utilizzo di (micro) dati individuali, a noi purtroppo non disponibili. L'utilizzo di questi dati permetterebbe non solo una migliore descrizione del fenomeno, ma anche una misurazione precisa dei pro e dei contro delle diverse policy, non ovvia a priori.

Qualitativamente, è comunque possibile affermare che le “frizioni” dal lato della domanda in un mercato con selezione avversa rendono i sussidi ai premi (già ampiamente usati in Italia) meno efficaci e più costosi. In questo contesto sarebbe almeno auspicabile aprire la discussione all'utilizzo di strumenti alternativi, come ad esempio l'imposizione dell'obbligatorietà dell'acquisto di un'assicurazione, così come avviene in altri campi.

⁵ Tale regolarità statistica non è riscontrata per le piogge abbondanti o per il vento forte.

⁶ Il nostro test non permette di distinguere tra le varie tipologie di “frizioni” evidenziate nella letteratura, ma permette comunque di determinare la presenza di una non piena consapevolezza dei rischi.

BIBLIOGRAFIA

- Bielza Diaz-Caneja, M., Conte, C., Dittmann, C., Gallego Pinilla, F. and J. Stroblmair, *Agricultural Insurance Schemes*, EUR 23392 EN. Luxembourg (Luxembourg): OPOCE; 2008.
- Barseghyan, L., Molinari, F., O'Donoghue, T. and J. C. Teitelbaum, *The nature of risk preferences: Evidence from insurance choices*. "American Economic Review", 103(6), 2013, 2499–2529.
- Chang, T. Y., Huang, W. and Y. Wang, *Something in the air: Pollution and the demand for health insurance*, "The Review of Economic Studies", 85(3), 2018, 1609–1634.
- Citino, L., Palma, A. and M. Paradisi, *Dance for the rain or pay for insurance? An empirical analysis of the Italian crop insurance market*, mimeo, 2021.
- Chau, T., Williams, R., Nehring, R., Ball, E. and S. L. Wang, *Impacts of Climate Change and Extreme Weather on US Agricultural Productivity: Evidence and Projection*, In W. Schlenker, *Agricultural Productivity and Producer Behavior*, University of Chicago Press, 2019, pp. 41-76.
- Einav, L., Finkelstein, A. and M. R. Cullen, *Estimating welfare in insurance markets using variation in prices*, "The Quarterly Journal of Economics" 125.3, 2010, 877-921.
- Handel, B. R., *Adverse selection and inertia in health insurance markets: When nudging hurts*, "American Economic Review", 2013, 103(7):2643–82.
- Ismea, *La gestione del rischio dell'agricoltura nel Mezzogiorno*, 2018, rapporto.
- Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Adams, H., Adler, C., Aldunce, P., Ali, E., ... and Z. Z. Ibrahim, *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability*, IPCC Sixth Assessment Report, 2022.
- Ramsey, A. F. and F. Santeramo, *Crop Insurance in the European Union: Lessons and Caution from the United States*, MPRA Paper No. 79164, 2017.
- Seneviratne, S., Nicholls, N., Easterling, D., Goodess, C., Kanae, S., Kossin J., J., ... and F. W. Zwiers, *Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment*, In Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D.J., Ebi, K.L., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Plattner, G.-K., Allen, S.K., Tignor, M. and P.M. Midgley (Eds.), *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*, (IPCC report), Cambridge University Press, 2012.

3. IL RUOLO DELLA POLITICA AGRICOLA COMUNE NELL'ADOZIONE DELLE STRATEGIE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO DA PARTE DELLE AZIENDE AGRICOLE ITALIANE

Carlo Bottone¹, Annalisa Frigo^{*} e Silvia Granato²

Classificazione JEL: Q18, Q54.

Parole chiave: politica agricola; clima, disastri naturali e loro gestione, riscaldamento globale.

Introduzione. – Il nostro pianeta sta affrontando la grande sfida dei cambiamenti climatici. L’Europa meridionale e il Mediterraneo, anche in ragione dell’elevata pressione antropica sulle risorse naturali, sono tra le aree più vulnerabili ai cambiamenti climatici.

Il settore agricolo è particolarmente esposto al cambiamento climatico: la riduzione delle precipitazioni, l’aumento delle temperature massime e la maggiore frequenza di eventi estremi potrebbero causare una riduzione dei rendimenti di alcune colture e un cambiamento nelle aree di coltivazione destinate alle colture tradizionali, con una probabile riconversione verso le aree più settentrionali che avranno contesti climatici meno sfavorevoli. A causa di alterazioni climatico-metereologiche, i danni alla produzione agricola saranno maggiormente legati a gelate, tempeste, epizoozie e siccità. Le aziende agricole dovranno dunque attuare strategie di adattamento al cambiamento climatico, anche con il sostegno di politiche pubbliche, attraverso innovazioni tecniche (ad esempio la diversificazione delle colture, utile per incrementare la biodiversità e per migliorare la qualità del suolo e la sua capacità drenante: l’utilizzo di coperture delle coltivazioni; il miglioramento dell’efficienza dei sistemi di irrigazione; l’introduzione sistemi di stoccaggio dell’acqua) ma anche adottando pratiche di gestione del rischio (ad esempio attraverso la diversificazione delle fonti di ricavo e/o aderendo a sistemi di copertura assicurativa) che consentano di limitare le perdite causate da eventi atmosferici avversi.

Questo studio (Bottone *et al.* 2022) cerca di identificare la risposta delle aziende agricole italiane alle dinamiche di cambiamento climatico nell’ultimo decennio, valutando se la Politica Agricola Comune (PAC) in vigore nel setteennato 2014-2020 abbia giocato un ruolo importante nell’incoraggiare tali comportamenti e strategie di adattamento.

La PAC è il principale strumento di finanziamento pubblico del settore agricolo (Figura 3.1); nel periodo 2014-2019 ha destinato all’Italia in media 12,2 miliardi di euro all’anno. La PAC si fonda su due pilastri: il primo, che pesa circa tre quarti del totale del programma, fornisce misure di sostegno diretto al reddito delle aziende agricole e di supporto di mercato, con requisiti di accesso poco restrittivi. Il secondo pilastro finanzia lo sviluppo rurale ed è articolato in 20 misure specifiche tra cui i paesi membri scelgono per redigere i propri “Programmi di Sviluppo Rurale”, da realizzare nell’arco del setteennato della programmazione del budget dell’Unione Europea; ha un maggiore livello di flessibilità ed è cofinanziato dai singoli programmi a livello regionale e nazionale. La politica di sviluppo rurale finanziata dal secondo pilastro della PAC è parte integrante della strategia europea per l’adattamento al cambiamento climatico (EC SWD (2013) 216 final), che ha riconosciuto a

¹ Banca d’Italia – Sede di Venezia.

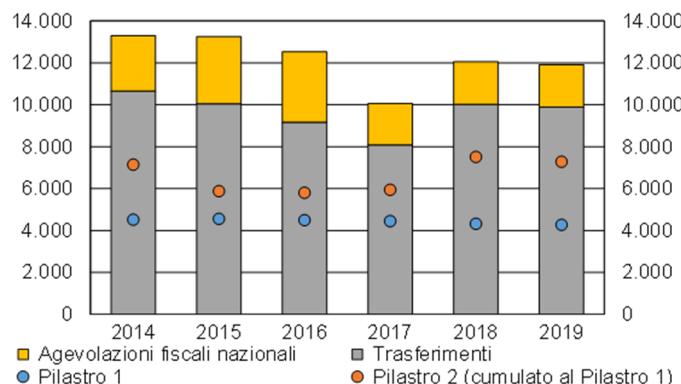
^{*} Banca d’Italia – Sede di Venezia.

² Commissione Europea – Joint Research Center.

tutte le misure un potenziale ruolo di primo piano nell'aumentare la resilienza delle aziende agricole agli effetti del cambiamento climatico (EC SWD (2013) 139 final). Inoltre, a partire dal 2014, è stato previsto che una parte considerevole dei fondi del secondo pilastro dovesse essere allocata a misure volte a favorire investimenti in ambiente e clima, allo sviluppo boschivo, all'agricoltura biologica e alla protezione delle colture, con l'obiettivo di rendere il sistema agricolo più resiliente al cambiamento climatico.

Figura 3.1 Composizione dei sussidi annui concessi alle aziende agricole italiane

(milioni di euro)



Fonte: nostre elaborazioni su dati CREA.

Mentre il concetto di resilienza è complesso e difficile da misurare³, le strategie produttive per la mitigazione del rischio e la solidità aziendale a breve e medio termine possono essere identificate. La letteratura agraria si riferisce principalmente alle seguenti tipologie di tali strategie: (i) la diversificazione (della produzione o del lavoro al di fuori dell'azienda agricola), (ii) il trasferimento del rischio di prezzo (ad es. clausole nei contratti commerciali; (iii) il trasferimento del rischio del raccolto agricolo attraverso polizze assicurative (van Asseldonk *et al.*, 2016); e (iv) il potenziamento di specifici input produttivi che tutelino la produzione da eventuali danni, come sistemi di irrigazione in sostituzione di sistemi tradizionali non irrigui (ad es. Kurukulasuriya *et al.*, 2006) e pesticidi per far fronte alla crescente minaccia dei parassiti (ad es. Delcour *et al.* 2015).

Alla luce di queste considerazioni, allo scopo di indagare il ruolo del sostegno pubblico all'agricoltura nel migliorare la resilienza del sistema agricolo italiano alle conseguenze del cambiamento climatico, nel nostro studio ci siamo concentrati sui fondi erogati attraverso il secondo pilastro. Inoltre ci siamo focalizzati su alcune strategie di adattamento specifiche, identificabili nei dati a nostra disposizione: (i) gli investimenti in sistemi di protezione delle colture, come i pesticidi; (ii) la spesa in premi assicurativi sottoscritti contro i danni alle colture; (iii) la spesa per l'irrigazione; (iv) la quota di ricavi da altre attività, che quantifica in che misura le imprese stanno diversificando la loro attività produttiva.

La letteratura empirica si è concentrata sull'analisi delle determinanti dell'adozione di strategie di gestione del rischio o sulla stima dell'impatto degli shock climatici su altre

³ Facendo riferimento a tre concetti chiave legati alla gestione del rischio, Meuwissen *et al.* (2019) definiscono la resilienza di un sistema agricolo come “la sua capacità di garantire la fornitura delle funzioni del sistema a fronte di [...] shock e stress ambientali e istituzionali, attraverso capacità di robustezza, adattabilità e trasformabilità”. Per robustezza si intende la capacità di resistere alle sollecitazioni e shock (non)previsti, mantenendo i livelli di funzionalità precedenti senza modifiche sostanziali dei suoi elementi, mentre l'adattabilità implica il cambiamento della composizione degli input, della produzione e gestione del rischio in risposta a shock e stress. Infine, la trasformabilità comporta un cambiamento significativo delle strutture e dei processi interni.

strategie di adattamento degli agricoltori. Diversi studi forniscono evidenza della correlazione tra alcune caratteristiche dell’azienda agricola (tra cui la dimensione e l’accesso al credito) e degli agricoltori (tra cui l’età e istruzione) e l’adozione di strategie di gestione del rischio, quali l’assicurazione e la diversificazione delle attività produttive (Asfaw *et al.*, 2018, Bartolini *et al.* 2014; Bozzola *et al.*, 2018; Di Falco *et al.* 2014; McElwee e Bosworth, 2010).

Nel contesto agricolo, pochi studi hanno sottolineato come le politiche pubbliche possano svolgere un ruolo importante (si veda Termeer *et al.*, 2018, per un’ampia discussione sull’argomento). Il finanziamento pubblico può sostenere o limitare le capacità di resilienza dei sistemi agricoli in base alla sua formulazione e agli incentivi forniti (la compensazione governativa delle perdite può contribuire alla solidità d’impresa nel breve periodo o indebolirne l’adattabilità e la trasformabilità; cfr. Annan e Schlenker, 2015 per gli Stati Uniti). Tuttavia, la letteratura esistente non è giunta a una conclusione consolidata di consenso sulla reale efficacia dell’attuale politica agricola dell’UE nell’influenzare l’adozione di queste pratiche e la resilienza dei sistemi agricoli europei. In generale, la letteratura che quantifica l’impatto delle politiche pubbliche sulle pratiche agricole è ostacolata sia complessità del loro design – inclusa la molteplicità delle misure in atto – sia dall’eterogeneità territoriale.

Dati e cenni alla strategia empirica. – Abbiamo condotto un’analisi econometrica controfattuale per identificare se la presenza di sussidi della PAC abbia favorito l’adozione di strategie di adattamento da parte delle aziende agricole. Sono state utilizzate diverse basi dati: (i) le informazioni raccolte attraverso la Rete di Informazione Contabile Agricola (RICA), del CREA; (ii) lo European Severe Weather Database, i cui dati sono compilati dallo European Severe Storms Laboratory, che include informazioni geolocalizzate sugli eventi climatici estremi che si sono verificati (ad esempio grandinate o inondazioni); (iii) lo Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI), un indice climatico che misura le deviazioni dall’equilibrio di lungo termine del bilancio idroclimatico (Vicente-Serrano *et al.* 2010).

La base dati RICA contiene informazioni di dettaglio relative ad un campione rappresentativo di aziende agricole italiane, scelte annualmente attraverso un metodo di campionamento casuale, che tiene conto delle diverse tipologie di aziende agricole in Italia, e della loro grandezza e collocazione geografica. Per il nostro lavoro hanno assunto particolare rilievo le variabili economiche e finanziarie (inclusi i trasferimenti ricevuti dal secondo pilastro PAC e la spesa assicurativa), le informazioni relative ai fattori produttivi impiegati (ad esempio lavoro, irrigazione, fertilizzanti, spesa per la protezione delle colture) e alle caratteristiche dell’imprenditore agricolo (età, livello di istruzione e genere). Ai fini della nostra analisi, ci siamo concentrati sulle aziende con coltivazioni, escludendo quelle specializzate esclusivamente nell’allevamento, e abbiamo ristretto il campione alle aziende agricole per le quali erano presenti tutte le osservazioni nel periodo 2013-2019 (circa il 12.5% del campione iniziale).

Il secondo pilastro della PAC include una molteplicità di programmi e misure differenti, con regole e requisiti di accesso molto diversi, che variano anche da regione a regione. Queste condizioni non consentono di individuare una chiara discontinuità (ad esempio nelle caratteristiche delle imprese che possono accedere ai fondi, o nell’ammontare erogato secondo il preciso disegno della politica) che possa replicare le condizioni di un esperimento in laboratorio, che avrebbe reso più semplice la valutazione quantitativa degli impatti causali della policy. Per verificare l’esistenza di un effetto della PAC sull’adozione delle strategie di adattamento precedentemente descritte, la metodologia econometrica adottata confronta invece gruppi di aziende agricole che, a parità di caratteristiche esistenti nel 2013 (prima del periodo di analisi), ricevono una diversa quantità di trasferimenti del secondo pilastro della

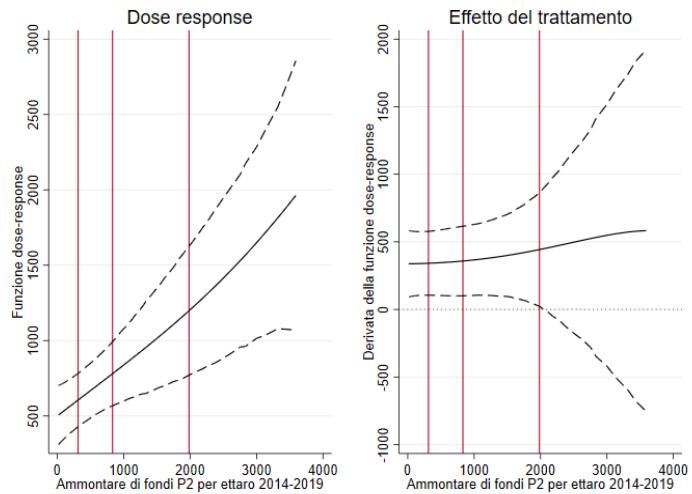
PAC, escludendo quindi le aziende che non hanno ricevuto sussidi dal pilastro 2 nel periodo 2014-2019. Il campione finale è costituito da 1320 osservazioni, distribuite in 825 comuni italiani e in tutte le 21 regioni italiane. Rispetto alla popolazione di riferimento, costituita dall'universo delle aziende agricole operanti sul territorio italiano, il campione così selezionato tende a sovra-rappresentare aziende agricole di grandi dimensioni, sia fisiche che economiche, e localizzate nella parte settentrionale del paese.

Per misurare correttamente l'impatto causale dell'ammontare dei fondi ricevuti dagli agricoltori italiani su gli esiti di interesse sopra discussi, adottiamo una metodologia empirica finalizzata a correggere la distorsione della stima dovuta al fatto che l'assegnazione del finanziamento non sia casuale, ma sia piuttosto legata alle stesse caratteristiche delle aziende agricole che impattano anche le variabili *outcome* sopra citate. Ad esempio, possiamo aspettarci che l'età (l'istruzione) dell'imprenditore agricolo sia negativamente (positivamente) correlata con la capacità dello stesso di richiedere e ottenere i fondi del Pilastro II; al tempo stesso, evidenze scientifiche hanno attestato che gli agricoltori più giovani e più istruiti sono più propensi a diversificare le attività produttive. Inoltre, siamo interessati a stimare l'eterogeneità degli effetti del trattamento derivanti dalla variazione dell'esatto importo dei fondi della PAC del secondo pilastro.

La metodologia econometrica adottata (chiamata *Generalized Propensity Score*) consente di operare un'analisi controllata valida tra sotto-campioni confrontabili. È dunque possibile mappare la relazione causale tra l'ammontare di fondi ricevuto e la singola strategia di mitigazione del rischio, a parità di diversi livelli di caratteristiche esistenti. Affinché il confronto sia valido, è necessario che le seguenti ipotesi siano verificate: (i) le variabili preesistenti selezionate siano le uniche ad influenzare la relazione oggetto di analisi; (ii) per valori simili delle caratteristiche esistenti vi siano sempre aziende agricole con importi di trasferimenti ricevuti sostanzialmente differenti. Riguardo la prima condizione, grazie alla ricchezza dei dati utilizzati, siamo in grado di includere nell'analisi un ampio set di variabili che, se omesse, sarebbero fonte di distorsioni nelle stime; queste variabili includono caratteristiche dell'azienda agricola e del capo azienda, eventi climatici estremi che hanno luogo nel comune in cui l'azienda è localizzata e nei comuni limitrofi, effetti fissi di area geografica (definita da regione amministrativa e eco-regione di localizzazione). Per rispettare la seconda condizione, 183 osservazioni sono state escluse dall'analisi.

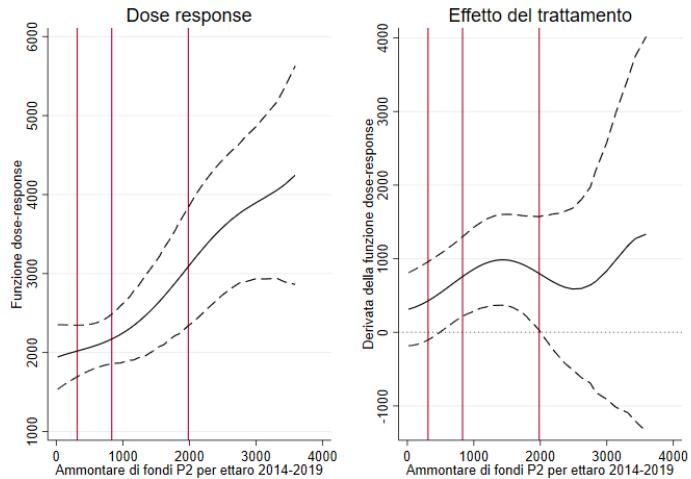
Risultati e conclusioni. – I principali risultati dello studio riguardano l'identificazione e la forma delle relazioni che legano l'intensità dei fondi ricevuti attraverso il secondo pilastro della PAC alle risposte delle aziende agricole nell'attuare le 4 strategie di adattamento che abbiamo elencato nella sezione introduttiva (Figure 3.2-3.3, lato sinistro). È quindi possibile non solo identificare l'esistenza o meno di un impatto dei fondi sui comportamenti di adattamento, ma anche studiarne la magnitudine per diversi importi iniziali di trasferimenti (Figure 3.2-3.3, lato destro), stimando di quanto varierebbero le diverse strategie in seguito ad un incremento di 1000 euro dei fondi erogati dal secondo pilastro. Le linee verticali in figura rappresentano gli importi complessivi dei fondi per ettaro ricevuti corrispondenti al 25°, 50° e 75° percentile della distribuzione all'interno del campione.

Figura 3.2 Risultati sulla spesa assicurativa delle stime GPS



Fonte: l'intervallo di confidenza al 95% è indicato dalle linee tratteggiate.

Figura 3.3 Risultati sulla protezione delle colture delle stime GPS



Fonte: l'intervallo di confidenza al 95% è indicato dalle linee tratteggiate.

A parità di caratteristiche osservabili e condizioni metereologiche locali, dall'analisi emerge un impatto statisticamente significativo della PAC sulla spesa per la sottoscrizione di polizze assicurative (Figura 3.2). Il grafico di destra mostra che l'effetto dei sussidi tende ad essere debolmente crescente all'aumentare del livello degli stessi. Concentrandosi sulla grandezza delle stime, in media per ogni euro di sussidio in più (per ettaro) ricevuto nei sei anni, 36 centesimi sono spesi per stipulare una polizza assicurativa per i raccolti. Per ciò che concerne la spesa in protezione delle colture, si osserva che a un più alto importo dei fondi ricevuti è associata una spesa crescente per la protezione delle colture (Figura 3.3, grafico di sinistra). La stima dell'effetto marginale (grafico di destra) risulta sufficientemente precisa nell'intervallo dei livelli di trattamento da 514 euro (35° percentile) a 1983 euro (75° percentile). Inoltre, si osserva un utilizzo di fondi addizionali per l'acquisto di prodotti protettivi per le colture prima crescente e poi decrescente per valori del sussidio maggiori di

1451 euro (65° percentile della distribuzione). Complessivamente, la variazione dell'effetto marginale risulta contenuta, rimanendo nel range tra 50 e 81 centesimi per euro (per ettaro) ricevuto. Non si rileva invece alcuna influenza sul costo per le spese idriche e sull'aumento della quota di ricavi derivanti da altre attività osservato tra il 2013 e 2019 (Figure omesse per brevità).

Lo studio presenta alcuni limiti empirici. Anche se la metodologia controfattuale si basa su un ricco insieme di caratteristiche e condizioni che attenuano i problemi di endogeneità, la validità interna dei risultati potrebbe essere minacciata dall'esistenza di fattori non misurati. In particolare, in presenza di shock economici locali che determinano variazioni nei prezzi locali degli input, influenzando così sia la propensione delle aziende a ricorrere a sussidi pubblici sia le scelte produttive analizzate in questa analisi, la stima dell'impatto causale di interesse potrebbe essere distorta. Tuttavia, misurando input e *outcome* cumulativi in un periodo di 6 anni e includendo effetti fissi regionali, si limita la potenziale distorsione statistica derivante da variazioni a breve termine nei livelli dei prezzi a cui sono esposte le aziende agricole localizzate nella medesima area. Un'altra limitazione di questo studio è l'attenzione alle misure che limitano il danno legato al cambiamento climatico nel breve termine e per il singolo agricoltore, ma non sono necessariamente sostenibili nel lungo termine, come l'uso di pesticidi. Per quanto riguarda la validità esterna, vale la pena sottolineare che i nostri risultati sono ottenuti dall'analisi di un campione selezionato di aziende agricole con caratteristiche specifiche, ovvero imprese di dimensioni medio-grandi e che sono beneficiarie delle misure del secondo pilastro. Pertanto, i nostri risultati potrebbero non riflettersi nel comportamento dell'azienda agricola rappresentativa del sistema agricolo italiano. I singoli risultati, pur presentando dei limiti, forniscono una importante indicazione per proseguire nello studio dell'argomento trattato. Dall'analisi empirica emerge come il secondo Pilastro della PAC abbia incentivato le aziende agricole italiane nel periodo 2014-2019 a intraprendere alcune strategie di adattamento ai cambiamenti climatici, nello specifico gli investimenti in protezione delle colture e la sottoscrizione di polizze assicurative contro i danni alle colture. L'effetto marginale dell'ammontare dei fondi pubblici risulta essere relativamente stabile, indicando che l'adozione delle strategie di adattamento identificate nello studio sia solo moderatamente sensibile all'intensità dei sussidi ricevuti. Questo implica, da un lato, che l'analisi empirica non ha identificato un livello ottimale di sostegno pubblico oltre il quale l'erogazione di fondi addizionali risulti inefficiente e, dall'altro lato, che non è emersa l'esistenza chiara di un *trade-off* tra l'incentivo ad adottare strumenti "passivi" che tutelano la stabilità del reddito nel breve termine (come gli strumenti assicurativi) e l'incentivo ad adottare strumenti "proattivi" che migliorano in maniera più stabile, nel medio periodo, la capacità dell'azienda agricola di reagire a eventi climatici estremi (come l'investimento nella protezione delle colture).

Questi risultati rappresentano una prima evidenza, basata su dati a livello nazionale e su metodi econometrici robusti, sul ruolo del sostegno pubblico all'agricoltura nell'influenzare l'adozione di strategie di adattamento al cambiamento climatico degli agricoltori italiani. Con informazioni più dettagliate sulle scelte produttive degli agricoltori, l'analisi potrebbe venir approfondita considerando altri tipi di strategie di adattamento, come la sostituzione di colture tradizionali con varietà di colture più resistenti al cambiamento climatico. Inoltre, la disponibilità di dati per un periodo più lungo potrebbe permettere la valutazione congiunta dell'impatto del sostegno pubblico sull'adozione di pratiche di gestione del rischio nel breve e medio periodo e sulla resilienza economica delle aziende agricole nel lungo periodo, consentendo maggiori riflessioni sul *trade-off* tra i benefici di tali pratiche in orizzonti temporali diversi.

BIBLIOGRAFIA

- Annan, F. and W. Schlenker, *Federal crop insurance and the disincentive to adapt to extreme heat*, "American Economic Review", 105(5), 2015, 262-66.
- Asfaw, S., Pallante, G., and A Palma, *Diversification strategies and adaptation deficit: Evidence from rural communities in Niger*, "World Development", 101, 2018, 219–234.
- Bartolini, F. Andreoli, M. and G. Brunori, *Explaining determinants of the on-farm diversification: empirical evidence from Tuscany region*, "Bio-based and Applied Economics", 3(2), 2014, 137-157.
- Bozzola, M., Smale, M. and S. Di Falco, *Maize Intensification among Smallholder Farmers in Kenya: Understanding the Impacts of Climate*, "Agricultural Adaptation to Climate Change in Africa Food Security in a Changing Environment (Environment for Development)", 2018.
- Delcour, I., Spanoghe, P. and M. Uyttendaele, *Literature review: Impact of climate change on pesticide use*, "Food Research International", 2015, 68:7–15.
- Di Falco, S., Adinolfi, F., Bozzola, M. and F. Capitanio, *Crop insurance as a strategy for adapting to climate change*, "Journal of Agricultural Economics", 65(2), 2014, 485-504.
- Kurukulasuriya, P., Mendelsohn, R., Hassan, R., Benhin, J., Deressa, T., Diop, M., Eid, H., Fosu, K.Y., Gbetibouo, G., Jain, S., Mahamadou, A., Mano, R., Kabubo-Mariara, J., El-Marsafawy, S., Molua, E., Ouda, S., Ouedraogo, M., S'ene, I., Maddison, D., Seo, S.N. and A. Dinar, *Will African Agriculture Survive Climate Change?* "The World Bank Economic Review", 2006.
- Marr, A., Winkel, A., van Asseldonk, M., Lensink, R. and E. Bulte, *Adoption and impact of index-insurance and credit for smallholder farmers in developing countries: A systematic review*, "Agricultural Finance Review", 2016.
- Meuwissen, M. P., Feindt, P. H., Spiegel, A., Termeer, C. J., Mathijs, E., De Mey, Y., ... and P. Reidsma, *A framework to assess the resilience of farming systems*, "Agricultural Systems", 176, 2019, 102656.
- McElwee, G. and G. Bosworth, *Exploring the strategic skills of farmers across a typology of farm diversification approaches*, "Journal of farm management", 13(12), 2010, 819-838.
- Termeer, C.J.A.M., Candel, J.J.L. and M.P.M. Meuwissen, *Towards a broader understanding of resilience in the CAP*, "EuroChoices", 17(3), 2018, 49-49.
- van Asseldonk, M., Tzouramani, I., Ge, L., and Vrolijk, H., *Adoption of risk management strategies in european agriculture*, "Studies in Agricultural Economics", 118(3), 2016, 154–162.
- Vicente-Serrano, S.M., Begueria S. and J.I. Lopez-Moreno, *A multi-scalar drought index sensitive to global warming: the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index*, "Journal of Climate", 2010, 23:1696–1718.

4. DEMOGRAFIA D'IMPRESA E STRUTTURA DI MERCATO IN UN CLIMA CHE CAMBIA

Michele Cascarano, Filippo Natoli e Andrea Petrella*

Classificazione JEL: D22, R12, Q54

Parole chiave: cambiamento climatico, temperature, dinamica d'impresa, demografia d'impresa.

Introduzione. – Numerosi studi scientifici sugli effetti economici dei cambiamenti climatici si sono interrogati su come le fluttuazioni delle temperature e gli eventi estremi, come ad esempio le ondate di calore, influiscano sui risultati d'impresa (Addoum *et al.*, 2020). Temperature elevate possono aumentare le assenze dal lavoro per malattia e ridurre la produttività dei lavoratori impiegati in mansioni esposte agli eventi atmosferici (all'aria aperta o in luoghi non climatizzabili; Somanathan *et al.*, 2021) e, in generale, aumentare i costi complessivi di produzione. Nel breve periodo, questi fenomeni sono in grado di influenzare negativamente l'operatività delle imprese. Tuttavia, su un arco di tempo più lungo, le conseguenze dell'aumento delle temperature sono più incerte: alcune imprese possono mettere in atto strategie di adattamento alle temperature elevate, introducendo miglioramenti tecnologici che potrebbero aumentare la loro produttività; per altre, la prolungata esposizione a temperature sfavorevoli può provocare danni persistenti alla produzione, minando la redditività nel lungo periodo. Tali effetti differenziati si potrebbero riverberare sulla struttura produttiva, modificandola profondamente (Albert *et al.*, 2021; Pankratz e Schiller, 2021).

Nel nostro lavoro (Cascarano, Natoli e Petrella, 2022) ci chiediamo se il cambiamento climatico, in particolare la maggiore frequenza di episodi di temperature estreme, possa influire sulle decisioni delle imprese di entrare e uscire dal mercato, o di variare la localizzazione della loro attività (ci riferiamo al complesso di queste scelte con l'espressione “demografia d'impresa”). Per indagare i meccanismi attraverso i quali le temperature hanno effetto sull'attività di impresa, analizziamo, inoltre, gli effetti che le ondate di calore hanno sui risultati e la redditività delle imprese che non escono dal mercato, o almeno, che vi rimangono per un periodo di tempo sufficientemente prolungato.

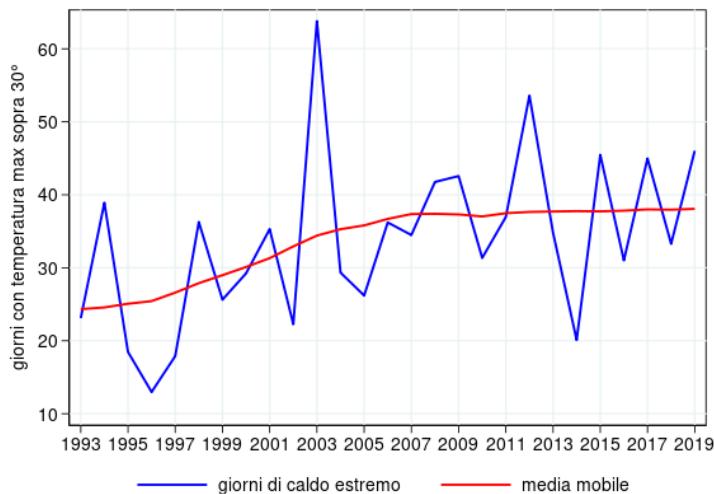
I dati. – Per misurare l'andamento delle temperature estreme in Italia abbiamo utilizzato la banca dati Monitoring Agricultural ResourceS prodotta dal Joint Research Centre della Commissione Europea (JRC MARS), che contiene informazioni dettagliate sulle variabili climatiche a frequenza giornaliera a partire dal 1979. Misuriamo l'incidenza delle temperature estreme in ciascun anno, dal 1993 in poi, contando il numero di giorni in cui la temperatura massima ha superato i 30°C. La scelta di questa soglia di temperatura è supportata da una serie di studi (Bauer *et al.*, 2019), che mostrano come al di sopra di questo livello la produttività individuale dei lavoratori cali repentinamente¹. Il numero di giorni con temperature estreme è cresciuto in maniera sensibile in Italia, passando da poco più di 20 giorni all'inizio degli anni Novanta a quasi 40 negli anni più recenti (Figura 4.1). L'analisi dell'impatto delle temperature sull'attività d'impresa è svolta a livello territoriale,

* Banca d'Italia.

¹ I nostri risultati sono comunque robusti al variare di questa soglia.

utilizzando la ripartizione del territorio nazionale per Sistemi Locali del Lavoro (SLL)². Secondo tale ripartizione, la distribuzione e le dinamiche delle temperature estreme sono state estremamente eterogenee in tale periodo (Figura 4.2)³.

Figura 4.1 L’evoluzione delle temperature estreme in Italia



Dal lato della demografia d’impresa, abbiamo utilizzato il registro amministrativo di Infocamere sull’universo delle imprese italiane, disponibile a partire dal 2005 fino al 2019, che ci consente di identificare la data e il luogo in cui un’impresa avvia o termina la sua attività, nonché di tenere traccia di tutti i cambiamenti di localizzazione dell’azienda. Il tasso di crescita delle imprese attive in ciascun SLL è scomponibile come: tasso di entrata-tasso di uscita+flussi netti di rilocalizzazione da e verso il SLL⁴. Nella media italiana, il tasso di entrata si è fortemente ridotto, soprattutto nella seconda metà degli anni Duemila (Figura 4.3). Il tasso di uscita è invece lievemente cresciuto, pur rimanendo sempre al di sotto del tasso di entrata, implicando una crescita delle imprese attive in tutti gli anni. La rilocalizzazione non è quantitativamente rilevante.

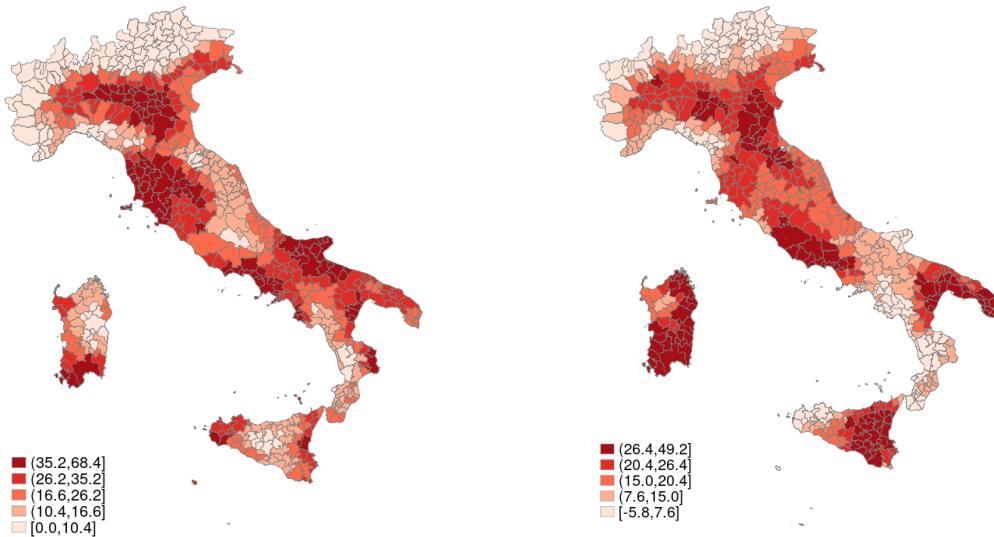
² Il Sistema Locale del Lavoro (SLL) è definito come l’unità geografica che contiene al proprio interno la maggior parte dei flussi di pendolarismo fra casa e lavoro. È quindi l’unità territoriale in cui la popolazione esercita la maggior parte delle relazioni sociali ed economiche e le imprese partecipano al mercato del lavoro, pertanto l’unità di osservazione più granulare e appropriata per indagare fenomeni economici come quelli che ci proponiamo di approfondire.

³ I SLL con una maggiore frequenza di temperature estreme non sono interamente concentrati nel Sud Italia, mediamente più caldo (Figura 4.2.a), ma si possono ritrovare anche in alcune zone del Centro e Nord Italia, in particolare la Toscana e vasti tratti della Pianura Padana. I SLL montuosi sono ovviamente meno interessati dal fenomeno delle ondate di calore. Nel corso del nostro periodo di osservazione, anche la variazione dell’incidenza di giorni estremamente caldi è stato molto eterogeneo tra i SLL (Figura 4.2.b), presentando valori più elevati in Basilicata e nel sud della Puglia, nella Sicilia orientale e in Sardegna.

⁴ Il tasso di entrata è definito come il rapporto fra numero di imprese entranti e numero di imprese attive. Gli altri addendi della somma sono definiti in maniera analoga.

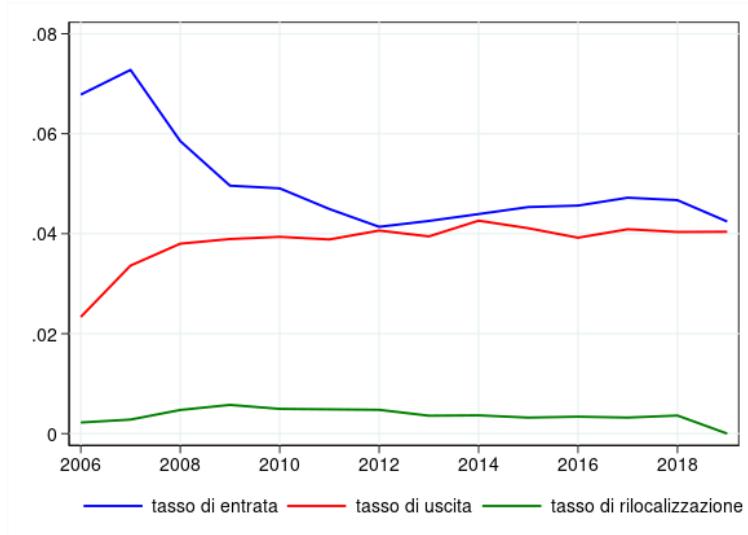
Figura 4.2 Numero di giorni con temperature estreme

(a) *Numero di giorni sopra i 30°C, 1993-97* (b) *variazione fra il 1993-97 e il 2015-19*



L'identità contabile fra il tasso di crescita delle imprese attive e le sue componenti ci consente di ricostruire i canali attraverso i quali le ondate di calore si riverberano sul complesso delle imprese attive sul mercato. Un approccio analogo viene adottato per analizzare la relazione fra i fenomeni di temperature estreme e i fondamentali d'impresa.

Figura 4.3 La demografia d'impresa in Italia



L'effetto delle temperature sulle imprese. – Per isolare gli effetti delle temperature estreme sulla demografia d'impresa, aggreghiamo i dati a livello di SLL in periodi di tre anni, al fine di minimizzare la variabilità di breve periodo delle nostre variabili. Quindi, per ciascuna variabile demografica, stimiamo quanto questa sia influenzata – in ciascuno dei tre periodi precedenti – dalla variazione nel numero di giorni con temperature massime al di sopra dei 30°C. I parametri stimati con questo modello (detto “a ritardi distribuiti”) possono

essere interpretati come l’evoluzione delle variabili di demografia nel tempo, in risposta a un aumento permanente delle temperature estreme.

Per evitare di confondere l’effetto che stimiamo con quello di altri fenomeni atmosferici correlati con l’evoluzione delle temperature, includiamo nel nostro modello anche la dinamica delle precipitazioni e la realizzazione di altri eventi estremi (come ad esempio grandine o valanghe) registrati in ciascun SLL.

I risultati delle stime mostrano che un aumento permanente delle temperature estreme ha conseguenze quantitativamente limitate, ma stimate con precisione, sulla struttura produttiva. Esso infatti riduce il tasso di crescita delle imprese attive, attraverso due canali: da un lato, la riduzione del tasso di entrata di nuove imprese; dall’altro, un incremento – più modesto – del tasso di uscita dal mercato. La propensione alla rilocalizzazione dell’attività economica, invece, non sembra essere influenzata in maniera significativa dall’aumento delle temperature estreme. Le ondate di calore si rivelano un fattore importante nello spiegare l’evoluzione della demografia d’impresa anche nel confronto con gli altri eventi atmosferici.

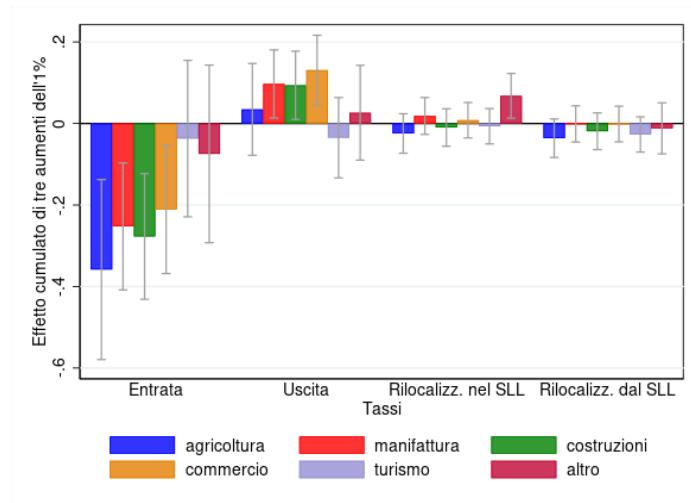
In base alle nostre stime, lo scenario medio per le temperature delineato da un consolidato modello previsionale⁵ si tradurrebbe in un calo cumulato del tasso di crescita delle imprese attive di 0,22 punti percentuali nel periodo 2020-31. Questa cifra si comporrebbe di una variazione cumulata di -0,15 punti percentuali del tasso di entrata e di 0,09 punti percentuali del tasso di uscita. A titolo di confronto, nella media del nostro campione il tasso di crescita annua delle imprese attive, il tasso di entrata e quello di uscita sono rispettivamente pari a 1,53%, 5,02% e 3,47%.

Le conseguenze delle ondate di calore sarebbero più pronunciate per i SLL collocati nella zona climatica mediterranea, che comprende le isole maggiori e la gran parte delle coste e che è caratterizzata da temperature in media più elevate. Inoltre, in linea con le evidenze di altri studi economici (Graff Zivin e Neidell, 2014), il calo del tasso di entrata e l’aumento del tasso di uscita in seguito a un aumento delle temperature sono più forti e significativi per i settori maggiormente esposti alle variazioni climatiche: agricoltura, costruzioni, manifattura e commercio (Figura 4.4).

I risultati fin qui menzionati mostrano come la demografia d’impresa in Italia sia influenzata dalle temperature elevate, ma non possono fornire informazioni sulle caratteristiche delle imprese in uscita o dei potenziali nuovi arrivati. Per indagare l’effetto delle temperature sull’attività di impresa nel medio periodo, si considerano le imprese che rimangono attive su un arco temporale prolungato utilizzando i dati sui bilanci delle imprese di Cerved Group. Questa fonte informativa comprende tutte le società quotate in borsa e tutte le società a responsabilità limitata non quotate, comprese le micro imprese e i lavoratori singoli, e ci permette di stimare le relazioni tra temperatura e fondamentali d’impresa per ogni classe dimensionale dell’azienda.

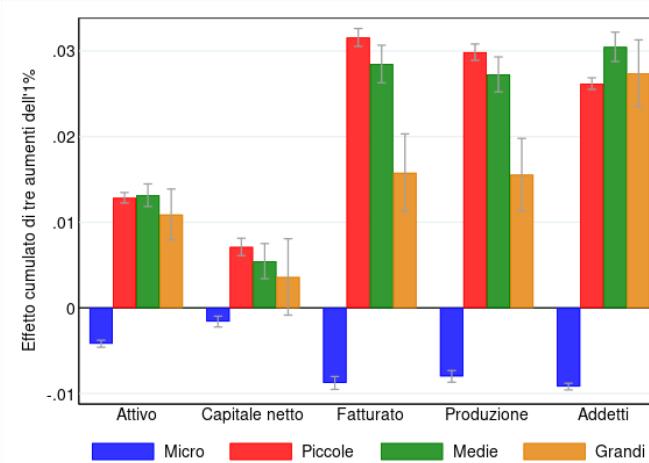
⁵ Si tratta delle proiezioni del modello climatico regionale ETHZ CLM dello Swiss Federal Institute of Technology. Cfr. Jaeger *et al.* (2008).

Figura 4.4 Gli effetti delle temperature estreme sulla demografia d'impresa, per settore



All'interno di tale campione i nostri risultati suggeriscono che un aumento permanente della temperatura può influire positivamente sui ricavi netti e la produzione delle imprese che sopravvivono, aumentando in media la redditività nel lungo periodo. Queste relazioni empiriche suggeriscono che alcune imprese riescono a mettere in pratica meccanismi di adattamento che comportano un miglioramento dei risultati di impresa. Scomponendo l'analisi in base alla dimensione aziendale, emerge una sostanziale eterogeneità: se le temperature sono associate positivamente alla crescita di ricavi, produzione e attivo per le medie e grandi imprese, esse mostrano invece una relazione negativa per le imprese con meno di dieci addetti, che riducono gli investimenti nel lungo periodo (Figura 4.5). Questo risultato indica una differente resistenza ai cambiamenti climatici tra aziende, suggerendo che il riscaldamento globale potrebbe stimolare una riallocazione delle quote di mercato all'interno del tessuto produttivo.

Figura 4.5 Gli effetti delle temperature estreme sui risultati d'impresa per classe dimensionale



Quali politiche per le imprese? – I risultati dell'analisi mostrano che un aumento permanente dell'incidenza delle temperature elevate si riflette su una riduzione del tasso di

entrata di nuove imprese e un aumento, più contenuto, dei tassi di uscita dal mercato. I risultati variano in maniera significativa in base al settore e all'area in cui tali imprese sono ubicate. L'analisi svolta sui bilanci delle singole imprese rivela che l'aumento delle temperature influenza anche risultati e redditività delle imprese attive, con un impatto radicalmente differente a seconda delle loro dimensioni: gli effetti sono negativi solo per le piccole imprese, mentre quelle più grandi sembrano avvantaggiarsi delle temperature più elevate, probabilmente in seguito alle loro migliori capacità di adattamento.

Questi risultati potrebbero avere implicazioni rilevanti per le politiche economiche. La forte eterogeneità territoriale degli effetti delle temperature estreme sull'entrata e l'uscita delle imprese potrebbe in prospettiva acuire divari territoriali già esistenti (la zona climatica mediterranea ricade per lo più nel Mezzogiorno); un miglioramento delle condizioni per lo svolgimento dell'attività d'impresa nelle aree più colpite dalle temperature elevate aumenterebbe la resilienza del tessuto produttivo locale ai cambiamenti climatici. Inoltre, la maggiore difficoltà mostrata da parte delle imprese di minore dimensione nell'adattamento al cambiamento climatico potrebbe stimolare una riflessione sull'opportunità di accompagnare l'adattamento di questa categoria di imprese al nuovo corso climatico, attraverso strategie di supporto mirate.

BIBLIOGRAFIA

- Addoum, J. M., Ng, D. T. e A. Ortiz-Bobea, *Temperature Shocks and Establishment Sales*, “The Review of Financial Studies”, 33, 3, 2020, 1331–1366.
- Albert, C., Bustos, P. and J. Ponticelli (2021), *The Effects of Climate Change on Labor and Capital Reallocation*, Working Paper 28995, National Bureau of Economic Research, 2021.
- Bauer, R., Derwall, J. and N. Pankratz, *Climate Change, Firm Performance and Investor Surprises*, mimeo, 2019.
- Graff Zivin, J. and M. Neidell, *Temperature and the allocation of time: Implications for climate change*, “Journal of Labor Economics”, 32, 1, 2014, 1–26.
- Jaeger, E. B. anders, I., Lüthi, D., Rockel, B., Schär, C. and S. I. Seneviratne, *Analysis of ERA40-driven CLM simulations for Europe*, “Meteorologische Zeitschrift”, 17, 4, 2008, 349–36.
- Pankratz, N. and C. Schiller, *Climate Change and Adaptation in Global Supply-chain Networks*, atti del Finance Meeting EUROFIDAI-ESSEC, European Corporate Governance Institute–Finance, Working Paper 775, 2021.
- Somanathan, E., Somanathan, R., Sudarshan, A. and M. Tewari, *The Impact of Temperature on Productivity and Labor Supply: Evidence from Indian Manufacturing*, “Journal of Political Economy”, 129, 6, 2021, 1797–1827.

5. TERRITORI FRAGILI, IMPRESE DEBOLI

Stefano Clò[♦], Francesco David[♦] e Samuele Segoni^{*}

Classificazione JEL: D24, Q54, C21.

Parole chiave: cambiamento climatico, disastri naturali, alluvioni, frane, sopravvivenza delle imprese, crescita delle imprese.

Introduzione. – Negli ultimi anni si è registrato nel mondo un forte aumento degli eventi estremi dipendenti dai mutamenti del clima, con un corrispondente incremento dei rischi idro-geologici causato dalla variazione nella frequenza e nell'intensità delle precipitazioni (Gariano *et al.*, 2016, Haque *et al.*, 2016, Hoepppe, 2016). Gli impatti hanno riguardato non solo l'ambiente e la salute, ma anche l'economia.

Secondo il *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED) tra il 1998 e il 2017 gli eventi idro-geologici, in particolare frane e alluvioni, hanno provocato nel mondo oltre 160.000 vittime, con perdite economiche stimate intorno ai 660 miliardi di dollari (UNISDR-CRED, 2018). Tra le catastrofi naturali di origine climatica, le alluvioni rappresentano la tipologia più frequente, con circa il 43 per cento degli eventi nel periodo 1998-2017. Un rapporto del gruppo assicurativo Swiss Re evidenzia come l'alluvione che nel luglio del 2021 ha interessato alcune aree della Germania e del Belgio abbia causato danni economici superiori ai 40 miliardi di dollari, di cui circa 13 coperti da assicurazione¹. L'Agenzia europea per l'ambiente ha sottolineato la rilevanza delle perdite causate dagli eventi climatici estremi soprattutto per i paesi maggiormente esposti, tra cui l'Italia².

Queste tendenze rendono necessaria una più ampia comprensione delle conseguenze economiche delle catastrofi naturali, che vada oltre la quantificazione dei danni provocati dagli eventi (i cosiddetti costi diretti) e approfondisca quali siano gli effetti a breve e medio termine (costi indiretti), che dipendono dalle interazioni tra i soggetti operanti all'interno del sistema economico. È anche importante analizzare non soltanto gli eventi più eclatanti ma anche quelli meno estremi, che stanno diventando sempre più frequenti e diffusi.

Un territorio esposto ai rischi. – L'Italia presenta un'elevata esposizione ai rischi idro-geologici, per ragioni sia naturali sia antropiche. Da un punto di vista geologico, il territorio italiano si è formato in tempi relativamente recenti ed è tettonicamente attivo; inoltre i terreni e le rocce che costituiscono i rilievi montuosi e collinari sono costituiti in larga misura da materiale debole e quindi molto suscettibile ai fenomeni franosi. Le zone di pianura sono invece diffusamente soggette a fenomeni di esondazione dei corsi d'acqua e questo riguarda sia i grandi fiumi che scorrono in ampie pianure alluvionali, sia i corsi d'acqua minori, spesso a carattere torrentizio. Alle caratteristiche naturali si somma un'intensa attività antropica sviluppatasi, ed in continua espansione, anche in territori esposti ai rischi idro-geologici.

Nel contesto dei cambiamenti climatici globali la situazione italiana è caratterizzata da una diminuzione delle piogge annue totali e da un contemporaneo aumento della concentrazione nel tempo dei quantitativi di pioggia, con un incremento sia dei periodi siccitosi sia degli eventi "estremi" caratterizzati da elevate intensità di pioggia (Alpert *et al.*, 2002). In altre

^{*} Università di Firenze.

[♦] Banca d'Italia.

[†] Università di Firenze.

¹ Cfr. <https://www.swissre.com/media/news-releases/nr-20211214-sigma-full-year-2021-preliminary-natcat-loss-estimates.html>

² Cfr. <https://www.eea.europa.eu/ims/economic-losses-from-climate-related>

parole, se annualmente in media cade un quantitativo totale di pioggia minore, esso si concentra in pochi eventi con picchi di precipitazione straordinari. Questo cambiamento nel regime pluviometrico si ripercuote sui fenomeni idro-geomorfologici innescati dalle piogge e quindi contribuisce a un significativo aumento di fenomeni franosi e alluvionali.

Dalla combinazione di peculiarità naturali e comportamenti umani emerge un quadro critico: secondo le recenti rilevazioni di ISPRA nelle aree ufficialmente mappate come ad alta pericolosità idro-geologica risiede il 12,6 per cento della popolazione e si trova il 14,1 per cento delle industrie e dei servizi e il 21,1 per cento dei beni culturali (ISPRA, 2018). Il problema è estremamente diffuso, dato che più del 90 per cento dei comuni italiani ha almeno una porzione del proprio territorio mappata nelle classi a pericolosità massima.

Le conseguenze economiche delle calamità naturali. – La letteratura economica distingue gli effetti delle catastrofi naturali in effetti diretti e indiretti. I primi sono generalmente negativi e includono (oltre alle vittime e ai feriti) i danni alle infrastrutture, agli edifici e alle case, la perdita di capitale fisico delle imprese o di stock di magazzino. Gli effetti indiretti possono essere sia negativi, come quelli derivanti dall'interruzione dell'attività delle imprese o delle catene di fornitura, che positivi, per esempio i settori coinvolti nella ricostruzione possono registrare un incremento produttivo.

Alcuni studi rilevano come eventi avversi di origine naturale potrebbero accelerare la fuoriuscita dal mercato delle imprese più inefficienti, accrescendo così la produttività aggregata. Combinate con i fondi di ricostruzione, queste dinamiche possono favorire una ripresa economica con tassi di crescita più sostenuti. In un processo di distruzione creativa, il capitale fisico danneggiato potrebbe inoltre essere rimpiazzato e aggiornato alle migliori tecnologie disponibili o sostituito da investimenti in capitale umano (meno esposto ai rischi fisici), con conseguenze positive in termini di crescita. D'altro canto, la distruzione provocata dalla catastrofe potrebbe anche avviare una spirale economica negativa fatta di perdita di capitale, minore crescita della produttività e ulteriore riduzione degli investimenti.

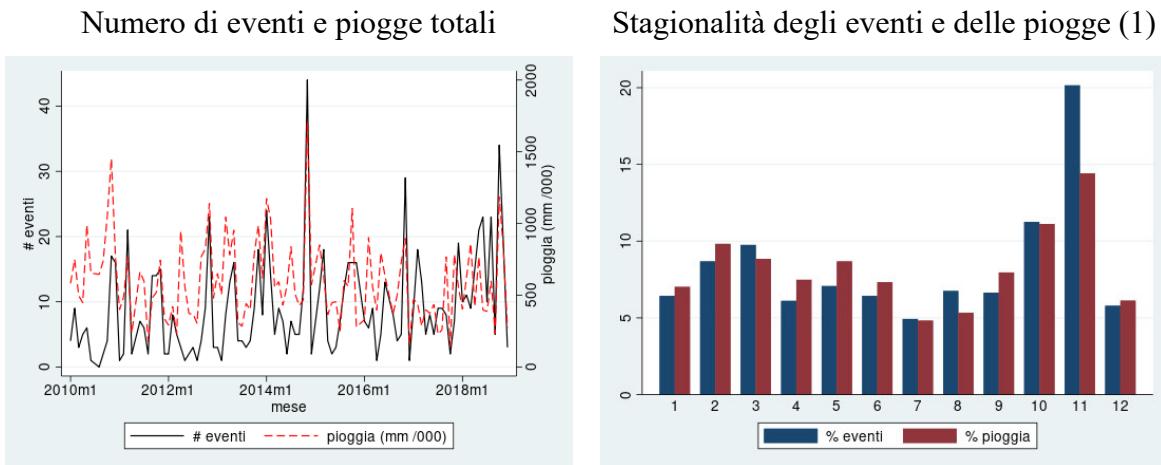
La letteratura empirica ha quindi cercato di stimare gli effetti “netti” delle catastrofi naturali e dei rischi idro-geologici in particolare. I primi studi, basati su dati macroeconomici a livello di paese, non hanno in realtà fornito una risposta univoca (Zhou *et al.*, 2021); più di recente, la disponibilità di dati a livello sub-nazionale, sia sulle variabili economiche di interesse che sulla localizzazione degli eventi, ha dato luogo a studi che suggeriscono impatti per lo più negativi sulla crescita economica locale (Boustan *et al.*, 2017; Strobl, 2011), sui redditi e la spesa delle famiglie e sui valori immobiliari (Anttila-Hughes *et al.*, 2013). Altri studi si sono concentrati sugli effetti dei fenomeni idro-geologici sull'attività delle imprese, in molti casi analizzando l'impatto di singoli eventi estremi (come ad esempio l'uragano Katrina o il tifone Vera). In alcuni contributi sono stati riscontrati effetti positivi sull'accumulazione di capitale delle imprese e sui livelli di occupazione (Leiter *et al.*, 2009) o sulla crescita del valore aggiunto (Coelli *et al.*, 2014), mentre altri hanno mostrato che le catastrofi naturali influenzano sia la probabilità di sopravvivenza delle imprese sia la performance di quelle che rimangono in attività, con effetti eterogenei a seconda delle caratteristiche aziendali (Basker *et al.*, 2018; Okubo *et al.*, 2021).

Una nuova base dati per le frane e le alluvioni. – La nostra ricerca (Clò *et al.*, 2022) si è concentrata sul territorio italiano con l'obiettivo di analizzare e stimare l'impatto delle calamità naturali di natura idro-geologica sul tessuto produttivo nazionale. In particolare, invece di concentrarci su singoli eventi “estremi”, abbiamo analizzato per un arco temporale pluriennale l'impatto di una molteplicità di eventi naturali, la cui frequenza è in aumento anche a causa della crisi climatica in atto. Questo rappresenta una novità e un contributo alla letteratura esistente.

Informazioni sulle frane e le alluvioni che hanno interessato il territorio italiano provengono da una base dati sviluppata dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze grazie ad un algoritmo chiamato SECAGN (*Semantic Engine to Classify and Geotag News*), che ricerca e classifica le notizie di eventi idro-geologici pubblicate sul web. Il sistema ricerca su internet (nel continuo) notizie collegate a frane, alluvioni, inondazioni e fenomeni simili, utilizzando le informazioni contenute negli articoli per classificarli e geo-localizzarli nello spazio, tipicamente a livello comunale. Il database al momento copre un periodo di oltre 10 anni, a partire dal 2010, e contiene informazioni sul tipo di evento (se frana o alluvione), la sua localizzazione, la data, il numero di articoli di fonti diverse collegati all'evento e un insieme di variabili che sono utilizzate per verificare l'accuratezza della localizzazione spaziale e della classificazione della notizia. Rispetto ad altre basi dati sui fenomeni di interesse, il SECAGN ha soprattutto il vantaggio della granularità dell'informazione geografica e quello di basarsi su una procedura quasi del tutto automatizzata, che consente di non dipendere dalla compilazione di report di segnalazione da parte di autorità nazionali o locali, compagnie assicurative o dalle richieste di aiuti per le aree colpite³.

La Figura mostra l'andamento temporale degli eventi considerati⁴ nel periodo analizzato (2010-2018) insieme a quello delle precipitazioni. Le due variabili mostrano una certa correlazione temporale, costituendo le precipitazioni la cosiddetta “forzante climatica” degli eventi idro-geologici, con una chiara stagionalità (concentrazione nei mesi iniziali e soprattutto finali dell’anno).

Figura 5.1 Eventi idrogeologici e piogge per mese



(1) percentuale di eventi e della quantità di pioggia per ciascun mese dell’anno.

Fonte: elaborazioni su dati SECAGN per gli eventi e Agri4Cast per le piogge.

Per analizzare l'impatto di eventi naturali avversi sul tessuto produttivo italiano abbiamo estrapolato dai bilanci aziendali raccolti su base annuale da CERVED Group informazioni relative a immobilizzazioni, fatturato, classe dimensionale, settore ATECO di appartenenza

³ Ad esempio nel database *Severe Storms and Extreme Events* (<https://www.climate.gov/maps-data/dataset/severe-storms-and-extreme-events-data-table>) gli eventi sono rilevati o dai Servizi meteorologici nazionali attraverso strumenti e osservazioni visive, o attraverso tecniche di self-reporting, informazioni ricevute da osservatori che chiamano per segnalare eventi gravi.

⁴ L'analisi si focalizza sugli eventi più severi, definiti come quelli che hanno generato un numero di notizie nel decile superiore della distribuzione del numero di notizie (scalato per la popolazione comunale). Infatti, molti eventi censiti nel database SECAGN hanno al più una notizia collegata e questo potrebbe essere indice di una contenuta rilevanza mediatica dell'evento e quindi, verosimilmente, di una ridotta intensità del fenomeno connesso.

e sede legale di tutte le società di capitale italiane. Alle singole imprese è stato possibile associare il numero di occupati dipendenti (di fonte INPS) e stimarne la produttività totale dei fattori (PTF).

Attraverso un'analisi econometrica abbiamo studiato se, rispetto a imprese con caratteristiche simili localizzate in comuni non interessati da eventi avversi, le aziende dei territori colpiti da frane o alluvioni hanno sperimentato, negli anni successivi all'evento naturale una minore probabilità di sopravvivenza e, per quelle non fuoriuscite dal mercato, una diversa performance economica. Questo approccio ha permesso di stimare gli effetti di eventi idro-geologici sia sul numero di imprese attive (margine estensivo)⁵ sia sull'andamento di quelle sopravvissute (margine intensivo). L'analisi della variazione temporale dell'attività economica prima e dopo l'evento avverso effettuata sulle imprese localizzate nei comuni colpiti rispetto a quelle operanti in comuni non interessati da calamità naturali ha permesso di isolare l'effetto degli eventi catastrofici sulla performance di impresa da altre possibili variabili rilevanti che ne influenzano l'andamento.

Meno imprese, meno fatturato e occupazione. – Un primo risultato della nostra analisi è che, a parità di altre caratteristiche, le imprese localizzate in comuni colpiti da frane o alluvioni hanno in media registrato una probabilità di fallimento superiore del 4,8 per cento rispetto alle aziende in comuni non colpiti⁶. L'effetto è concentrato sulle imprese di dimensioni micro e piccole, mentre non è rilevante per quelle medio-grandi.

Con riferimento alla performance delle imprese sopravvissute, nei tre anni successivi allo shock, i ricavi e gli addetti sono in media inferiori rispettivamente del 4,2 e dell'1,9 per cento rispetto a uno scenario controfattuale di assenza di frane o alluvioni. Il calo del fatturato si manifesta a partire dall'anno in cui si verifica l'evento avverso, quello del numero di occupati dall'anno successivo. Gli effetti si protraggono negli anni seguenti per poi essere sostanzialmente assorbiti dopo circa 4-5 anni.

Ulteriori analisi evidenziano come l'impatto negativo dei fenomeni sia concentrato sulle imprese di minori dimensioni e su quelle delle costruzioni e dei servizi, probabilmente perché buona parte della loro attività è legata all'accessibilità fisica dei luoghi di lavoro. A livello geografico, l'impatto è più accentuato nel Mezzogiorno e nelle zone rurali. Sebbene non sia strettamente oggetto del presente studio, va osservato come quest'ultimo aspetto possa ulteriormente accelerare i processi di spopolamento che interessano molte aree interne italiane, che finiscono spesso per rendere ancora più fragili ed esposte agli eventi naturali queste porzioni di territorio.

Tra i fenomeni considerati, sono soprattutto le alluvioni a colpire l'attività delle imprese. L'impatto negativo è simile tra le aree che ex-ante risultavano più esposte a questo tipo di rischi e quelle che lo erano meno; si può quindi ipotizzare che non ci sia una significativa consapevolezza delle ricadute economiche dei rischi idrogeologici o un'adeguata preparazione e investimento in capacità di adattamento a questo tipo di shock nemmeno nelle zone più esposte. Occorrerebbe quindi un'azione finalizzata a contrastare l'intensificazione di eventi idro-geologici attraverso una combinazione di politiche di mitigazione, adattamento, prevenzione e tutela del territorio.

BIBLIOGRAFIA

⁵ L'analisi del margine estensivo si focalizza unicamente sulle imprese uscenti, mentre non è possibile avere informazioni sulle imprese potenzialmente interessate a entrare nel mercato e valutare l'effetto di frane e alluvioni su questa scelta.

⁶ Nella media del periodo la probabilità di uscire dal mercato in un dato anno è del 4,8 per cento per le imprese colpite, del 4,6 per le altre.

Alpert, P., Ben-Gai, T., Baharad, A., Benjamini, Y. *et al.*, *The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values*, “*Geophys Res Lett*”, 29, 2002.

Anttila-Hughes, J. K. and S. M. Hsiang, *Destruction, disinvestment and death: Economic and human losses following environmental disaster*, “*Political economy: International Political Economy eJournal*”, 2013.

Basker, E. and J. Miranda, *Taken by storm: business financing and survival in the aftermath of Hurricane Katrina*, “*J. Econ. Geogr.*”, 18, 2018, 1285–1313.

Boustan, L.P., Kahn, M.E., Rhode, P.W. and M.L. Yanguas, *The Effect of Natural Disasters on Economic Activity in Us Counties: A Century of Data*, National Bureau of Economic Research, Working Papers, 23410, 2017.

Clò, S., David, F. and S. Segoni, *The impact of Hydro-geological hazards on Italian firms*, mimeo, 2022.

Coelli, F. and P. Manasse, *The impact of floods on firms' performance*, University of Bologna, Working Paper DSE, 946, 2014.

Gariano, S.L. and F. Guzzetti, *Landslides in a changing climate*, “*Earth-science reviews*”, 162, 2016, 227-252.

Haque, U., Blum, P., da Silva, P.F. *et al.*, *Fatal landslides in Europe*, “*Landslides*”, 13, 2016, 1545–1554.

Hoeppe, P., *Trends in weather related disasters – Consequences for insurers and society*, “*Weather and Climate Extremes*”, 11, 2016, 70-79.

ISPRA, *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio*, ISPRA, Rapporti, 287, 2018.

Leiter, A.M., Oberhofer, H. and P.A. Raschky, *Creative disasters? Flooding effects on capital, labour and productivity within European firms*, “*Environ Resour Econ*” 43(3), 2009, 333-350.

Okubo, T. and E. Strobl, *Natural disasters, firm survival and growth: Evidence from the Ise Bay Typhoon, Japan*, “*Journal of Regional science*”, 61(5), 2021, 944-970.

Strobl, E., *The economic growth impact of hurricanes: evidence from US coastal counties*, “*Rev Econ Stat*” 93(2), 2011, 575–589.

UNISDR-CRED, *Economic losses, poverty & disaster 1998-2017*, 2018.

Zhou, F. and W. Botzen, *Firm Level Evidence of Disaster Impacts on Growth in Vietnam*, “*Environmental and Resource Economics*”, 79, 2021, 277–322.

6. CAMBIAMENTO CLIMATICO E TURISMO INVERNALE SULLE ALPI

Gioia Maria Mariani* e Diego Scalise*

Classificazione JEL: Q51, Q54

Parole chiave: cambiamento climatico, turismo invernale.

Introduzione. – Il cambiamento climatico avrà importanti ripercussioni sull’industria turistica in Italia, soprattutto nella sua componente montana, che rischia di essere tra i comparti più esposti all’aumento delle temperature e al calo delle precipitazioni nevose, condizione fondamentale per l’esercizio degli sport invernali, fattore attrattivo determinante per le località alpine.

Il turismo montano è uno dei principali segmenti del settore turistico italiano: prima dell’inizio della pandemia di Covid-19, circa il 13 per cento dei pernottamenti alberghieri in Italia era concentrato in località di montagna e la spesa dei viaggiatori stranieri in queste ammontava a circa 2 miliardi di euro (su un totale di oltre 28 miliardi). Una parte consistente dei turisti è attratta dalla possibilità di praticare gli sport invernali, che dipendono dalla frequenza e dall’affidabilità delle precipitazioni nevose. Allo stesso tempo, l’arco alpino sarà una delle zone in cui sarà più intenso l’aumento delle temperature, fino a tre volte maggiore rispetto alla media dell’emisfero boreale¹: la maggiore temperatura media, così come la diminuzione delle precipitazioni nevose, comprometterebbe la fruibilità degli impianti sciistici e di riflesso l’attrattività delle località turistiche montane. Gli impatti potrebbero essere particolarmente severi in un contesto in cui l’attività economica è scarsamente diversificata e molto concentrata dal punto di vista geografico.

In un recente lavoro (Mariani e Scalise, 2022) abbiamo tentato di quantificare l’effetto del cambiamento climatico sui flussi turistici diretti verso le località alpine nella stagione invernale, concentrando sia sul numero di passaggi negli impianti di risalita sia sul numero di pernottamenti nei comuni alpini. L’uso di due variabili di *outcome* ci permette di analizzare due diversi fenomeni: l’utilizzo degli impianti è infatti indicativo di quanto le condizioni climatiche permettano di praticare gli sport invernali, mentre i pernottamenti catturano la domanda di turismo in senso più ampio e riflettono anche la capacità di una località di attrarre turisti anche grazie alle altre *amenities*.

Lo studio si innesta nel recente filone di letteratura sulla stima degli impatti del cambiamento climatico sull’industria turistica. Le analisi hanno finora riguardato soprattutto la relazione tra il cambiamento climatico e la domanda di turismo nell’arco dell’intero anno, mentre le stime sullo specifico segmento invernale sono ancora limitate: in Falk (2010) si trova una rassegna della letteratura, che si è concentrata finora su due diversi filoni, guardando sia all’effetto delle mutate condizioni ambientali sull’offerta turistica, sia alle variazioni della domanda in risposta a queste ultime. Nello stesso studio viene stimata per gli impianti austriaci una relazione positiva tra le condizioni della neve e i pernottamenti invernali, di

* Banca d’Italia.

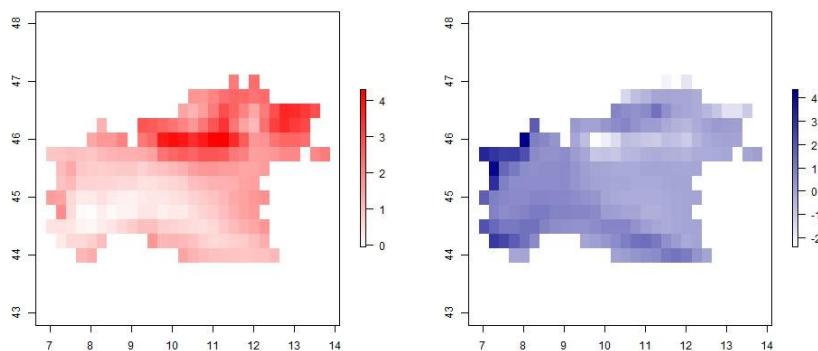
¹ Dichiarazione dei Ministri dei paesi membri al termine della Conferenza Alpina del 2006. La Conferenza è l’organo supremo della Convenzione Alpina, istituita nel 1991 tra i paesi toccati dall’arco Alpino allo scopo di implementare una comune politica di protezione e sviluppo montana. I Ministri responsabili delle parti contraenti ed i loro delegati si riuniscono di norma ogni due anni. Le loro riunioni sono presiedute dalla parte contraente che esercita la Presidenza della Convenzione. In qualità di organo politico e decisionale, la Conferenza delle Alpi discute gli obiettivi della Convenzione delle Alpi e ne determina le misure politiche per l’attuazione.

maggiori entità per i *resort* situati a bassa quota. Per quanto riguarda l'Italia alcuni studi, in assenza di dati più granulari, hanno riguardato il numero di pernottamenti a livello regionale e hanno trovato un impatto negativo del riscaldamento globale (Bigano *et al.*, 2006). Gli effetti sarebbero più intensi nelle zone di minore altitudine, dove non sarebbe garantita la copertura nevosa necessaria per il funzionamento degli impianti sciistici: in particolare, Abegg *et al.* (2007) stimano che un aumento di 1° della temperatura sarebbe sufficiente per alzare la linea di affidabilità della neve sull'arco alpino fino a rendere non più praticabili tutti gli impianti del Friuli-Venezia-Giulia e circa il 30 per cento di quelli in Veneto, Lombardia e Trentino.

Grazie all'uso di dati a livello di comprensorio turistico, il nostro studio mira a fornire un'evidenza più precisa del danno per alcune regioni del Nord Italia: analizzando l'impatto sul numero di passaggi negli impianti sciistici in una stagione, il lavoro si concentra sulla parte di domanda turistica che, essendo legata soprattutto agli sport invernali, risponde più prontamente a modifiche delle condizioni climatiche. L'analisi dei pernottamenti permette di studiare la perdita dovuta alla parte della domanda meno elastica alle condizioni climatiche, offrendo anche evidenze a supporto dell'importanza della diversificazione dell'offerta turistica in attività diverse dallo sci di discesa.

I dati: il cambiamento climatico nell'arco Alpino. – Il dataset che abbiamo costruito contiene informazioni su pernottamenti e utilizzo degli impianti di risalita per i comprensori turistici di Valle d'Aosta e Trentino Alto Adige in un arco temporale che va dal 2001 alla stagione invernale 2018-2019, in modo da escludere il periodo di inizio della pandemia di Covid-19. La fonte dei dati sono gli uffici statistici regionali. La disponibilità dei dati non permette di investigare l'effetto sull'intero arco alpino, ma le regioni oggetto di analisi rappresentano più dei due terzi del totale dei pernottamenti connessi con il turismo montano. Inoltre confrontando località abbastanza lontane è possibile sfruttare una sufficiente variazione nelle variabili climatiche allo scopo della stima dell'effetto di interesse. La fonte delle variabili climatiche è invece il database Copernicus, realizzato su iniziativa della Commissione europea, dal quale si ricavano le informazioni sulla temperatura media al suolo e il tasso di precipitazione nevosa, con il quale viene calcolata la quantità di neve caduta nel corso del periodo oggetto di analisi (a seconda della variabile dipendente, l'intera stagione invernale o il mese). Durante il periodo osservato la temperatura media nella stagione è significativamente aumentata, soprattutto nelle zone del Nord Est italiano, dove l'altitudine è minore: nella stessa area si è osservata anche una diminuzione della quantità di neve caduta.

Figura 6.1 Differenza tra la stagione invernale 2001 e 2019
(temperatura (°C) e metri di neve)



Fonte: Elaborazioni su dati Copernicus.

Utilizzando i dati di contesto di fonte Istat relativi all’offerta ricettiva dei comuni, alla loro altitudine e distanza dai centri urbani e alla presenza di attrazioni culturali o alternative allo sport si inseriscono nella analisi le caratteristiche osservabili del comprensorio, in modo tale da controllare per le possibili fonti di eterogeneità nella domanda turistica: le località valdostane hanno una maggiore altitudine, tendono ad avere meno abitanti e coerentemente hanno un’offerta ricettiva più limitata e più concentrata nel supporto allo svolgimento degli sport invernali legati alla neve. Nell’analisi si tiene conto anche dell’offerta culturale, che potrebbe incidere sulla scelta della destinazione da parte dei turisti, della distanza media da una grande città e della struttura economica del comune, indicata dalla quota di occupati nel settore commerciale.

Metodologia e risultati. – Le nostre stime sfruttano sia la dimensione temporale sia quella spaziale della base dati per quantificare nella maniera più precisa possibile l’effetto delle variabili climatiche sui flussi turistici, tenendo conto delle differenze osservabili e non osservabili tra comprensori. In particolare il modello panel con effetti fissi ci permette di stimare la relazione tra condizioni climatiche e flussi turistici al netto delle caratteristiche fisse nel tempo dei comprensori, come l’altitudine o la latitudine alla quale sono collocati, e di shock che hanno colpito allo stesso tempo le diverse unità di osservazione in un determinato anno (per esempio la crisi economico finanziaria del 2009 o eventi di grande siccità che hanno colpito tutto l’arco alpino).

I nostri risultati indicano che, in media, nel periodo considerato un metro in meno di neve nel corso della stagione è associato a una diminuzione dell’1,3 per cento di passaggi negli impianti, a parità di altre condizioni. Le proiezioni al 2100 prevedono che il calo della neve caduta in inverno sia tra il 30 e il 45 per cento (EURO-CORDEX, 2014), a causa di minori frequenza e intensità delle nevicate. Secondo le nostre stime, una riduzione del 40 per cento nella quantità di neve in una stagione implicherebbe in media una diminuzione del 7 per cento di passaggi negli impianti, che potrebbe essere ben più severa nelle località che si trovano più a bassa quota. L’innevamento artificiale non appare in grado di per sé di sostenere la domanda turistica legata agli sport invernali. I risultati sono confermati analizzando la relazione tra variabili climatiche e pernottamenti mensili nelle strutture ricettive, sebbene in questo caso la relazione con le precipitazioni nevose sia meno forte. Allo stesso tempo, le località alpine caratterizzate da una più ampia e varia offerta ricettiva e culturale ospitano un maggior numero di visitatori, a parità di condizioni climatiche, apparendo maggiormente in grado di attirare clienti non sciatori.

Con questo lavoro abbiamo fornito una prima evidenza a livello granulare della relazione tra flussi turistici e cambiamento climatico, inteso come variazioni nelle precipitazioni nevose. Le nostre stime dimostrano che gli impatti potrebbero essere consistenti, soprattutto per le località che si trovano a bassa quota. Come richiamato già dai Ministri dei paesi membri al termine della Conferenza Alpina del 2006, è necessario valutare con attenzione una strategia di adattamento che non includa solo l'innevamento artificiale, particolarmente dispendioso dal punto di vista sia economico sia energetico. Un'offerta ricettiva e culturale più ampia e diversificata sembra invece essere in grado di incrementare le presenze turistiche. Appare, dunque, cruciale ampliare l'offerta turistica con attività non strettamente connesse alla neve e investire in infrastrutture e programmi in grado di sostenere e spingere altri tipi di turismo, come quello legato ai congressi, ai centri benessere o agli sport invernali non legati alla presenza di neve.

La nostra ricerca beneficerebbe dell'estensione del dataset sia dal punto di vista geografico che temporale, in modo da irrobustire le nostre stime e cogliere anche relazioni di più lungo periodo. Un ulteriore spunto di analisi potrebbe essere dato dagli effetti di sostituzione nel corso dell'anno, dal momento che il turismo estivo montano viene spesso indicato come un potenziale beneficiario del riscaldamento globale, che renderebbe invece più inospitali le zone balneari nel Mediterraneo: l'evidenza empirica in proposito è ancora limitata e non è univoca, dato che anche l'ecosistema montano estivo potrebbe risentire delle mutate condizioni climatiche.

BIBLIOGRAFIA

- Abegg, B., Agrawala, S., Crick, F. and A. Montfalcon, *Climate change impacts and adaptation in winter tourism*, In: Agrawala, S., (Eds.): *Climate change in the European Alps*, OECD Publishing, Paris, 2007, pp. 25-60.
- Banca d'Italia, *Turismo in Italia. Numeri e potenziale di sviluppo*, Seminari e convegni, n. 23, dicembre 2018.
- Bigano, A., Hamilton, J. M. and R.S.J. Tol, *The Impact of Climate Change on Domestic and International Tourism: A Simulation Study*, FEEM Working Paper, No. 86, 2006.
- Conferenza Alpina, *Dichiarazione dei Ministri dei paesi membri sul cambiamento climatico*, 2006.
- EURO-CORDEX, *New High-Resolution Climate Change Projections*, “European Impact Research Regional Environmental Changes”, 14, 2014, pp. 563-578.
- Falk, M., *A Dynamic Panel Data Analysis of Snow Depth and Winter Tourism*, “Tourism Management”, 31(6), 2010, pp. 912-924.
- IPCC, *Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, in *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, 2007.
- IPCC, *Technical paper on climate change and water*, Geneva, 2008.
- Mariani, G.M. and D. Scalise, *Climate Change and Winter Tourism: Evidence from Italy*, mimeo, 2022.
- OECD, *Climate Change in the European Alps: Adapting Winter Tourism and Natural Hazards Management*, OECD, Paris, 2007.

7. IL CALDO “RAFFREDDA” I MERCATI? CAMBIAMENTI CLIMATICI E RICERCA DI CASE

Michele Cascarano e Filippo Natoli *

Classificazione JEL: C78, G1, Q54, R21, R31

Parole chiave: ricerca di case, temperature, cambiamento climatico, ricerca online.

Introduzione. – Negli ultimi anni la letteratura riguardante gli effetti economici dei cambiamenti climatici ha visto una forte espansione (si vedano Dell *et al.*, 2014 e Carleton and Hsiang 2016 per una rassegna). In particolare, studi recenti hanno riscontrato come, anche nelle economie avanzate, temperature sfavorevoli abbiano avuto negli ultimi decenni un impatto negativo sul valore aggiunto in un alto numero di settori produttivi, compreso quello immobiliare (Colacito *et al.*, 2019).

Le analisi effettuate circa le ripercussioni dei cambiamenti climatici sul settore immobiliare, principale fonte di ricchezza delle famiglie in molti paesi, hanno tuttavia riguardato principalmente un altro fenomeno naturale, ovvero l’innalzamento del livello dei mari, che comporta rischi per il patrimonio immobiliare localizzato in prossimità delle coste. Al contrario, evidenze circa gli effetti delle temperature sui prezzi degli immobili sono ad oggi limitate. I pochi studi disponibili, a partire da Roback (1982), si sono concentrati per lo più sulla relazione di lungo periodo tra la presenza di “amenità climatiche” (tra cui una temperatura mite) in specifiche aree geografiche e la crescita urbana, con ricadute sui prezzi delle case (Blomquist *et al.*, 1988; Kahn, 2009; Bunten e Kahn, 2014; Albouy *et al.*, 2016; Galinato e Tantikharnchana, 2018). Tuttavia, le temperature possono avere un impatto sulla domanda e offerta delle case anche attraverso altri canali, ancora inesplorati, relativi al processo di ricerca di abitazioni.

Caldo e prezzi di vendita. – Alcune evidenze che riguardano il mercato immobiliare italiano suggeriscono che le temperature estremamente calde abbiano un effetto negativo sui prezzi delle case anche nel breve periodo. Utilizzando i dati dell’Osservatorio del Mercato Immobiliare per i capoluoghi di provincia italiani negli anni 2009-2019 si evince come all’aumento dei giorni con temperature superiori a 25°C all’interno di un anno seguano, nell’anno successivo, una riduzione dei prezzi medi di vendita degli immobili residenziali. In un nostro recente lavoro (Cascarano e Natoli, 2022) partiamo da questa evidenza per indagare un possibile meccanismo legato all’impatto delle temperature calde sui processi di ricerca degli immobili. È noto, infatti, che le ondate di calore possono danneggiare la salute umana e generare cali della produttività individuale, sia durante il lavoro sia nelle attività di svago svolte all’aperto; inoltre è documentato che, a seguito di fenomeni climatici intensi, l’attenzione circa i rischi futuri legati a tale fenomeno aumenta sensibilmente (Choi *et al.* 2020, tra gli altri). Pertanto il caldo estremo, espressione diretta dei cambiamenti climatici, potrebbe avere un impatto negativo sul processo di ricerca di case: sia aumentando, in media, i costi di ricerca degli immobili e la probabilità di accordo tra acquirenti e venditori, sia orientando le preferenze dei primi verso case che offrono una maggiore protezione (anche in termini di costi di climatizzazione) da ondate di calore sempre più frequenti.

Effetti sulla ricerca di immobili e sulle compravendite. – Per esplorare la connessione tra temperature elevate e ricerca di case, il lavoro si avvale di diverse fonti di dati con l’obiettivo

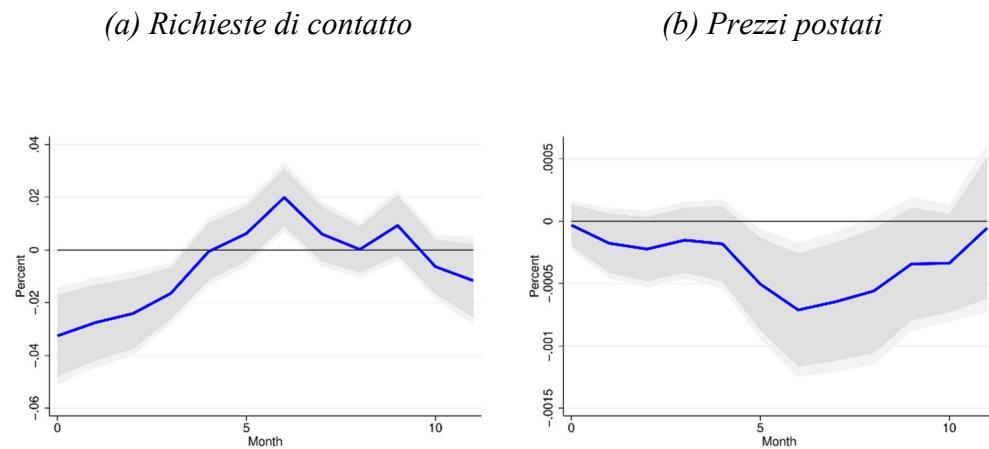
* Banca d’Italia.

di documentare l'impatto nelle diverse fasi del processo di ricerca: poiché tale processo può essere in parte svolto via web, si considerano i dati relativi alla ricerca online e a quella fisica. Per quella online, si utilizzano le informazioni ottenute da circa 10 milioni di annunci di case in vendita pubblicati sulla principale piattaforma di servizi immobiliari in Italia (Immobiliare.it); per la ricerca fisica, si considerano gli appuntamenti presi da acquirenti e venditori con agenti immobiliari (Tecnocasa) e il numero di compravendite effettuate nelle varie città (dati forniti dal Notariato). L'intera analisi è svolta per i capoluoghi di provincia italiani a livello mensile nel periodo 2016-2019.

Le analisi econometriche effettuate su tali dati mostrano che un aumento dell'incidenza mensile di giornate con temperatura media superiore ai 25°C riduce la ricerca di alloggi, sia online che fisica, aumentando i tempi di vendita degli immobili. Per quanto riguarda la ricerca online, ciò si manifesta attraverso una significativa riduzione del numero di visualizzazioni (click) e richieste online di contatto per singolo annuncio. Tale effetto è visibile nel pannello (a) della Figura, in cui si mostra l'impatto su queste ultime, su un orizzonte di 12 mesi, di un aumento del numero di giornate eccessivamente calde all'interno di un mese. A ciò si aggiunge un calo degli appuntamenti fisici registrati dalle agenzie immobiliari con acquirenti e venditori, che implicherebbe una riduzione sia dello spessore del mercato (dato dal rapporto fra acquirenti e venditori) sia della sua ampiezza complessiva (somma di acquirenti e venditori). Da notare che, in base a un'analisi di robustezza, l'impatto negativo delle temperature sulla ricerca online e sugli appuntamenti si ravvisa solo in concomitanza di temperature estremamente calde: tale risultato aggiunge un elemento importante alla letteratura che documenta effetti non-lineari delle temperature, ad esempio sulla salute umana (Barreca *et al.*, 2016), estendendo tale risultato anche ai processi di ricerca esposti al rischio di temperature sfavorevoli.

Gli effetti delle temperature elevate sulla ricerca di abitazioni hanno implicazioni sulla dinamica dei mercati immobiliari locali: una diminuzione della domanda e degli appuntamenti è accompagnata, con un ritardo di alcuni mesi, da una riduzione delle compravendite.

Figura 7.1 Elasticità della domanda online e dei prezzi postati alla temperatura



Nota: I due pannelli mostrano le funzioni di risposta all’impulso stimate secondo l’approccio di Local Projections (LP) di Jordà (2005). Per ogni mese successivo allo shock di temperatura la linea blu rappresenta l’elasticità risultante dalla stima del modello LP. La variabile dipendente è il logaritmo delle visite (pannello (a)) o il prezzo pubblicato (pannello (b)). L’area in grigio scuro rappresenta la banda di confidenza al 90 per cento, quella in grigio chiaro al 95 per cento.

Fonte: Immobiliare.it, JRC MARS Meteorological Database

Effetti sui prezzi richiesti dai venditori. – Il calo dell’attività di mercato si ripercuote sui prezzi richiesti dai venditori: a seguito di mesi particolarmente caldi, i prezzi dei singoli annunci scendono significativamente (Figura, pannello b). Gli effetti rilevati sulla ricerca e vendita di alloggi possono essere così quantificati: se il numero dei giorni molto caldi aumenta di un solo giorno all’interno del mese, gli appuntamenti presi con acquirenti e venditori in quel mese si riducono entrambi di circa il 2%. Se questo aumento delle giornate calde si estendesse, in media, a tutti i mesi dell’anno, provocherebbe un calo annuo dei prezzi richiesti di circa il 4%, con implicazioni dirette sui prezzi di vendita.

Impatti differenziati: case più resistenti alle temperature elevate e abitazioni in affitto. – Le temperature elevate hanno anche un impatto differenziato tra diverse tipologie di abitazioni all’interno delle città. In particolare il rallentamento della domanda risulta meno forte per le case con caratteristiche di maggiore resilienza a climi caldi (che hanno spazi aperti o una maggiore efficienza energetica). Ciò è compatibile con un possibile aumento dell’attenzione, in periodi di caldo estremo, verso i rischi climatici, che renderebbe i potenziali acquirenti più attenti alla resilienza climatica degli immobili, sostenendone maggiormente la domanda. Tali eterogeneità potrebbero giustificare l’effetto sui prezzi richiesti più persistente di quello riscontrato sulla ricerca degli immobili e sulle compravendite totali: in tale prospettiva, nonostante in aggregato la ricerca riprenda quando l’episodio di caldo estremo si è esaurito, questo potrebbe non accadere per la ricerca di immobili meno resistenti ai rischi climatici, la cui domanda calerebbe in modo persistente a favore degli immobili maggiormente resilienti a climi caldi.

Oltre a differenze per tipo di immobile, gli effetti risultano più deboli nel caso di annunci di affitto anziché di vendita. Tale evidenza potrebbe essere semplicemente ascrivibile al fatto che l’affitto può rappresentare una necessità più urgente (quindi meno procrastinabile) dell’acquisto; tuttavia potrebbe anche dipendere dal fatto che l’affitto, a differenza

dell'acquisto, non comporta un impegno – e quindi l'assunzione di rischi – a lungo termine ed è, di conseguenza, meno sensibile ai rischi climatici.

Conclusioni. – Nel complesso i nostri risultati suggeriscono che il cambiamento climatico è in grado di influenzare il mercato immobiliare anche per mezzo degli effetti diretti delle alte temperature sulla ricerca degli immobili e che sia dal lato della domanda sia da quello dell'offerta si stiano sviluppando strategie di adattamento a temperature sempre più elevate. Più in generale l'analisi documenta un effetto delle variazioni meteorologiche sull'attività dell'uomo, che va oltre quello diretto sulla salute umana, e che potrebbe estendersi a qualsiasi forma di ricerca attiva svolta all'aperto o in luoghi non climatizzati (ad esempio, la ricerca di lavoro in alcuni settori produttivi).

BIBLIOGRAFIA

- Albouy, D., Graf, W., Kellogg, R. and H. Wolff, *Climate amenities, climate change and American quality of life*, “Journal of the Association of Environmental and Resource Economists”, 3(1):205–246, 2016.
- Barreca, A., Clay, K., Deschenes, O., Greenstone, M. and J. S. Shapiro, *Adapting to climate change: The remarkable decline in the US temperature-mortality relationship over the twentieth century*, “Journal of Political Economy”, 124(1):105–159, 2016.
- Blomquist, G. C., Berger, M. C. and J. P. Hoehn, *New estimates of quality of life in urban areas*, “The American Economic Review”, 78(1):89–107, 1988.
- Bunten, D. M. and M. E. Kahn, *The Impact of Emerging Climate Risks on Urban Real Estate Price Dynamics*, NBER Working Papers 20018, National Bureau of Economic Research, Inc., 2014.
- Carleton, T.A. and S.M. Hsiang, *Social and economic impacts of climate*, Science 353, aad9837, 2016.
- Cascarano, M. e F. Natoli, *Il caldo “raffredda” i mercati? Cambiamenti climatici e ricerca di case*, mimeo, 2022.
- Choi, D., Gao, Z. and W. Jiang, *Attention to Global Warming*, “The Review of Financial Studies”, 33(3):1112–1145, 2020.
- Colacito, R., Hoffmann, B. and T. Phan, *Temperature and Growth: A Panel Analysis of the United States*, “Journal of Money, Credit and Banking”, 51(2-3):313–368, 2019.
- Dell, M., Jones, B. F. and B. A. Olken, *Temperature shocks and economic growth: Evidence from the last half century*, “American Economic Journal: Macroeconomics”, 4(3):66–95, 2012.
- Galinato, G. I. and P. Tantihkarnchana, *The amenity value of climate change across different regions in the United States*, “Applied Economics”, 50(37):4024–4039, 2018.
- Kahn, M., *Urban growth and climate change*, “The Annual Review of Economics”, 1:333–349, 2009.
- Roback, J., *Wages, rents and the quality of life*, “Journal of Political Economy”, 90:1257–1278, 1982.

8. TEMPERATURE E ATTIVITÀ ECONOMICA: TRA PASSATO E FUTURO

Michele Brunetti, Paolo Croce, Matteo Gomellini, Paolo Piselli*

Classificazione JEL: N00, O44 Q54

Parole chiave: cambiamento climatico, crescita economica, lungo periodo.

Introduzione. – Risposte efficaci ai cambiamenti climatici richiedono stime degli effetti economici aggregati. Per questo motivo negli anni recenti vi è stato un incremento significativo degli studi sulle relazioni tra clima ed economia, con l’obiettivo di misurare le potenziali conseguenze economiche del cambiamento climatico e comprenderne i meccanismi¹. Nel nostro lavoro (Brunetti *et al.*, 2022) proponiamo una valutazione di lungo periodo degli effetti sul PIL pro capite italiano dell’aumento della temperatura². In particolare lo studio ricostruisce la dinamica delle temperature a livello provinciale per il territorio italiano dalla fine del XIX secolo e ne stima gli effetti sull’economia disegnando anche possibili scenari futuri.

Gli studi cross country. – A livello internazionale sono state prodotte molte evidenze che mostrano come l’aumento delle temperature influisca negativamente sull’attività economica attraverso un’ampia gamma di canali quali la contrazione della produzione agricola, la riduzione della produttività dei lavoratori, la flessione degli investimenti in alcuni settori più sensibili alle conseguenze del riscaldamento globale. Gli effetti sono più spesso non lineari ed eterogenei nel tempo e nello spazio (Burke, Hsiang e Miguel, 2015). In uno scenario di cambiamento climatico non mitigato alcune simulazioni suggeriscono che gli aumenti di temperatura attesi entro il 2100 possono determinare una perdita di prodotto non trascurabile. L’entità stimata degli effetti è diversa, ma le stime sono univoche nell’indicare riduzioni del prodotto mondiale che variano, a seconda degli scenari climatici considerati, in un range tra il 2% e il 14% alla fine del secolo (cfr. ad esempio Acevedo *et al.*, 2018; Kalkuhl e Wenz, 2020; Newell, Prest e Sexton, 2021).

Gli studi sull’Italia. – Per l’Italia sono state effettuate diverse valutazioni (principalmente all’interno di analisi *cross-country*) sugli effetti economici a livello aggregato. In particolare Carraro, Crimi e Sgobbi (2008) esaminano uno scenario di aumenti della temperatura contenuti a fine secolo in circa +1°C rispetto al 2001: il PIL al 2050 sarebbe tra lo 0,12% e lo 0,2% inferiore rispetto al livello che si avrebbe in assenza di aumenti della temperatura. Gli impatti e i costi aumenterebbero però in modo esponenziale nella seconda metà del secolo, con una riduzione del PIL nel 2100 fino a sei volte maggiore. McCallum *et al.* (2013), in un rapporto internazionale, esaminano scenari climatici più estremi con aumenti di temperatura fino a +3,7°C al 2100 che produrrebbero una riduzione del PIL in Italia del 2% già al 2050.

* Michele Brunetti: Istituto di Scienze dell’Atmosfera e del Clima, ISAC-CNR; Paolo Croce, Matteo Gomellini e Paolo Piselli: Banca d’Italia.

¹ Tra i molti riferimenti si vedano: Dell, Jones e Olken (2012 e 2014); Kahn *et al.* (2021).

² Lo studio non misura *direttamente* gli impatti di eventi specifici indotti dall’aumento delle temperature (e.g catastrofi naturali, deterioramento della salute, incremento della mortalità, migrazioni, ecc.), come anche, concentrando sostanzialmente sul PIL quale variabile di interesse, non misura direttamente le perdite di “stock” (danni agli edifici, ai terreni, alle infrastrutture: cfr. E. Ronchi (2019), p. 27. Nondimeno, di questi eventi si tiene indirettamente conto laddove si esaminano gli effetti degli incrementi di temperatura sulla crescita del PIL pro capite.

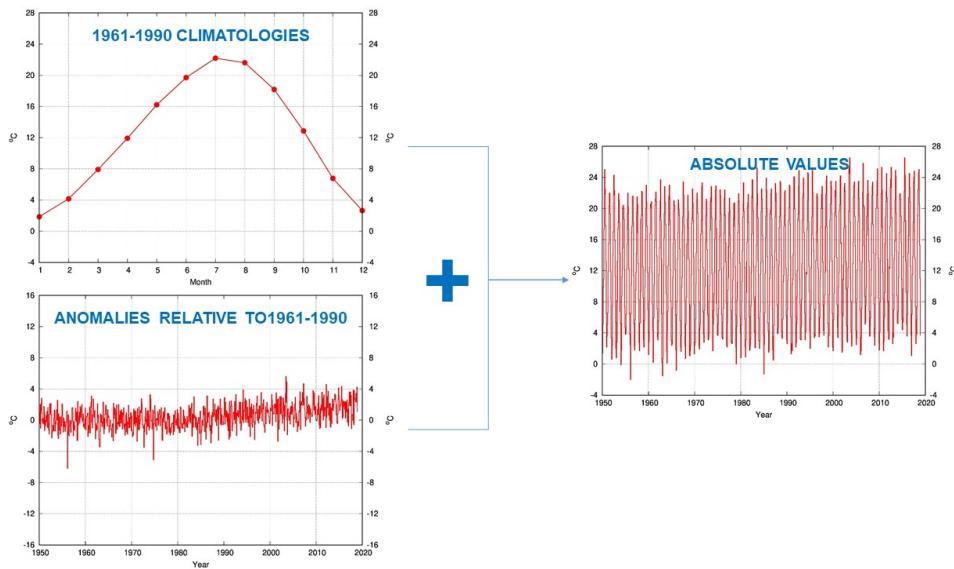
Con riferimento al PIL pro capite, in scenari privi di azioni di mitigazione e aumenti di temperatura di 4°C a fine secolo (rispetto al livello medio 1850-1900), Ronchi (2019) effettua proiezioni di perdite di produzione per l’Italia che si cumulano fino a ottenere un PIL pro capite inferiore del 3,7% nel 2050 e dell’8,5% nel 2080 rispetto al livello che si avrebbe in assenza di aumenti della temperatura. Kahn *et al.* (2021) esaminano 174 paesi sul periodo 1960-2014 e stimano per l’Italia una possibile riduzione del PIL pro capite fino al 7% nel 2100. Infine Olper *et al.* (2021) utilizzano dati a livello provinciale dal 1980 al 2014 e, in uno scenario senza azioni di contenimento o adattamento, stimano effetti di riduzione del PIL pro capite italiano al 2100 rilevanti in particolare al Mezzogiorno (-4,0%) e per il settore agricolo (-35% del valore aggiunto per occupato).

La ricostruzione dei dati sulle temperature. – Un punto centrale della nostra analisi è la ricostruzione dei dati sulle temperature per l’intero territorio nazionale a livello provinciale dalla fine dell’Ottocento. Questa operazione presenta almeno tre criticità. Primo, i valori delle temperature registrati dalle stazioni meteorologiche in Italia per un periodo lungo sono disponibili solo per pochi punti del territorio. Secondo, il numero di stazioni non è costante nel tempo: nuove attivazioni o dismissioni di stazioni complicano la ricostruzione. Infine, i valori di temperatura registrati dalle stazioni mancano spesso di omogeneità, quest’ultima definita come capacità di rilevare dinamiche di temperatura imputabili unicamente alle variazioni meteo, e quindi depurate dalle perturbazioni legate alla storia della stazione, come il cambio di strumenti, il miglioramento delle schermature dalla radiazione solare, lo spostamento degli strumenti o della stazione stessa in altro luogo.

Per superare questi problemi si è adottato un metodo di ricostruzione chiamato *metodo delle anomalie*³ che si articola in tre stadi (Figura 8.1): nel primo, si calcola un valore medio delle temperature mensili per tutti i punti del territorio sulla base di un dataset relativo a un insieme di stazioni di rilevazione; nel secondo stadio, utilizzando un insieme di stazioni differente, si stimano gli scostamenti annuali da questo valore medio. Dalla combinazione di questi valori (terzo stadio) si ottengono le serie storiche della temperatura media per celle di territorio di 800mt x 800mt circa (più di 400.000 punti) relativamente agli ultimi 150 anni, serie che sono successivamente aggregate a livello provinciale.

³ In sintesi, una serie temporale mensile di una variabile meteorologica viene espressa attraverso un ciclo stagionale medio (climatologia) che si può supporre costante, cui si sovrappongono in ogni istante del tempo le deviazioni (anomalie) da esso. Il metodo dell’anomalia consiste proprio nella ricostruzione indipendente, cioè con due dataset diversi, da un lato della climatologia per un dato periodo di riferimento, e dall’altro delle anomalie (M. Brunetti, M. Maugeri, F. Monti e T. Nanni, 2006).

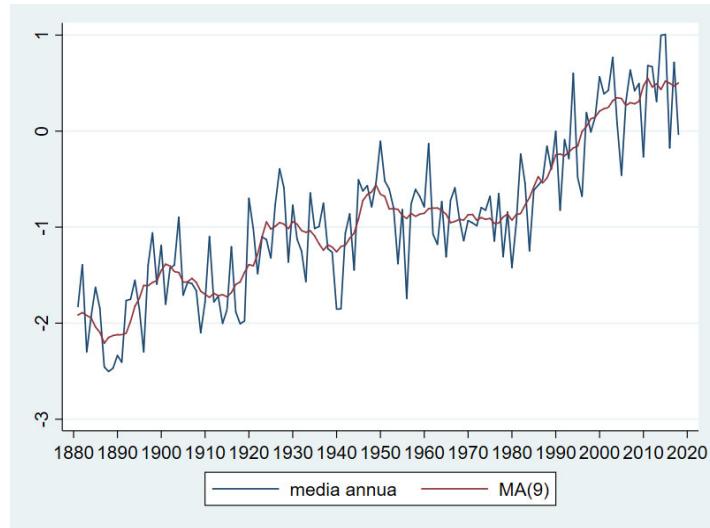
Figura 8.1 Schema di ricostruzione delle serie di temperatura nel lungo periodo
(Metodo delle anomalie)



Fonte: Brunetti *et al.* (2006).

La Figura 8.2 mostra l’evoluzione dalla fine dell’Ottocento a oggi della temperatura media. Sulla base di questa ricostruzione la temperatura in Italia è aumentata di circa 2°C tra la fine dell’Ottocento e l’inizio del ventunesimo secolo. L’evoluzione è stata uniforme tra province, con un trend lievemente differenziato tra Nord (più elevato) e Sud⁴.

Figura 8.2 Evoluzione della temperatura media tra il 1880 e il 2020
(scostamento rispetto alla media del periodo 1990-2000)



Fonte: nostra ricostruzione.

⁴ I motivi di questo lieve differenziale nei trend di temperatura lungo l’asse Nord-Sud del paese sono oggetto di studio tra i climatologi i quali hanno avanzato l’ipotesi che esso dipenda principalmente dalla maggiore esposizione del Sud alle polveri desertiche che creano un effetto di “dimming” limitando la radiazione solare sulla superficie terrestre. Cfr. Brunetti *et al.* (2016).

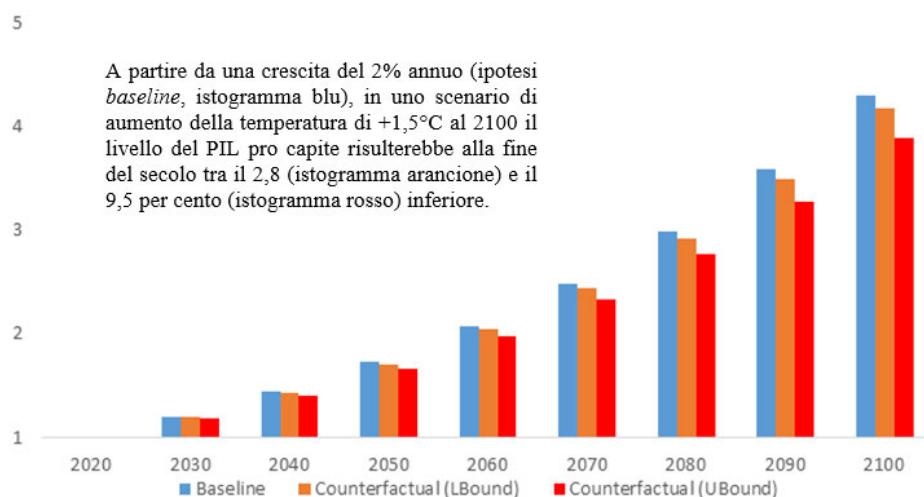
Il lungo periodo. – L’analisi proposta in questo lavoro si caratterizza per la misurazione degli impatti del riscaldamento su un orizzonte di lungo periodo utilizzando variazioni nelle medie decennali nei dati. Con questo approccio gli effetti degli aumenti di temperatura possono risultare differenti da quelli esaminati su periodi brevi, prevalendo in questi ultimi una variabilità meteorologica non imputabile a cambiamenti climatici persistenti. Inoltre, l’analisi di lungo periodo può incorporare processi di adattamento o di intensificazione e produrre risultati più idonei per essere proiettati nel futuro su un orizzonte temporale anch’esso di lungo periodo. L’adattamento può derivare dal processo di sviluppo che si è tradotto (e si tradurrà) nell’adozione di innovazioni tecnologiche, come anche nel mutamento di composizione delle attività economiche verso attività con diversa sensibilità al riscaldamento. L’intensificazione può emergere dalle caratteristiche di non linearità nella relazione tra temperature e attività economica, tali per cui oltrepassata una certa soglia di temperatura gli effetti negativi del riscaldamento globale possono risultare più intensi.

Risultati. – La relazione tra temperatura media e livello del PIL pro capite dell’Italia su tutto il periodo storico esaminato risulta non lineare, a forma di U rovesciata, con un punto di inversione a circa 15°C oltre il quale la relazione diviene negativa. Gli impatti del livello di temperatura sulla crescita del PIL pro capite valutati nel lungo periodo sono significativi e negativi. Sulla base dei coefficienti stimati si è effettuato un calcolo delle dinamiche future del PIL pro capite che potrebbero prevalere considerando possibili ulteriori aumenti di temperatura fino a fine secolo. A partire da un ipotetico scenario baseline di crescita economica pari al 2% annuo a temperature stabili per i prossimi ottanta anni (che riproduce essenzialmente il trend storico), si è calcolato che se la sensibilità del PIL pro capite all’aumento delle temperature si attestasse sui livelli medi stimati per il ventesimo secolo, un incremento di 1,5°C, coerente per l’Italia con uno scenario intermedio di emissioni future⁵, potrebbe condurre ad avere nel 2100 un livello di PIL pro capite tra il 2,8 e il 9,5% inferiore rispetto allo scenario baseline (Figura 8.3). Ciò equivale a una riduzione del tasso di crescita annuo dal 2 per cento dello scenario baseline, a livelli tra 1,97 e 1,85 per cento.

Infine, oltre alle temperature medie, si è esaminato anche l’impatto della maggior frequenza di temperature elevate. Si è rilevato, in particolare per gli ultimi due decenni del Novecento, quando la frequenza di temperature giornaliere elevate (superiori a 28°C) ha cominciato ad accentuarsi significativamente, come l’incremento di tale frequenza abbia influito negativamente sul valore aggiunto e sulla produttività in particolare nei settori dell’agricoltura e dell’industria (Figura 8.4).

⁵ Le principali previsioni internazionali formulano diverse ipotesi di crescita delle temperature a livello globale che differiscono sulla base della concentrazione di gas serra nell’atmosfera. Gli scenari fanno riferimento ai livelli di concentrazione dei gas serra, e conseguentemente di temperatura, come scostamento dalla media globale nel periodo 1850-1900 (per l’Italia gli aumenti di temperatura registrati ad oggi sono maggiori di quelli medi a livello globale pari a circa +1°C). L’ipotesi di aumento di un grado e mezzo di temperatura al 2100 rispetto al 2020 è coerente con uno scenario di emissione intermedio SSP2-4.5. Intergovernmental Panel on Climate Change (2021).

Figura 8.3 L'impatto degli aumenti di temperatura sulla dinamica del PIL pro capite nel lungo periodo, 2020-2100
(PIL pro capite 2020=1)

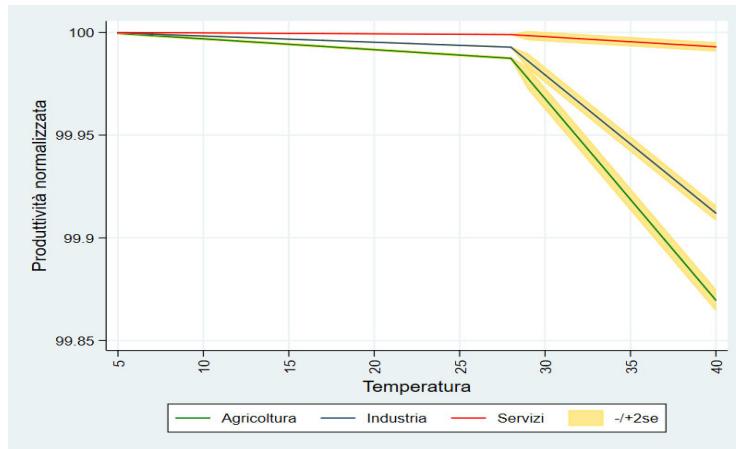


Nota: gli istogrammi mostrano l'evoluzione del livello del PIL pro capite nello scenario base a temperature costanti (istogramma blu) e nel caso di aumento progressivo delle temperature fino a 1,5°C nel 2100 (istogrammi arancione e rosso). Il percorso tracciato dall'istogramma arancione è ottenuto utilizzando il coefficiente più ridotto tra quelli stimati (*LBound* = -0,029), mentre l'istogramma rosso utilizza il coefficiente più elevato (*UBound* = -0,101).

Fonte: nostre elaborazioni.

Figura 8.4 L'impatto degli aumenti nella frequenza di temperature elevate (>28°C) sulla produttività dei macro-settori, 1981-2001

(scostamento rispetto alla media del periodo 1990-2000)



Nota: rappresentazione grafica dei coefficienti della stima lineare a tratti tra temperatura e produttività.

Fonte: nostre elaborazioni.

Conclusioni. – La ricostruzione dei valori di temperatura registrati sul territorio italiano dalla fine dell'Ottocento ci ha permesso di indagare la relazione tra riscaldamento e attività economica su un arco temporale lungo effettuando stime su dati a frequenza decennale.

Questo approccio è utile in quanto consente di superare almeno in parte il problema derivante dall'utilizzo di dati annuali di temperatura che più spesso colgono oscillazioni non persistenti, di tipo meteorologico e non climatico. La relazione tra livelli di temperatura e livelli di PIL pro capite risulta non lineare con effetti negativi oltre una certa soglia. Gli effetti sui tassi di crescita del PIL pro capite sono anch'essi negativi e significativi. Proiettando nel futuro gli impatti di lungo periodo stimati per il passato, si sono calcolate le conseguenze che potrebbero avere (in un quadro di emissioni “intermedio”) incrementi di temperatura di circa +1,5°C entro il 2100. A partire da uno scenario baseline di crescita del PIL pro capite del 2 per cento a temperature stabili, i coefficienti ottenuti dalle stime implicano che gli aumenti di temperatura attesi potrebbero ridurre il livello del PIL pro capite tra il 2,8 e il 9,5% a fine secolo (rispetto a quello che prevarrebbe con temperature stabili). Queste valutazioni, che per la natura dell'esercizio effettuato sono necessariamente connotate da un grado incertezza elevato, risultano coerenti con quelle di altri studi realizzati a livello cross-country.

BIBLIOGRAFIA

- Acevedo, M., Mrkaic, M., Novta, N., Pugacheva, E. and P. Topalova, *The Effects of Weather Shocks on Economic Activity: What are the Channels of Impact?* IMF WP 18/144, 2018.
- Brunetti, M., Maugeri, M., Monti, F. and T. Nanni, *Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series*, “International Journal Of Climatology” 26: 345–381, 2006.
- Brunetti, M., Celozzi, A., Manara, V., Maugeri, M., Sanchez-Lorenzo, A. and M. Wild, *Detection of dimming/brightening in Italy from homogenized all-sky and clear-sky surface solar radiation records and underlying causes (1959–2013)*, “Atmospheric Chemistry Physics”, 16, 2016, 11145–11161.
- Brunetti, M., Croce, P., Gomellini, M. e P. Piselli, *Dinamica delle temperature e attività economica in Italia: un’analisi di lungo periodo*, mimeo, 2022.
- Burke, M., Hsiang, S.M. and E. Miguel, *Global Non-Linear Effect of Temperature on Economic Production*, “Nature” 527(7577): 235–39, 2015.
- Carraro, C., Crimi, J. and A. Sgobbi, *La Valutazione economica degli Impatti dei Cambiamenti Climatici in Italia e delle relative Misure di adattamento*, in Carraro C. (a cura di), *Cambiamenti climatici e strategie di adattamento in Italia*, Il Mulino, Bologna, 2008.
- Dell, M., Jones, B. F. and B. A. Olken, *Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century*, “American Economic Journal: Macroeconomics” 4 (3): 66–95, 2012.
- Dell, M., Jones, B. F. and B. A. Olken, *What do we learn from the weather? The New Climate-Economy Literature*, “Journal of Economic Literature” 52 (3): 740–98, 2014.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, *Summary for Policymakers, In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, edited by Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M. I., Matthews, J.B.R., Berger, S., Huang, M., Yelekçi, O., Yu, R., Zhou, B., Lonnoy, E., Maycock, T. K., Waterfield, T., Leitzell, K., Caud, N., 2021.

Kahn, M.E., Mohaddes, K., Ng, R.N.C., Pesaran, M. H., Raissi, M. and J. Yang, *Long-term macroeconomic effects of climate change: A cross-country analysis*, “Energy Economics”, Elsevier, vol. 104(C), 2021.

Kalkuhl, M. and L. Wenz, *The impact of climate conditions on economic production. Evidence from a global panel of regions*, “Journal of Environmental Economics and Management”, vol. 103, issue C, 2020.

McCallum, S., Dworak, T., Prutsch, A., Kent, N., Mysiak, J., Bosello, F., Klostermann, J., Dlugolecki, A., Williams, E., Konig, M., Leitner, M., Miller, K., Harley, M., Smithers, R., Berglund, M., Glas, N., Romanovska, L., van de Sandt, K., Bachschmidt, R., Voller, S. and L. Horrocks, *Support to the development of the EU Strategy for Adaptation to Climate Change: Background report to the Impact Assessment, Part I –Problem definition, policy context and assessment of policy options*, Environment Agency Austria, Vienna, 2013.

Newell, R.G., Prest, B.C. and S.E. Sexton, *GDP-Temperature relationship: Implications for climate change damages*, “Journal of Environmental Economics and Management”, Vol. 108, July, 2021.

Olper, A. Maugeri, M., Manara, V. and V. Raimondi, *Weather, climate and economic outcomes: Evidence from Italy*, “Ecological Economics”, Elsevier, vol. 189(C), 2021.

Ronchi, E., *Relazione sullo stato della Green Economy*, European Institute on Economics and the Environment, in collaborazione con la Fondazione per lo sviluppo sostenibile e Italy4Climate, 2019.

9. QUANDO FA TROPPO CALDO NE RISENTE LA PERFORMANCE DEGLI STUDENTI, E NON SOLO

Rosario Maria Ballatore¹, Alessandro Palma² e Daniela Vuri³

Classificazione JEL: J21, J24, Q54, O15

Parole chiave: performance degli studenti, abilità cognitive, stress emotivo, temperature, cambiamento climatico.

Introduzione. – Studi recenti dell’Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ipotizzano un aumento di 1,5°C della temperatura globale tra il 2030 e il 2050. Questa variazione, che può apparire piccola, maschera un’ampia eterogeneità geografica, con alcune aree del pianeta che stanno registrando aumenti molto più elevati rispetto alla media globale. Non solo: come documentato di recente dall’ultimo rapporto dell’Organizzazione meteorologica mondiale, la frequenza, la durata e l’intensità delle ondate di calore e di altri eventi climatici estremi sono aumentate drasticamente negli ultimi 15 anni (Zhongming *et al.*, 2021). Nel 2021 durante il caldo eccezionale verificatosi nella seconda settimana di agosto in Europa, una stazione meteorologica nel Sud Italia ha raggiunto i 48,8°C, stabilendo un nuovo record per il continente.

Partendo da queste evidenze è nato un filone della letteratura economica che mira ad analizzare i potenziali effetti negativi dei picchi estremi di temperatura. Tra i campi principalmente indagati vi è quello relativo alle ricadute sui processi educativi (Griff Zivin *et al.*, 2018). In questo contesto, da una parte ci si è concentrati sugli effetti a lungo termine sugli apprendimenti degli studenti, dall’altra su impatti di breve periodo sulla performance cognitiva nelle prove di valutazione. In un nostro lavoro (Ballatore *et al.*, 2022) studiamo proprio quest’ultimo aspetto, indagando l’effetto delle temperature sui risultati degli studenti nelle prove standardizzate di italiano e matematica svolte in Italia tra i 2012 e il 2017.

Lo studio dell’effetto degli shock termici sulle performance degli studenti è importante per diversi motivi. In primo luogo le prestazioni cognitive sono cruciali per molti passaggi importanti della nostra vita. Evidenze di una loro parziale compromissione quando le temperature sono elevate avrebbero implicazioni potenzialmente rilevanti quando si tratta di programmare attività cognitivamente dispendiose (si pensi per esempio ai concorsi pubblici o alle prove di ammissione all’università). Dall’altra parte, dato che i risultati delle valutazioni scolastiche vengono spesso utilizzati per fornire confronti tra diverse aree geografiche all’interno dei paesi (come avviene in Italia) si dovrebbe tenere in considerazione che l’esposizione allo stress termico durante le prove non è la stessa per gli studenti nei diversi territori. Infine temperature costantemente elevate potrebbero produrre non solo effetti transitori ma anche impatti negativi più duraturi, per esempio riducendo l’apprendimento degli studenti, con potenziali ricadute nel lungo periodo sulle probabilità occupazionali, sui salari o sul rischio di finire in condizione di povertà (Deschênes, 2014).

Variazioni della temperatura tra un test e l’altro come un esperimento naturale. – I dati dell’INVALSI ci offrono l’opportunità di studiare il legame tra temperature e performance degli studenti. Attraverso test standardizzati il Sistema nazionale di valutazione (SNV) valuta le competenze di italiano e matematica degli studenti delle classi delle scuole primarie

¹ Divisione Analisi e Ricerca Economica Territoriale. Banca d’Italia – Sede di Cagliari.

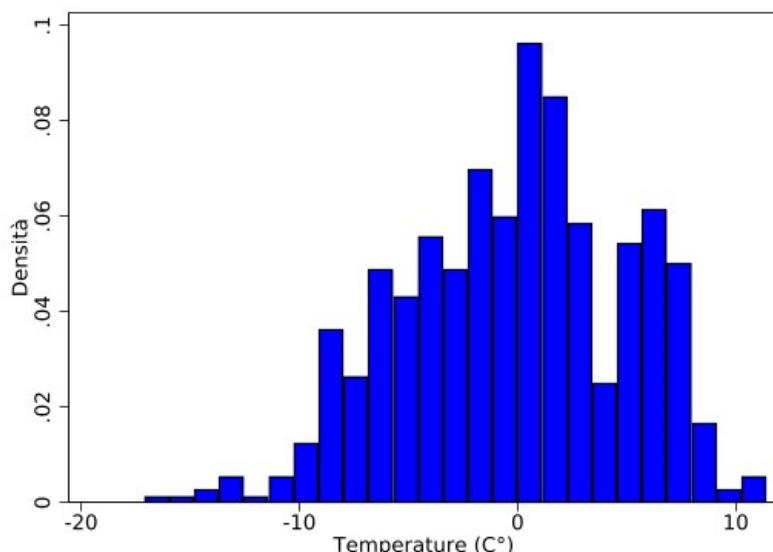
² Gran Sasso Science Institute.

³ Università di Roma Tor Vergata.

(nei gradi 2 e 5), in quelle di secondaria inferiore (nel grado 8) e per gli studenti di seconda superiore (grado 10). I test sono programmati tra la prima metà di maggio e le prime settimane di giugno⁴, periodo in cui le temperature esterne sono in aumento e iniziano a manifestarsi le prime ondate di calore. Utilizziamo le informazioni sulla posizione geografica delle scuole per abbinare i nostri dati sugli studenti, la cui numerosità supera i 3 milioni, alle condizioni climatiche a livello comunale nei giorni delle prove sfruttando le informazioni tratte da Agri-4-Cast, che contiene dati giornalieri sulle temperature minime, massime e medie, come così come sulle precipitazioni e sulla velocità del vento.

La strategia empirica che usiamo per identificare l'effetto causale della temperatura sulle performance degli studenti è molto semplice. La nostra analisi si basa infatti sulla variazione delle temperature osservate per ogni studente durante le giornate delle prove in anni diversi. Ciò che rende questo contesto un esperimento naturale e quindi ottimale per l'identificazione dell'effetto causale è il fatto che le giornate di valutazione sono le stesse per tutto il territorio nazionale e non possono essere modificate dalle scuole o dalle regioni. Inoltre le date delle prove sono fissate all'inizio di ogni anno, rendendo impossibile prevedere – al momento della programmazione – le condizioni climatiche il giorno della prova. La figura 1 riporta gli intervalli delle variazioni della temperatura, mostrando un intervallo di variazione di $\pm 10^{\circ}\text{C}$ tra i giorni delle prove in anni diversi.

Figura 9.1 Distribuzione degli shock di temperatura tra giorni diversi del test



Nota: Pooling di anni scolastici e gradi. Variazioni assolute della temperatura (in gradi C°) tra giorni del test effettuati in anni scolastici e gradi diversi.

Fonte: nostre elaborazioni sui dati di Agri4Cast.

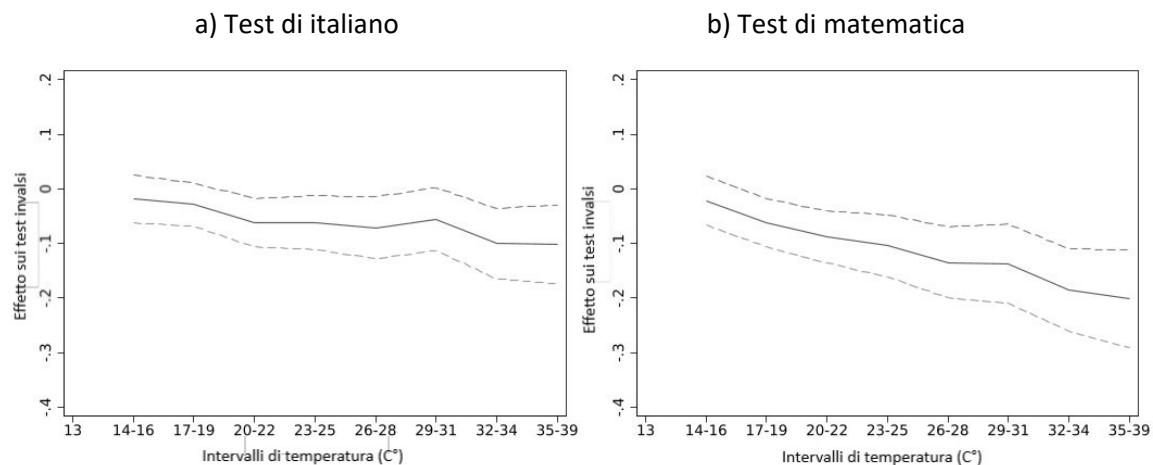
I risultati che abbiamo ottenuto confermano quanto emerge nella letteratura. Le stime⁵ indicano che temperature più elevate nel giorno delle prove riducono in misura statisticamente significativa la performance degli studenti. Gli effetti sono contenuti e differenziati per materia, con quelli per il test di matematica pari al doppio rispetto a quelli in italiano. Questa differenza è stata già evidenziata in letteratura e trova conferma anche negli studi di neuroscienze che indicano che la parte del cervello umano più sensibile alle temperature è quella generalmente dedicata alla risoluzione di operazioni logiche. Sebbene gli effetti complessivi possano apparire piccoli nel confronto con quelli di altri input del processo di apprendimento (come ad esempio quello di avere uno o entrambi i genitori con un titolo di studio elevato), è possibile che gli impatti delle temperature siano non lineari,

⁴ Le prove sono svolte a maggio per gli studenti dei gradi 2, 5 e 10 e a giugno per quelli del grado 8.

⁵ Le stime sono condotte includendo gli effetti fissi individuali.

cioè varino all'aumentare della temperatura. La figura 2 mostra proprio questo aspetto. Sia in italiano (pannello a) sia in matematica (pannello b) gli effetti della temperatura sono più forti quando si verificano picchi estremi.

Figura 9.2 Effetti non lineari delle temperature sui risultati dei test di italiano e matematica



Nota: Pooling di anni scolastici e gradi. Effetti espressi in termini di deviazione standard. Gli effetti sono espressi rispetto alle temperature minori o uguali a 13 gradi C°.

Fonte: nostre elaborazioni sui dati Invalsi e Agri4Cast.

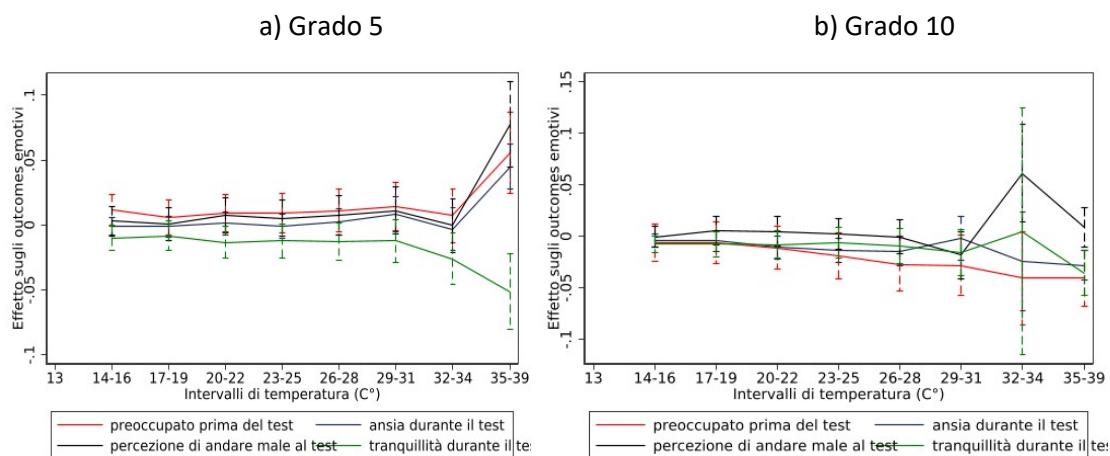
Per essere sicuri dei nostri risultati abbiamo condotto una serie di controlli di robustezza. Abbiamo provato per esempio a utilizzare le temperature rilevate diversi giorni prima o dopo la data dello svolgimento delle prove per escludere che i nostri risultati fossero guidati da un processo sottostante in grado rendere correlati temperature e performance. Se l'effetto che noi stimiamo è quello che deriva da un deterioramento della performance per via delle temperature elevate il giorno dei test non dovremmo osservare effetti significativi quando usiamo le temperature di giorni diversi da quelli delle prove, soprattutto in quelli successivi. Le evidenze da noi riportate vanno esattamente in questa direzione, poiché troviamo effetti nulli delle temperature negli altri giorni.

Un aspetto per nulla affrontato nella letteratura è quello relativo agli impatti potenzialmente diversi per differenti classi di età, nonostante la letteratura medica fornisca evidenze sul fatto che il sistema di termoregolazione del corpo umano migliori con la crescita e lo sviluppo (Van Someren, 2007). Indagare queste eterogeneità è molto importante ai fini delle implicazioni di policy, rendendo possibile una migliore identificazione degli effetti negativi delle temperature estreme e una più precisa programmazione degli interventi di contrasto. Coprendo età molto diverse, i dati a nostra disposizione ci consentono di distinguere gli effetti della temperatura per un intervallo di età che va dai 7 anni del grado 2 della scuola primaria ai 15 degli studenti in seconda superiore. Sia per la matematica sia per l'italiano osserviamo un effetto negativo e significativo di livelli di temperatura elevati sul punteggio del test solo per gli studenti di 7 e 10 anni (gradi 2 e 5). In particolare per questi gradi, gli effetti sul test di italiano diventano significativi per temperature superiori a 34°C, mentre per quello di matematica gli effetti si manifestano a partire dai 31°C. Al contrario sono non diversi da zero per i gradi 8 e 10 in entrambi i domini cognitivi. Nel complesso, questo insieme di risultati mostra che gli studenti all'inizio dell'adolescenza (età 13-15) sono molto meno sensibili allo stress termico rispetto ai pre-adolescenti (età 7-10).

Effetti non solo sulla performance. – È possibile che la temperatura agisca su altri aspetti oltre alla performance cognitiva. Ad esempio, temperature particolarmente elevate potrebbero aumentare lo stress emotivo e la percezione della fatica, aspetti che spesso si rivelano decisivi durante le prove valutative. Per valutare questo problema ci avvaliamo del

questionario somministrato al termine della sessione valutativa unicamente agli studenti dei gradi 5 e 10 che raccoglie informazioni aggiuntive sulle percezioni degli studenti durante le prove. In particolare i dati a nostra disposizione ci consentono di verificare la presenza di effetti della temperatura su quattro aspetti emotivi: i) essere preoccupato prima della prova; ii) la sensazione che il test non stia andando bene; iii) provare ansia durante le prove; iv) sentirsi bene durante il test. I pannelli a e b della Figura 3 mostrano le stime per ciascuna delle quattro variabili, distinguendo per i intervalli di temperatura (come fatto nella figura 2). Il messaggio che ne emerge è chiaro: a temperature estreme, superiori ai 35°C, aumenta lo stress emotivo per gli studenti più piccoli (quelli del grado 5) ma non per quelli del grado 10. Sebbene questi risultati vadano interpretati con cautela, in assenza di un modello teorico che evidenzi i meccanismi che li determinano, queste evidenze sono interessanti anche alla luce della eterogeneità degli effetti sulla performance tra le diverse età degli studenti: gli studenti per i quali osserviamo una maggiore perdita della performance sono infatti anche quelli che sperimentano un più netto deterioramento emotivo.

Figura 9.3 Effetti non lineari delle temperature su alcuni outcomes emotivi



Nota: Effetti espressi in termini punti percentuali e misurano l'incremento (diminuzione) della probabilità che lo studente percepisca una determinata emozione durante o prima lo svolgimento delle prove. Gli effetti sono espressi rispetto alle temperature minori o uguali a 13 gradi C°.

Fonte: nostre elaborazioni sui dati Invalsi e Agri4Cast.

Cosa fare quindi? – In questo lavoro abbiamo utilizzato i dati censuari sui punteggi degli studenti nelle prove standardizzate di italiano e matematica assieme alle informazioni sulle temperature rilevate a livello comunale nei giorni dei test per identificare l'effetto della temperatura sulla performance cognitiva. Le evidenze empiriche indicano effetti negativi soprattutto in matematica, a temperature estreme e per gli studenti più piccoli. Inoltre vi sono segnali di un aumentato stress emotivo durante le prove per gli studenti più piccoli, come per esempio una maggiore ansia e un peggioramento della sensazione di benessere durante le prove. La nostra analisi ha diverse implicazioni di policy. In primo luogo, i nostri risultati potrebbero aiutare i decisori pubblici a progettare strategie efficaci per contrastare gli effetti del caldo estremo sulla performance degli studenti, per esempio migliorando la qualità delle infrastrutture scolastiche con particolare enfasi sulla dotazione di impianti di condizionamento ad oggi poco presenti nelle scuole italiane⁶. In secondo luogo le evidenze sul deterioramento della performance a temperature elevate suggeriscono che una migliore programmazione delle attività valutative nelle scuole (e non solo) è possibile. Un esempio potrebbe essere anticipare la data di svolgimento delle prove oppure prevedere date diverse

⁶I dati raccolti dal Ministero dell'Istruzione e della Ricerca (MIUR) nel 2021 mostrano che meno del 2% degli edifici scolastici ha un impianto di climatizzazione.

per aree differenti del Paese al fine di rendere più uniformi le condizioni di svolgimento dei test tra i territori.

BIBLIOGRAFIA

Ballatore, R.M., Palma, A. and D. Vuri, *In a Hotter World. The Effect of Temperature on Students' Performance*, mimeo, 2022.

Deschênes, O., *Temperature, human health and adaptation: A review of the empirical literature*, “Energy Economics”, 2014, pp. 606–619.

Graff Zivin, J., Hsiang, S. M. and M. Neidell, *Temperature and human capital in the short and long run*, “Journal of the Association of Environmental and Resource Economists”, 5(1), 2018, pp. 77–105.

Van Someren, E. J., *Thermoregulation and aging*, “American Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology”, 292(1), 2007, pp. R99–R102.

Zhongming, Z., Linong, L., Xiaona, Y., Wangqiang, Z. and L. Wei, *WMO State of the Global Climate 2020*, 2021.

10. INFORTUNI SUL LAVORO E INQUINAMENTO

Domenico Depalo* e Alessandro Palma**

Classificazione JEL: I18, J28, J81, Q51, Q53

Parole chiave: inquinamento atmosferico, sicurezza sul lavoro, infortuni sul lavoro, variabili strumentali, riscaldamento invernale.

Introduzione. – Secondo l’Organizzazione Internazionale del Lavoro, ogni anno nel mondo si verificano circa 320 milioni di infortuni non mortali sul lavoro e due milioni di lavoratori perdono la vita. Tali incidenti causano perdita di capitale umano e di competenze lavorative, con gravi ripercussioni economiche e sociali (Pouliakas e Theodossiou, 2013). Data la rilevanza degli infortuni sul lavoro, un’ampia letteratura ne ha analizzato le cause. Benché il ruolo dei processi produttivi e della regolamentazione sia stato ampiamente dimostrato, quello svolto dall’inquinamento è molto meno conosciuto. Nel nostro lavoro (Depalo e Palma, 2022) ci concentriamo sugli effetti della qualità complessiva dell’aria, che in Italia continua a non essere conforme con i limiti posti dalle normative comunitarie.

La letteratura sugli effetti dell’inquinamento nel lungo periodo su mortalità e morbilità è piuttosto consolidata. Evidenze più recenti hanno mostrato che l’inquinamento atmosferico ha effetti anche immediati, per esempio sull’offerta di lavoro (Hanna e Oliva, 2015) e sulla produttività (Graff Zivin e Neidell, 2012; Chang *et al.*, 2016; He *et al.*, 2018; Fu *et al.*, 2021).

La nostra analisi studia per la prima volta gli effetti causali dell’inquinamento atmosferico sugli incidenti sul lavoro, invece che limitarsi alla semplice correlazione tra le due variabili. In particolare, ci concentriamo su infortuni, disabilità, e morte dei lavoratori, tra il 2014 e il 2018, in Italia.

Tale stima presenta due difficoltà principali, che – se non opportunamente considerate – possono condurre a conclusioni sbagliate: 1) la qualità dell’aria dipende in larga parte dal livello di attività economica, che a sua volta aumenta la probabilità di subire un incidente sul lavoro (endogeneità); 2) il comportamento strategico dei lavoratori, che possono decidere di lavorare in posti caratterizzati da una migliore qualità dell’aria o di evitare i periodi in cui i livelli di inquinamento sono più alti.

Per risolvere tali difficoltà, il lavoro adotta un approccio empirico basato sulle variabili strumentali, che sfrutta le regole inerenti all’accensione dei riscaldamenti. L’identificazione dell’effetto causale dell’inquinamento sugli infortuni è possibile grazie al fatto che le regole prestabilite per il riscaldamento invernale, che creano un aumento di emissioni inquinanti, influenzano l’offerta di lavoro solo attraverso la qualità dell’aria.

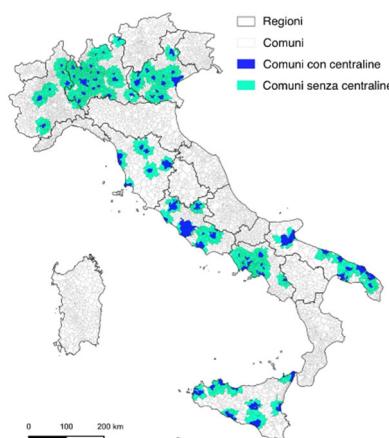
Dati. – Un elemento distintivo dell’analisi è la banca dati utilizzata, unica nel suo genere, ottenuta dall’abbinamento di diverse fonti informative di natura amministrativa, tutte a livello comunale e a frequenza giornaliera: i dati INAIL (Istituto nazionale Assicurazione Infortuni sul Lavoro) per gli incidenti, i dati AirBase per la concentrazione di diversi inquinanti, i dati INPS-UNIEMENS (Istituto Nazionale Previdenza Sociale), con frequenza mensile, per la composizione della forza lavoro, le date di accensione del riscaldamento per ogni fascia climatica italiana, disciplinate per legge (DPR 412 del 1993 e DPR 74 del 2013).

* Banca d’Italia; ** Gran Sasso Science Institute, CEIS Tor Vergata.

L'*outcome* di interesse sono gli incidenti sul lavoro. Il legislatore definisce gli incidenti sul lavoro come eventi traumatici che causano un infortunio. Un infortunio può comportare un'invalidità lavorativa temporanea (almeno 3 giorni lavorativi persi), un'invalidità permanente (totale o parziale), o la morte. Con pochissime eccezioni (es. forze dell'ordine), tutti i lavoratori italiani devono essere assicurati contro gli incidenti sul lavoro presso l'INAIL, che è un ente pubblico. L'iscrizione obbligatoria all'INAIL garantisce che tutti gli incidenti siano registrati; inoltre, la registrazione di un infortunio avviene indipendentemente da come sia raccolta l'informazione (essa può avvenire, ad esempio, attraverso il datore di lavoro o attraverso l'ospedale). Tali caratteristiche garantiscono la completa copertura del fenomeno, come riconosciuto anche dall'Eurostat. Per questa analisi abbiamo raggiunto un accordo con l'INAIL per ottenere i dati comunali dal 2014 al 2018 di otto regioni italiane (5.201 comuni): Lombardia, Veneto e Piemonte (Nord), Toscana e Lazio (Centro), Campania, Puglia e Sicilia (Sud). Il campione iniziale è costituito da più di 2,1 milioni di eventi (circa 421.000 ogni anno) e copre circa l'83 per cento del numero totale degli infortuni sul lavoro in Italia durante il periodo considerato.

I dati sull'inquinamento atmosferico provengono dalla banca dati europea AirBase, che raccoglie informazioni sulle concentrazioni orarie degli inquinanti registrate dalle stazioni di monitoraggio. Gli inquinanti considerati nell'analisi sono: PM10, CO, NO2 e SO2. Il numero di stazioni di monitoraggio di questi elementi può variare nello spazio e nel tempo. Nella Figura 10.1 riportiamo la cartina con i comuni in cui esiste almeno una centralina e che quindi possono essere effettivamente utilizzati per l'analisi. Partendo dai dati raccolti dalle centraline costruiamo un indice di qualità dell'aria (AQI) seguendo le indicazioni fornite dalla European Environmental Agency, la preposta agenzia della Commissione Europea.

Figura 10.1 La distribuzione delle centraline nei comuni delle regioni considerate



Fonte: Elaborazione su dati AirBase.

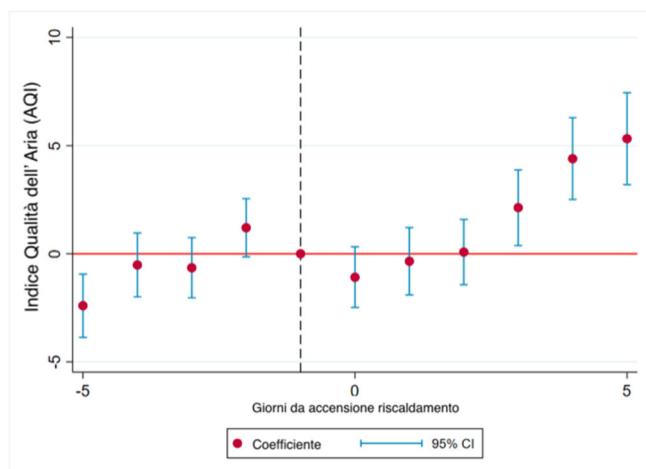
Inoltre sfruttiamo i dati INPS per considerare la composizione della forza lavoro a livello comunale, con cadenza mensile. Per ogni lavoratore osserviamo le informazioni demografiche (età, genere, comune di lavoro), la durata del contratto, il tipo di contratto (tempo pieno, part-time, tempo determinato, tempo indeterminato), la qualifica (operai, impiegati, dirigenti, apprendisti) e il settore economico (codice ATECO).

Infine, utilizziamo i dati sugli scioperi generali e del settore trasporto pubblico su scala nazionale, nonché sulle principali festività a livello nazionale.

Metodologia. – Per stimare come la qualità dell’aria causi gli infortuni sul mercato del lavoro utilizziamo metodi di regressione lineare, che tengono in considerazione le caratteristiche individuali delle persone coinvolte, quelle delle imprese, le condizioni atmosferiche, la stagionalità, le giornate di sciopero e le festività nazionali. In aggiunta, per limitare gli effetti di variabili omesse, teniamo conto dell’eterogeneità non misurabile, a livello di municipalità, mese e giorno della settimana.

Nell’analisi principale, la metodologia di stima è quella delle variabili strumentali, che utilizza le date durante le quali il riscaldamento può essere acceso per depurare dall’endogeneità (Fan *et al.*, 2020). Tali date sono differenziate per area geografica (6 fasce climatiche), sono stabilite per legge, e non sono manipolabili da lavoratori o datori di lavoro. L’accensione dei riscaldamenti peggiora significativamente la qualità dell’aria (la Figura 10.2 documenta cosa avviene nei giorni successivi all’avvio dei riscaldamenti), ma non ha effetti sull’offerta di lavoro. Si tratta di un requisito essenziale affinché il metodo delle variabili strumentali identifichi l’effetto causale dell’inquinamento sugli infortuni. Questa proprietà rende infatti “uni-direzionale” il legame tra qualità dell’aria e attività economica, consentendo di valutare come la prima causi la seconda, ma non viceversa. La semplice correlazione tra le due variabili identificherebbe un legame “bi- direzionale” tra le variabili di interesse.

Figura 10.2 L’accensione dei riscaldamenti provoca un deterioramento della qualità dell’aria



Fonte: Elaborazione degli autori.

Risultati. – Secondo le nostre stime gli infortuni sul lavoro aumentano del 14 per cento per un aumento dell’AQI di una deviazione standard (sd)¹, pari al 2 per cento in più di infortuni per un aumento del 10 per cento dell’AQI. Invece non osserviamo ripercussioni significative sulle disabilità e sulla mortalità. Sulla base di questi risultati, l’inquinamento atmosferico non ha un impatto significativo sugli incidenti più gravi, ma coinvolge un gran numero di lavoratori.

Per esplorare l’eterogeneità degli effetti abbiamo anche diviso il campione per settore economico, distinguendo tra settori all’aperto e al chiuso: nel primo caso l’elasticità stimata implica che un aumento dell’AQI di una sd causa almeno l’11 per cento di infortuni in più; nel secondo caso l’aumento sarebbe di almeno il 4 per cento. L’effetto stimato è quindi più

¹ Una deviazione standard nell’AQI è, indicativamente, la differenza esistente tra una zona fortemente urbanizzata e una rurale.

ampio per i lavoratori che trascorrono la maggior parte delle loro attività all’aperto, come suggerito anche dalle correlazioni semplici (Schifano *et al.*, 2019).

Tali risultati possono essere spiegati da diversi meccanismi. Un numero crescente di studi epidemiologici ed economici dimostra che l’esposizione a breve termine a un’elevata concentrazione di inquinamento, in particolare CO e PM10, non solo aumenta il rischio di malattie cardiovascolari e polmonari, ma ha anche impatti significativi sull’attività cerebrale, alterando la concentrazione e la prontezza mentale (Kleinman e Campbell, 2014). Sul lavoro, questi meccanismi fisiopatologici possono portare a disturbi della memoria, affaticamento, perdita di concentrazione, e deficit di attenzione. Queste ipotesi sono in linea con i più recenti lavori empirici che utilizzano metodi controfattuali, che trovano effetti negativi dell’inquinamento sulla produttività (Graff Zivin e Neidell 2012; Chang *et al.*, 2016), sulle capacità cognitive e sui risultati dell’istruzione (Ebenstein *et al.*, 2016), sulla qualità del lavoro (Heyes *et al.* 2016; Huang *et al.*, 2020), e sul numero di incidenti stradali (Sager, 2019)

Tutti questi studi forniscono argomenti convincenti per convalidare la nostra ipotesi iniziale: l’inquinamento dell’aria altera le capacità cognitive, aumenta l’affaticamento e riduce la prontezza mentale causando un numero maggiore di incidenti sul lavoro.

Implicazioni. – In Italia, come in molti altri paesi, le imprese sostengono pienamente le spese di indennizzo (relativamente al salario erogato) per gli infortuni meno gravi, cioè quelli con congedi per malattia inferiori a quattro giorni, mentre i costi degli infortuni più gravi sono indennizzati da un’assicurazione nazionale (l’INAIL nel caso italiano) e sono a carico della comunità. In che misura i costi relativi agli infortuni prodotti dall’inquinamento si distribuiscono tra imprese private e assicurazione nazionale? Per rispondere alla domanda distinguiamo il campione in base ai giorni di congedo per malattia. I nostri risultati suggeriscono che gli effetti dell’inquinamento si concentrano sugli incidenti meno gravi (con meno di 4 giorni di malattia), i cui costi di indennizzo sono interamente a carico delle aziende private (indipendentemente dal fatto che esse siano direttamente responsabili dell’inquinamento). In misura minore, l’inquinamento atmosferico provoca anche incidenti più gravi che si traducono in assenze per malattia più lunghe e, molto probabilmente, in costi più elevati interamente a carico dell’INAIL; in questo caso le imprese affrontano comunque il costo indiretto di una riduzione della forza lavoro ma non sostengono alcun esborso monetario per risarcire i lavoratori infortunati.

Ne consegue che, oltre all’operatore pubblico, anche le imprese private (incluse quelle che non inquinano) hanno un incentivo a investire in sicurezza legata alla riduzione dell’esposizione agli inquinanti atmosferici che sono responsabili della qualità dell’aria, in particolare delle polveri sottili come il PM10.

BIBLIOGRAFIA

Chang, T., Graff Zivin, J., Gross, T. and M. Neidell, *Particulate pollution and the productivity of pear packers*, “American Economic Journal: Economic Policy”, 8(3), 2016, 141–69.

Depalo, D. e A. Palma, *Infortuni sul lavoro e inquinamento*, mimeo, 2022.

Ebenstein, A., Lavy, V. and S. Roth, *The long-run economic consequences of high-stakes examinations: Evidence from transitory variation in pollution*, “American Economic Journal: Applied Economics”, 8(4), 2016, 36–65.

- Fan, M., He, G. and M. Zhou, *The winter choke: coal-fired heating, air pollution and mortality in China*, “Journal of Health Economics”, 71, 102316, 2020.
- Fu, S., Viard, V. B. and P. Zhang, *Air pollution and manufacturing firm productivity: Nationwide estimates for china*, “The Economic Journal”, 131 (640), 2021, 3241–3273.
- Graff Zivin, J. and M. Neidell, *The impact of pollution on worker productivity*, “American Economic Review”, 102(7), 2012, 3652–73.
- Hanna, R. and P. Oliva, *The effect of pollution on labor supply: Evidence from a natural experiment in Mexico City*, “Journal of Public Economics”, 122 (C), 2015, 68–79.
- He, J., Liu, H. and A. Salvo, *Severe air pollution and labor productivity: Evidence from industrial towns in China*, “American Economic Journal: Applied Economics”, 2018.
- Heyes, A., Neidell, M. and S. Saberian, *The effect of air pollution on investor behavior: Evidence from the S&P 500*, Technical report, National Bureau of Economic Research, 2016.
- Huang, J., Xu, N. and H. Yu, *Pollution and performance: Do investors make worse trades on hazy days?*, “Management Science”, 66 (10), 2020, 4455–4476.
- Kleinman, M. T. and A. Campbell, *Central nervous system effects of ambient particulate matter: The role of oxidative stress and inflammation*, California Air Resources Board, Research Division, 2014,
- Pouliakas, K. and I. Theodossiou, *The economics of health and safety at work: An interdisciplinary review of the theory and policy*, “Journal of Economic Surveys”, 27(1), 2013, 167–208.
- Sager, L., *Estimating the effect of air pollution on road safety using atmospheric temperature inversions*, “Journal of Environmental Economics and Management”, 98, 102250, 2019.
- Schifano, P., Asta, F., Marinaccio, A., Bonafede, M., Davoli, M. and P. Michelozzi, *Do exposure to outdoor temperatures, NO₂ and PM₁₀ affect the work-related injuries risk? A case-crossover study in three Italian cities, 2001–2010*, “BMJ open”, 9(8), e023119, 2019.

11. DAL GRANDFATHERING ALLE ASTE: IMPATTO DELL'EU ETS SUL COMMERCIO ESTERO DELLE IMPRESE ITALIANE

Giulio Dal Savio*, Andrea Locatelli^γ, Giovanni Marin[§] e Alessandro Palma^Δ

Classificazione JEL: Q54, F14, F18

Parole chiave: EU ETS, cambiamento climatico, commercio internazionale, gas serra, carbon leakage.

Introduzione. – L’Unione Europea (UE) si è impegnata a realizzare degli obiettivi molto ambiziosi per la mitigazione del cambiamento climatico, proponendosi di raggiungere una completa decarbonizzazione entro il 2050. Le politiche di mitigazione, che mirano a ridurre le emissioni di gas serra da fonti antropiche, tendono inevitabilmente a rendere più oneroso l’utilizzo dei combustibili fossili: è pertanto di cruciale importanza valutare l’entità delle ripercussioni di tali misure sulla situazione sia delle famiglie sia delle imprese, su cui si concentra l’analisi presentata in questo lavoro.

La strategia comunitaria. – Il principale strumento di policy dell’UE per il raggiungimento di questo obiettivo è il Sistema di scambio di quote di emissione (*EU Emission Trading System*, o EU ETS). Esso riguarda complessivamente circa 11.000 impianti industriali (di cui circa 1.000 in Italia) che rappresentano quasi il 40% delle emissioni di gas serra dell’UE. Tale strumento è in vigore dal 2005 e si basa su uno schema di tipo “*cap and trade*” per gli impianti industriali più inquinanti. Una volta fissato il tetto massimo annuale di emissioni autorizzate a livello comunitario e assegnate le quote di emissione (*European Union Allowances*, o EUA) gli impianti possono acquistare o vendere le quote al prezzo corrente e, al termine di ciascun anno, devono compensare le proprie emissioni effettive verificate con un analogo quantitativo di quote.

Nella prima e seconda fase dell’EU ETS (Figura 11.1), rispettivamente dal 2005 al 2007 e dal 2008 al 2012, le EUA erano assegnate a titolo gratuito a ciascun impianto sulla base di criteri correlati alle emissioni storiche dell’impianto. Questa pratica era detta *grandfathering*. A partire dalla terza fase (2013-2020) è stato introdotto un meccanismo di aste che ha comportato un onere finanziario per le aziende che hanno dovuto acquistare i necessari permessi di inquinare. Al contempo, la Commissione Europea (CE) ha esentato dalle aste tutti gli impianti operanti in settori considerati particolarmente esposti al rischio di delocalizzazione verso paesi con politiche ambientali meno rigorose¹, cosiddetto *carbon leakage*, nell’intento di limitare il trasferimento delle attività ad alta intensità di emissioni al di fuori dei confini UE.

La rilocalizzazione delle attività ad alte emissioni di gas a effetto serra al di fuori dei confini dell’Unione potrebbe infatti comportare non solo una mancata riduzione delle stesse emissioni a livello globale, rendendo inefficace la politica², ma potrebbe anche portare a una

* Agenzia delle Dogane

^γ Banca d’Italia, Filiale di Trento.

[§] Università di Urbino Carlo Bo; SEEDS.

^Δ Gran Sasso Science Institute; SEEDS; CEIS Tor Vergata.

¹ Per un elenco dei settori di attività economica ritenuti esposti alla rilocalizzazione delle emissioni di carbonio si veda la decisione 2010/2/UE (pubblicata il 24 dicembre 2009).

² La generazione di emissioni di gas serra è un’externalità globale il cui danno non dipende dall’ubicazione delle emissioni. Ciò significa che una pura delocalizzazione della fonte inquinante non ne sposta l’impatto negativo (almeno per quanto riguarda il contributo al cambiamento climatico).

perdita di posti di lavoro a favore dei paesi con politiche di mitigazione più blande. Per ovviare a questo inconveniente, gli impianti operanti in settori esposti al rischio di *carbon leakage* hanno continuato a ricevere gratuitamente le quote di emissione. La Figura 11.1 riassume le modalità di allocazione dei permessi di inquinare nelle diverse fasi dell'EU ETS.

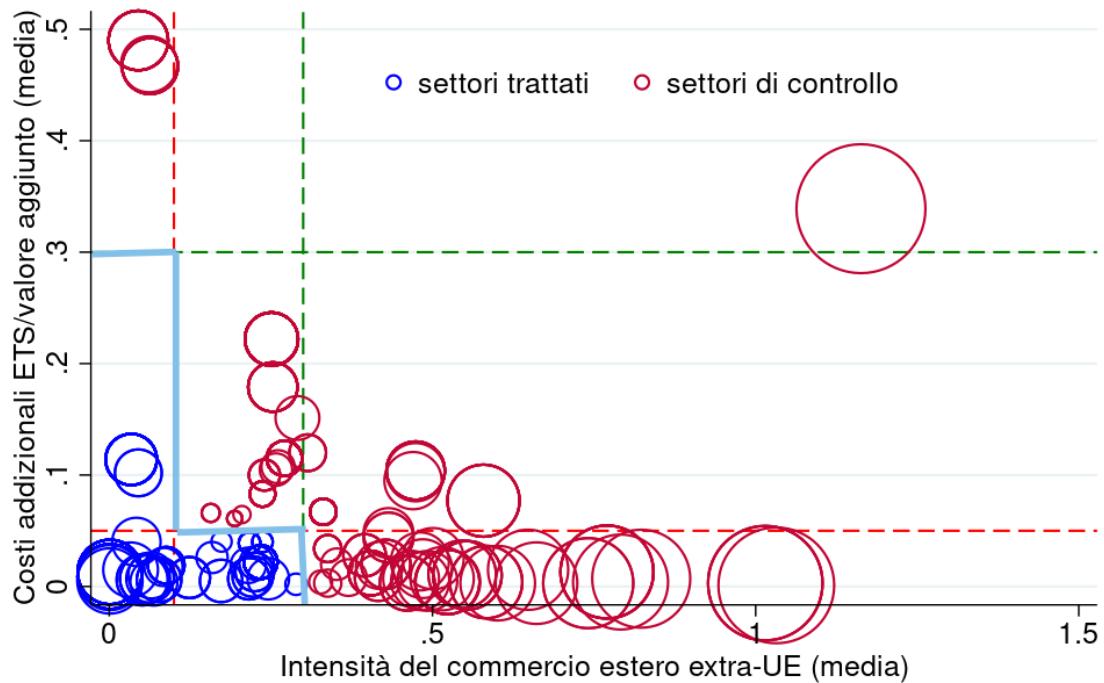
Figura 11.1 Fasi dell'EU ETS

Fasi dell'EU-ETS	Settori a rischio di <i>carbon leakage</i>	Settori non a rischio
Fase I (2005-2007)	Quote di emissioni allocate gratuitamente alle installazioni soggette alla politica (<i>grandfathering</i>)	
Fase II (2008-2012)	Quote di emissioni allocate gratuitamente alle installazioni soggette alla politica (<i>grandfathering</i>)	<p>Stesso costo marginale di abbattimento, ma costi fissi più elevati</p> 
Fase III (2013-2020)	Quote di emissioni allocate gratuitamente alle installazioni soggette alla politica (<i>grandfathering</i>)	<p>Le installazioni 'trattate' non ricevono quote di emissione gratuitamente, che devono essere acquistate attraverso aste o sul mercato secondario</p>

Dal grandfathering alle aste: gli effetti della riforma. – Nel nostro lavoro (Dal Savio *et al.*, 2022) abbiamo analizzato l'effetto dell'allocazione delle EUA a titolo oneroso sulla produttività e sulla performance commerciale internazionale delle imprese. Lo studio si concentra su un campione di imprese manifatturiere italiane con ricavi netti superiori a 10 milioni di euro e con almeno un impianto soggetto all'EU ETS, per le quali erano disponibili sia i dati di bilancio di fonte Cerved sia i dati relativi alle esportazioni e importazioni forniti dall'Agenzia delle Dogane.

Abbiamo confrontato due gruppi di imprese entrambi soggetti all'EU ETS: quelle che a partire dal 2013 hanno dovuto acquistare le quote di emissione con quelle operanti in settori considerati a rischio di *carbon leakage*, che hanno continuato a ricevere i permessi gratuitamente. Più nel dettaglio, come riportato nella Figura 11.2, per essere esentate dall'acquisto delle quote le imprese dovevano operare in settori (1) che avrebbero sperimentato un aumento di almeno il 30 per cento del rapporto tra i costi di produzione e il valore aggiunto a seguito dei maggiori costi indotti dall'attuazione della Direttiva (linea orizzontale tratteggiata verde); oppure (2) avere un'intensità degli scambi commerciali (import+export) con i paesi extra UE superiore al 30 per cento (linea verticale tratteggiata in verde). I criteri prevedevano anche l'esenzione delle imprese attive di settori che avrebbero sperimentato un aggravio dei costi di produzione sul valore aggiunto superiore solo al 5 per cento a condizione che l'intensità degli scambi con i mercati extra UE fosse stata superiore al 10 per cento (linee rosse tratteggiate).

Figura 11.2 Impianti manifatturieri italiani per regola di allocazione



Nota: ogni cerchio si riferisce a un settore; la dimensione del cerchio rappresenta il numero di impianti ETS italiani in ciascun settore. I settori trattati (cerchi blu) si posizionano sotto o a sinistra della linea azzurra, quelli di controllo (cerchi rossi) sono quelli rappresentati sopra o a destra della medesima linea.

Per capire in che misura la riforma dell'EU ETS ha avuto effetti sulla performance delle imprese, guardiamo ad alcune variabili di risultato (*outcome*). In particolare ci soffermiamo sulle emissioni verificate³, sulla produttività totale dei fattori (TFP)⁴ e su alcune misure che riguardano il commercio internazionale.

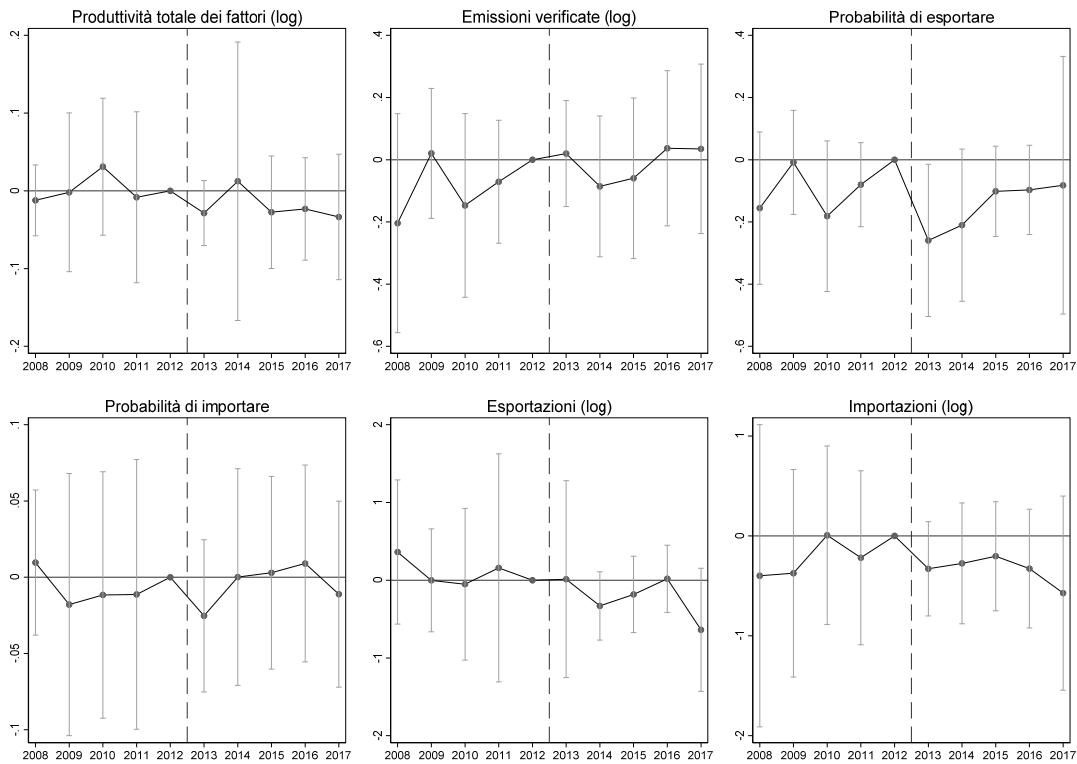
La metodologia di analisi sfrutta diverse versioni del metodo cosiddetto delle “differenze nelle differenze”. Dapprima abbiamo stimato un modello che confronta la performance delle imprese assoggettate al cambio di policy con quella di imprese esentate ma con caratteristiche simili prima dell'introduzione dell'EU ETS. Abbiamo poi ripetuto l'analisi restringendo l'attenzione alle imprese che si trovano a breve distanza dalle soglie di esenzione dal meccanismo di aste.

³ Ogni anno le emissioni degli stabilimenti soggetti all'EU ETS sono verificate da un organismo accreditato.

⁴ La TFP rappresenta una misura dell'efficienza con cui le imprese combinano i propri fattori di produzione.

Figura 11.3 Stime dell'impatto della fase III dell'EU ETS

(variazioni percentuali e punti percentuali)



Nota: la Figura riporta le stime dell'effetto dell'allocazione di EUA a titolo oneroso nella fase III dell'EU ETS su produttività totale dei fattori (TFP), emissioni verificate e commercio internazionale delle imprese manifatturiere italiane soggette all'EU ETS. Le stime sono ottenute con metodi di differenze prime combinate con *propensity score matching*.

Fonte: elaborazioni su dati Cerved, Agenzia delle Dogane e EUTL (*European Union Transaction Log*).

I risultati dell'analisi (Figura 11.3) indicano che l'allocazione di EUA a titolo oneroso non ha avuto un impatto significativo sulle emissioni inquinanti verificate⁵. Ciò significa che, se da un lato l'EU ETS prevede una graduale riduzione delle emissioni autorizzate in ogni anno per raggiungere gli obiettivi dell'UE, dall'altro non si osserva un differenziale significativo tra le imprese che hanno continuato a ricevere un'allocazione gratuita di quote e quelle che le hanno dovuto acquistare dal 2013 in poi. Questa evidenza è in linea con quanto previsto dalla teoria economica: poiché il prezzo di un permesso rappresenta un costo opportunità sia che esso sia stato ricevuto gratuitamente (in quanto si può rivendere sul mercato) sia che si debba acquistarlo, in entrambi i casi l'impresa sceglie il livello di emissioni per cui il proprio costo marginale di abbattimento è uguale al prezzo dei permessi⁶.

I risultati indicano inoltre l'assenza di effetti significativi del passaggio alla terza fase dell'EU ETS sia sulla produttività totale dei fattori sia sull'accesso delle imprese ai mercati internazionali e sulla loro performance commerciale con partner stranieri (Figura 11.3).

Conclusioni. – Le evidenze emerse dal nostro lavoro vanno ad arricchire quelle degli studi precedenti, in cui tuttavia l'impatto dell'EU ETS sulla performance delle imprese era stato valutato confrontando le imprese soggette al Sistema di scambio delle quote con quelle

⁵ Lo stesso risultato è stato ottenuto recentemente da Zaklan (2022) per le imprese del settore energetico.

⁶ Ciò che differisce nei due casi sono invece i costi totali, ovviamente minori nel caso in cui i permessi siano assegnati gratuitamente. Questi risultati teorici risalgono a Montgomery (1972).

al di fuori dello schema. Tra questi, Marin *et al.* (2018) mostrano che l’EU ETS ha avuto un effetto positivo sulla performance delle aziende manifatturiere, valutate nelle prime due fasi del programma, con particolare riferimento alla loro crescita, alla dinamica dell’accumulazione e alla produttività; trovano anche un incremento dei loro *markup*, suggerendo che le imprese siano riuscite a trasferire i maggiori costi derivanti dall’ETS ai consumatori o alle imprese a valle nelle catene di fornitura.

I nostri risultati sono ottenuti confrontando imprese tutte soggette alla regolamentazione ma che differiscono perché solo per alcune valgono le formule di esenzione dal pagamento. In alcuni confronti, inoltre, i parametri in base ai quali le imprese ottengono le esenzioni sono solo marginalmente diversi tra imprese esentate e non. I risultati che otteniamo quindi sono derivati attraverso una strategia empirica che può essere considerata molto credibile. Allo stesso tempo, essi confermano quello che era stato dedotto dagli studi precedenti. Le imprese soggette all’acquisto delle quote hanno con ogni probabilità sviluppato modalità di efficientamento dei processi produttivi che hanno consentito di salvaguardarne la produttività e la competitività sui mercati internazionali.

Tuttavia va anche rilevato, e si tratta di un punto importante se si volesse estrapolare l’effetto dell’EU ETS per gli anni più recenti, che l’analisi che abbiamo presentato si riferisce al periodo compreso fra il 2013 e il 2017, quando il prezzo unitario delle quote era inferiore a 10 euro. Non è pertanto scontato che i risultati sarebbero validi nel periodo attuale caratterizzato da prezzi prossimi a 80 euro come nel corso del 2022.

BIBLIOGRAFIA

- Dal Savio, G., Locatelli, A., Marin, G. and A. Palma, *The impact of EU-ETS on trade: evidence on Italian manufacturing firms*, mimeo, 2022.
- Marin, G., Marino, M. and C. Pellegrin, *The impact of the European Emission Trading Scheme on multiple measures of economic performance*, “Environmental and Resource Economics”, 71(2), 2018, 551-582.
- Montgomery, W. D., *Markets in licenses and efficient pollution control programs*, “Journal of Economic Theory”, 5(3), 1972, 395–418.
- Zaklan, A., *Coase and Cap-and-Trade: Evidence on the Independence Property from the European Carbon Market*, “American Economic Journal: Economic Policy”, di prossima pubblicazione.

12. AIUTARE LA DECARBONIZZAZIONE: SEMPLIFICAZIONE AUTORIZZATIVA E DIFFUSIONE DELLE RINNOVABILI IN ITALIA

Federica Daniele^{*,a,b}, Alessandra Pasquini^a, Stefano Clò^c ed Enza Maltese^a

Classificazione JEL: H23, K32, L51, Q42

Parole chiave: investimenti settore fotovoltaico, semplificazione autorizzativa, regioni.

Introduzione. – Il raggiungimento della neutralità carbonica entro il 2050 richiede un profondo processo di ristrutturazione dei sistemi energetici, ancora fortemente dipendenti dalle fonti fossili (per il 72 per cento in Europa e per l'83 per cento in Italia). Le rinnovabili elettriche (RES-E), e in particolare il fotovoltaico (PV), dovranno fornire il contributo principale al raggiungimento dei target ambientali. In Italia il Piano Nazionale Energia e Clima (PNIEC) del 2020 ha programmato un aumento della quota RES-E di almeno 20 punti percentuali, dal 35 per cento registrato nel 2019 fino al 55 per cento nel 2030. Il solare fotovoltaico dovrà portare il maggiore contributo a questa crescita, con la sua quota di mercato prevista in aumento dall'8,9 per cento nel 2019 a quasi il 40 per cento nel 2030, per un totale di 52 GW di capacità fotovoltaica installata aggiuntivi.

L'incremento della quota di fonti rinnovabili è auspicabile non soltanto da un punto di vista ambientale: infatti l'installazione di pannelli fotovoltaici per l'autoconsumo di energia darebbe alle imprese, soprattutto quelle operanti in settori energivori, una maggiore resilienza ad aumenti esponenziali dei prezzi elettrici, come quello riscontrato in tutta Europa a partire dal secondo semestre 2021.

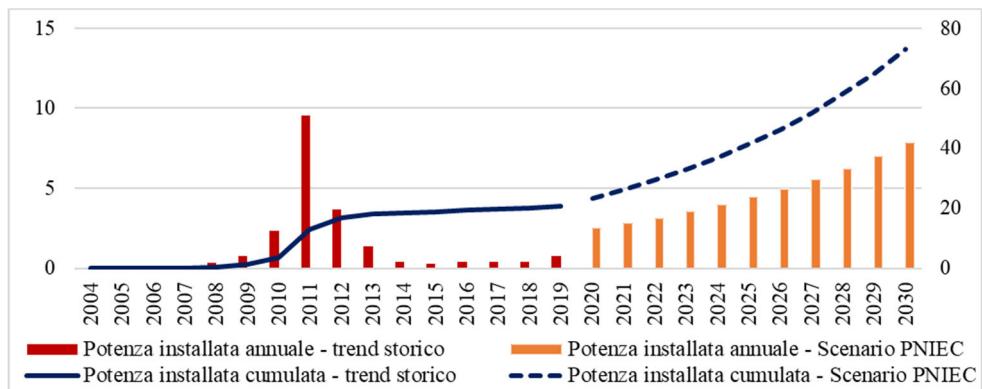
Come mostra la Figura 12.1, dopo un periodo di forte espansione sostenuto soprattutto dal sistema degli incentivi finanziari, dal 2014 al 2020 la potenza fotovoltaica installata annuale ha ristagnato, nonostante la forte contrazione dei costi di produzione¹. L'andamento delle installazioni degli ultimi anni contrasta fortemente con le stime del PNIEC sulla potenza aggiuntiva che sarà necessario installare per raggiungere gli obiettivi fissati per il 2030.

^a Banca d'Italia, ^b OECD, ^c Università di Firenze.

* Corresponding author: federica.daniele@bancaditalia.it.

¹ Il costo medio per la costruzione e la manutenzione durante l'intero ciclo di vita dell'impianto (*levelised cost of energy*) degli impianti di grandi dimensioni (*utility-scale*) è sceso dell'82% dal 2010 al 2019 (IRENA, 2020).

Figura 12.1 Capacità installata (annuale e cumulata) e proiezioni delle installazioni PNIEC



Nota: Il grafico mostra l'evoluzione negli anni della capacità annuale installata (scala di sinistra) e della capacità installata cumulata (scala di destra) in Italia. Dal 2004 al 2019 viene mostrata l'evoluzione finora osservata mentre dal 2020 al 2030 viene mostrata l'evoluzione delle installazioni che si dovrebbe osservare per raggiungere gli obiettivi del PNIEC se la potenza installata incrementasse in maniera costante di anno in anno.

Fonte: elaborazioni su dati GSE.

Tra gli ostacoli alla diffusione di impianti fotovoltaici permangono quelli di natura burocratica, dati per esempio dalla farraginosità delle autorizzazioni necessarie alla costruzione e dalle tempistiche dilatate per ottenerle.

In una nostra ricerca recente (Daniele *et al.*, 2022) forniamo una valutazione dell'efficacia di una serie di semplificazioni autorizzative introdotte da un gruppo di regioni italiane durante il 2009-2013 in favore di nuovi impianti con capacità installata tra 20 e 200 kilowatt (kW)². Tali semplificazioni prevedevano, per gli impianti di medie dimensioni, l'esenzione dall'obbligo di ottenimento dell'Autorizzazione Unica e il passaggio ad un inter autorizzativo più snello, previsto per gli impianti di dimensioni minori (Procedura Abilitativa Semplificata – PAS). L'Autorizzazione Unica in origine, come previsto dal D.Lgs. 387/2003, era richiesta per tutti gli impianti sopra i 20 kW, e si caratterizza per un inter piuttosto lungo e farraginoso. Il richiedente è chiamato ad allegare alla domanda di autorizzazione una lunga lista di documenti, alcuni dei quali necessitano del ricorso a consulenze terze (come ad esempio: la verifica di coerenza del progetto con gli strumenti urbanistici vigenti, descrizione analitica del ciclo produttivo dell'impianto, bilancio energetico con il rendimento elettrico, funzionamento ore/anno, energia elettrica producibile annua, relazione sul saldo delle emissioni in atmosfera), con inevitabili oneri aggiuntivi anche di natura economica. I documenti sono poi esaminati in sede di conferenza di servizi con il coinvolgimento di rappresentanti degli enti territoriali e delle autorità competenti. Per avere un'idea dei tempi necessari al suo ottenimento, un'Autorizzazione Unica per la realizzazione di un impianto fotovoltaico sopra il megawatt (MW) di capacità installata impiegava agli inizi del 2008 in Puglia quasi tre anni per essere concessa³. La Procedura Abilitativa Semplificata consente invece di ottenere l'autorizzazione in tempi brevi (massimo 30 giorni), e bassi costi.

Nel 2011 il Governo centrale varava il decreto di semplificazione noto come Decreto Romani (D.Lgs. 28/2011), con il quale veniva stabilito, fra l'altro, che le regioni avevano la

² La capacità produttiva/potenza installata di un impianto di produzione di energia si misura in kW. Un impianto da 10 kW (o più in generale 10 kW di capacità installata) produce, in condizioni ottimali (e quindi nei picchi di produzione), 10 kWh di energia.

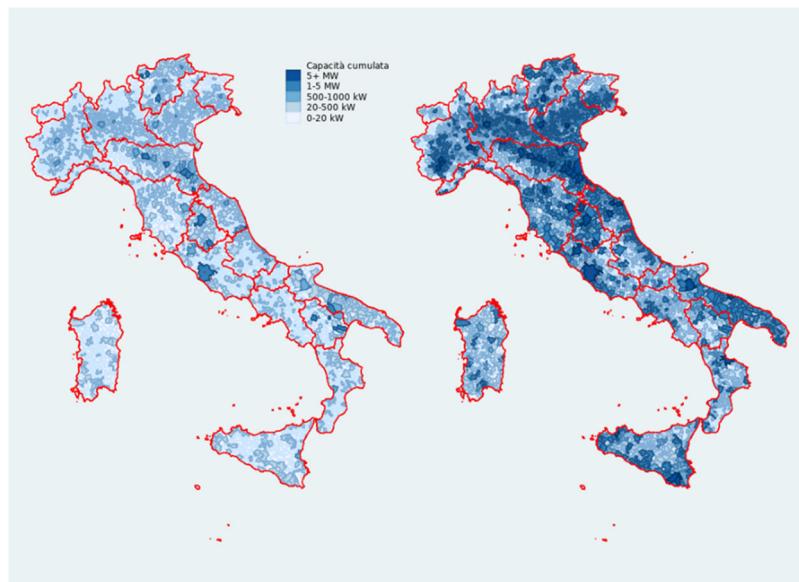
³ <https://www.sistema.puglia.it/portal/page/portal/SistemaPuglia/AutorizzazioneUnica>.

facoltà di introdurre esenzioni all’obbligo di rilascio dell’Autorizzazione Unica per gli impianti fino a 1 MW, legittimando così le azioni che alcune regioni avevano già iniziato a intraprendere negli anni immediatamente precedenti. Tra il 2009 e il 2013 sono dunque emanati una serie di decreti regionali volti a introdurre l’esenzione dall’Autorizzazione Unica per gli impianti tra i 20 e i 200 kW. Le regioni interessate sono: Abruzzo, Basilicata, Calabria, Emilia-Romagna, Friuli Venezia Giulia, Lombardia, Trento, Umbria e Veneto.

L’impatto della semplificazione normativa sull’attività economica è stato un tema oggetto di numerosi studi (Helm, 2006; Fadic *et al.*, 2019). I lavori che hanno analizzato il sistema Italiano (Accetturo *et al.*, 2017; Giacomelli e Menon, 2017; Giordano *et al.*, 2020) hanno evidenziato come la dimensione media delle imprese, la loro crescita e la loro produttività siano condizionati(e) dalla certezza dei tempi procedurali (visti in termini di esecuzione dei contratti a seguito di controversie legali) e dall’efficienza della pubblica amministrazione. Un miglioramento della stessa garantirebbe ampi benefici economici. Ancora pochi sono invece i lavori che analizzano la semplificazione normativa per il settore della produzione di energia da fonti rinnovabili (Giaccaria e Dalmazzzone, 2012; Wanga *et al.*, 2019), prediligendo l’analisi dei principali fattori di natura socioeconomica e ambientale che influenzano la diffusione/nascita delle imprese di tale settore, come ad esempio gli incentivi economici, l’esposizione ai raggi solari (irraggiamento), il livello di sviluppo economico (Germeshausen, 2018; Monarca *et al.*, 2018; Caneppele *et al.*, 2013; Dharshing, 2017). I lavori che hanno affrontato l’impatto del contesto normativo, invece, mettono in evidenza che l’onere di conformarsi alla stringente regolamentazione ambientale quando troppo elevato potrebbe indebolire l’incentivo a investire. Mentre positivo è l’impatto della decentralizzazione delle procedure autorizzative, la maggiore conoscenza del territorio da parte delle istituzioni locali migliora l’efficacia del processo.

I dati sugli impianti fotovoltaici. – Per condurre la nostra analisi ci serviamo dei micro-dati forniti dal Gestore dei Servizi Energetici (GSE S.p.A.), contenenti informazioni sulla totalità degli impianti per la produzione di energie rinnovabili installati in Italia e che hanno beneficiato di un incentivo statale. Da un confronto con i dati di Terna S.p.A. sulla totalità degli impianti per la produzione di energie rinnovabili, gli impianti presenti nel database del GSE rappresentano il 92,4 per cento della potenza da fotovoltaico installata in Italia durante il 2009-2013.

Figura 12.2 Capacità installata (cumulata) per comune



Nota: Le Figure mostrano la capacità installata cumulata per comune dovuta alla costruzione di impianti con potenza compresa tra i 20 e i 200 kW nel 2009 (grafico di sinistra) e nel 2013 (grafico di destra).

Fonte: elaborazioni su dati GSE.

Il periodo su cui ci concentriamo va dal 2009 al 2013, gli anni del cosiddetto “boom del fotovoltaico”, noti per il meccanismo incentivante di tipo *feed-in-premium* del Conto Energia⁴, e in cui è stata installato circa il 90 per cento della capacità installata tra il 2005 e il 2020. La Figura 12.2 mostra la distribuzione di impianti fotovoltaici con potenza compresa tra i 20 e i 200 kW nel 2009 e nel 2013, al centro della nostra analisi, che in questo periodo hanno contribuito per circa il 30 per cento alla capacità addizionale installata.

Un confronto tra aree. – Il nostro approccio consiste nel confrontare l’incremento delle installazioni di impianti fotovoltaici nel periodo successivo all’introduzione delle semplificazioni rispetto al periodo precedente, in regioni che hanno implementato la riforma rispetto a quelle confinanti che non l’hanno implementata e focalizzandoci esclusivamente sui comuni situati entro 30 km dal confine regionale. Nella Figura 12.3 evidenziamo, facendo riferimento all’esempio della Lombardia, i comuni utilizzati nella nostra analisi. Questo approccio ci consente di separare l’impatto della semplificazione autorizzativa da quello di altri fattori che possono aver influenzato l’installazione di impianti fotovoltaici.

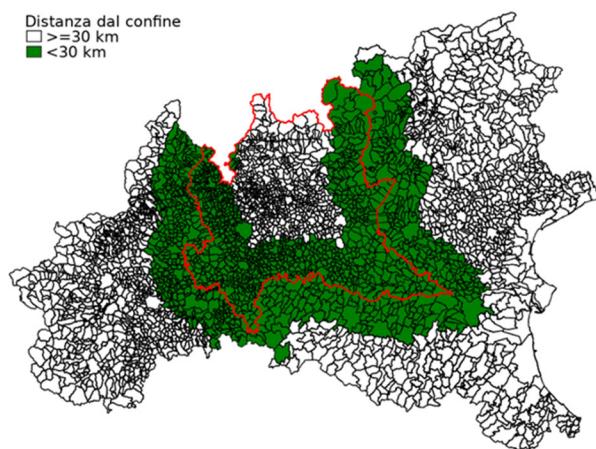
Il focus sui soli comuni vicini al confine garantisce un confronto tra territori simili dal punto di vista non solo morfologico, ma anche socio-economico: comuni poco distanti hanno accesso agli stessi servizi e costituiscono economie fortemente interconnesse tra loro, indipendentemente dalla regione di appartenenza.

Per fare un esempio, la Lombardia, una delle prime regioni ad aver introdotto la riforma, è per il 47 per cento pianeggiante e rappresenta quindi un territorio che è – indipendentemente dalle politiche di semplificazione – più favorevole allo sviluppo del fotovoltaico rispetto al Trentino Alto-Adige, regione ad essa confinante, che è invece molto montuoso. Non tenere

⁴ Il Conto Energia è un programma europeo di incentivo alla produzione di energia da fonte fotovoltaica. In Italia si è articolato in cinque round di incentivazione economica che si sono susseguiti dal 2005 al 2013. In base al sistema del *feed-in-premium*, gli operatori vendono l’energia prodotta direttamente sul mercato dell’energia elettrica e ricevono dallo stato un pagamento per unità di capacità installata, o fisso o dipendente dal prezzo dell’energia elettrica, per assicurare in questo secondo caso gli operatori contro fluttuazioni nel prezzo (cfr. <https://www.gse.it/servizi-per-te/fotovoltaico/conto-energia>).

conto di queste differenze ci condurrebbe a sovrastimare l'impatto delle politiche di semplificazione.

Figura 12.3 Comuni inclusi nella stima dell'impatto della semplificazione autorizzativa



Nota: In verde i comuni inclusi nella stima dell'impatto della semplificazione autorizzativa per la regione Lombardia.

Fonte: elaborazioni su dati Istat.

Una burocrazia più sostenibile. – I nostri risultati suggeriscono che la semplificazione nell'iter autorizzativo ha incrementato la potenza installata in media del 29 per cento nei comuni lungo il confine delle regioni interessate. Il contributo complessivo dato dagli interventi di semplificazione è stato di 12 MW aggiuntivi a trimestre durante il 2009-2013, circa il 10 per cento della potenza installata in impianti tra i 20 e i 200 kW in quel periodo. Abbiamo anche analizzato le variazioni dell'effetto stimato rispetto ad alcune caratteristiche territoriali di particolare rilevanza: il livello di irraggiamento delle aree e il livello di efficienza delle istituzioni pubbliche locali. Un effetto stimato maggiore in aree con livelli di irraggiamento più alti suggerirebbe che le politiche di semplificazione favoriscono anche una distribuzione nella produzione di energia fotovoltaica sul territorio più efficiente. L'assenza di differenze rilevanti nell'effetto stimato non supporta tuttavia questa ipotesi. Non emergono differenze significative neanche rispetto al livello di efficienza delle istituzioni pubbliche locali, segno che le semplificazioni autorizzative non hanno né avvantaggiato (svantaggiato) ulteriormente territori già caratterizzati da maggiore (minore) efficienza amministrativa.

L'incremento delle installazioni di impianti tra i 20 ed i 200 kW potrebbe tuttavia non tradursi in un incremento generale della potenza installata. L'incremento delle installazioni di impianti di tale dimensione indotto dalle politiche di semplificazione potrebbe ad esempio essere avvenuto a discapito di quelli appartenenti ad altre fasce di potenza. Pensiamo ad un'impresa che ha bisogno di realizzare un impianto fotovoltaico da 20 kW per l'autoconsumo di energia: in assenza di semplificazione amministrativa tale impresa sceglierrebbe di installare un impianto da 19 kW con l'unico scopo di evitare gli oneri legati all'ottenimento della Autorizzazione Unica; in presenza della semplificazione decide, invece, di costruirlo da 20 kW. L'effetto che misuriamo potrebbe quindi essere il risultato di un aumento nella costruzione degli impianti da 20 kW a discapito di quelli da 19 kW, anziché un effettivo aumento della produzione complessiva di energia da impianti rinnovabili. I risultati di nostre ulteriori analisi suggeriscono tuttavia che questo possibile effetto "spiazzamento" è da escludere.

Un altro fenomeno che potrebbe “gonfiare” artificialmente i nostri risultati è quello dello spostamento del luogo di costruzione dell’impianto da una parte all’altra del confine in modo da beneficiare dei regimi autorizzativi più snelli. Ad esempio, un imprenditore piemontese residente vicino al confine con la Lombardia e che desidera aprire uno stabilimento produttivo e dotarlo di un impianto per la produzione di energia fotovoltaica sopra i 20 kW, potrebbe decidere di aprirlo in Lombardia, se questa ha già introdotto la riforma semplificativa ed il Piemonte non ancora. Se così fosse, l’effetto che misuriamo potrebbe quindi essere il risultato di un aumento nella costruzione degli impianti situati in Lombardia a discapito di quelli situati in Piemonte, anziché un effettivo aumento della produzione complessiva di energia da impianti rinnovabili. Nostre analisi aggiuntive mostrano tuttavia che non vi è evidenza di riallocazioni di questo tipo.

Dai risultati del nostro studio emerge come una semplificazione delle procedure autorizzative, orientata a ridurre ulteriormente i tempi, gli oneri e l’incertezza associati alla realizzazione di un impianto di medio-grandi dimensioni, possa essere un valido strumento per il raggiungimento degli ambiziosi obiettivi imposti dal PNIEC. Questi risultati convalidano la strategia prevista nel PNIEC e nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, che annoverano interventi di semplificazione autorizzativa tra quelli che è necessario portare a termine ai fini del raggiungimento degli obiettivi di incremento di capacità installata da fonti rinnovabili.

BIBLIOGRAFIA

- Accetturo, A., Linarello, A. and A. Petrella, *Legal enforcement and Global Value Chains: micro-evidence from Italian manufacturing firms*, Banca d’Italia, Questioni di economia e finanza, 397, 2017.
- Caneppele, S., Riccardi, M. and P. Standridge, *Green energy and black economy: mafia investments in the wind power sector in Italy*, Crime, Law and Social Change, 59, 2013, pp. 319–339.
- Daniele, F., Pasquini, A., Clò, S. and E. Maltese, *Non-financial incentives to photovoltaic investment and effectiveness of regulatory simplification in Italy*, mimeo, 2022.
- Dharshing, S., *Household dynamics of technology adoption: A spatial econometric analysis of residential solar photovoltaic (PV) systems in Germany*, “Energy Research and Social Science”, 23, 2017, pp. 113–124.
- Fadic, M., Garda, P. and M. Pisu, *The effect of public sector efficiency on firm-level productivity growth: The Italian case*, OECD Economics Department Working Papers No. 1573, 2019.
- Germeshausen, R., *Effects of Attribute-Based Regulation on Technology Adoption: The Case of Feed-In Tariffs for Solar Photovoltaic*, Centre for European Economic Research (ZEW), Discussion Paper No. 18-057, 2018.
- Giaccaria, S. and S. Dalmazzone, *Patterns of induced diffusion of renewable energy capacity: The role of regulatory design and decentralization*, Collegio Carlo Alberto, Working paper No. 282, 2012.
- Giacomelli, S. and C. Menon, *Does weak contract enforcement affect firm size? Evidence from the neighbour’s court*, “Journal of Economic Geography”, 17, 2017, pp. 1251– 1282.

Giordano, R., Lanau, S., Tommasino, P. and P. Topalova, *Does public sector inefficiency constrain firm productivity: Evidence from Italian provinces*, “International Tax and Public Finance”, 27, 2020, pp. 1019–1049.

Helm, D., *Regulatory reform, Capture and the Regulatory burden*, Oxford review of economic policy, 22, 2006, pp.169–185.

IRENA, “*Renewable Capacity Statistics 2020*”, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi, 2020.

Monarca, U., Cassetta, E., Pozzic, C. and I. Dileod, *Tariff revisions and the impact of variability of solar irradiation on PV policy support: The case of Italy*, “Energy Policy”, 119, 2018, pp. 307–316.

Wanga, Y., Xiaohua, S. and G. Xu, *Environmental regulation and green productivity growth: Empirical evidence on the Porter Hypothesis from OECD industrial sectors*, “Energy Policy”, 132, 2019, pp. 611-619.

13. I POTENZIALI EFFETTI REDISTRIBUTIVI DI UN'IMPOSTA SULLE EMISSIONI DI GAS SERRA IN ITALIA

Francesco Caprioli* e Giacomo Caracciolo*

Classificazione JEL: E60, H23

Parole chiave: carbon taxation, inequality, double-dividend hypothesis, green transition, redistribution.

Introduzione. – Il 17 gennaio 2019, il Wall Street Journal ha pubblicato la più imponente dichiarazione pubblica degli economisti nella storia, firmata da 28 premi Nobel, 4 ex Presidenti della Federal Reserve Board e 15 Consiglieri economici dei Presidenti. La dichiarazione indica che un'imposta sulle emissioni di gas serra (*carbon tax*) offre la leva più efficace in termini di costi per ridurle a un ritmo necessario per limitare gli effetti dei cambiamenti climatici¹. E aggiunge che, per massimizzare la fattibilità politica di tale imposta, tutte le entrate derivanti da essa dovrebbero essere restituite direttamente ai cittadini.

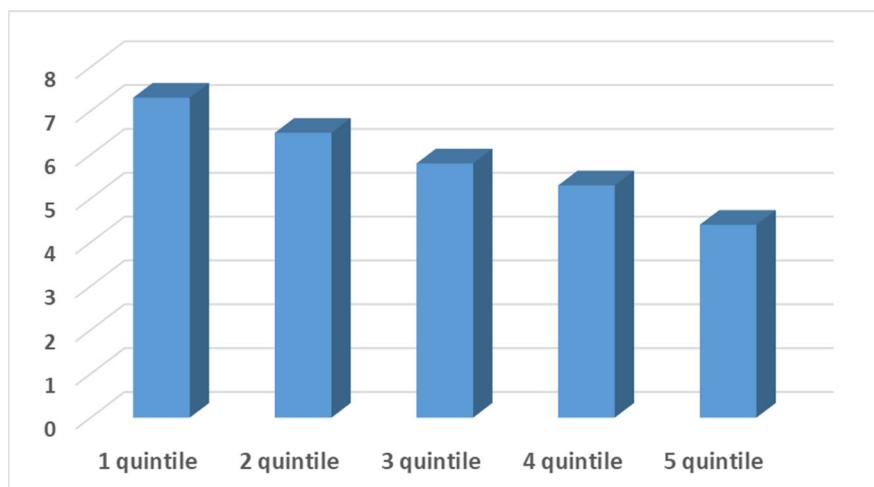
Questo esplicito riferimento a considerazioni di equità nasce dal fatto che l'introduzione di una *carbon tax* spesso non gode di un esteso consenso pubblico. Al contrario, in alcune occasioni l'opposizione a questa misura è sfociata in violente manifestazioni di piazza. Nel novembre del 2018 il movimento dei *gilets jaunes*, nato dalla protesta contro l'aumento dei prezzi del carburante conseguente ad alcune misure di tassazione ambientale, ha provocato diversi scontri in Francia (Douenne *et al.*, 2020). A seguito di tali proteste, l'ammontare della *carbon tax*, che sarebbe dovuto aumentare negli anni seguenti, è rimasto invece congelato fino al 2021.

Le ragioni sottostanti tali manifestazioni sono essenzialmente legate al fatto che le fasce più deboli della società consumano una percentuale relativamente maggiore di beni energetici relativamente al proprio reddito rispetto a quelle più ricche; di conseguenza, il loro potere d'acquisto risulta più sensibile alle variazioni dei prezzi di beni energetici. Secondo i più recenti dati dell'Eurostat, la quota di spesa relativa per beni energetici è chiaramente decrescente lungo la dimensione del reddito. Nel 2015 i cittadini della UE appartenenti al primo quintile di reddito hanno consumato per elettricità e gas oltre il 7,3 per cento della loro spesa; a fronte del 4,4 per cento speso dai più ricchi.

* Banca d'Italia.

¹ L'Agenzia europea dell'ambiente stima che le perdite cumulative del PIL dovute a eventi meteorologici estremi tra il 1980 e il 2019 ammontino a circa il 3 per cento del PIL dei paesi membri nel 2019.

Figura 13.1 Quota della spesa dedicata a elettricità, gas e altri carburanti per quintili di reddito nella UE (in percentuale della spesa complessiva)



Fonte: Eurostat. I dati si riferiscono al 2015.

L'eterogeneità è rilevante non solo dal lato della domanda, ma anche da quello dell'offerta. Baccianti (2013) trova infatti grande eterogeneità tra settori nel valore stimato dell'elasticità di sostituzione dell'energia con gli altri fattori produttivi a livello europeo. Questo implica che alcune imprese riescono molto più facilmente di altre a sostituire energia con capitale e lavoro e questo gli consente di schermarsi maggiormente da un rincaro dei prezzi energetici.

Il modello e la carbon tax alla luce delle recenti proposte delle principali istituzioni internazionali. – Il nostro lavoro (Caprioli e Caracciolo, 2022) studia come la redistribuzione del gettito derivante dall'introduzione di una *carbon tax* possa renderla socialmente più accettabile, favorendo quindi il necessario sostegno alle politiche ambientali. A tal fine utilizziamo un modello di equilibrio economico generale che, diversamente dalle analisi di equilibrio parziale presenti in letteratura, consente di tenere esplicitamente conto delle reazioni comportamentali a un aumento del prezzo dell'energia, nonché di come quest'ultimo si propaghi ai prezzi degli altri beni e ai salari. Il modello, calibrato sui dati italiani per cogliere la distribuzione del reddito nelle famiglie, alcune caratteristiche del sistema fiscale in essere e le interdipendenze tra i settori nella catena produttiva, è sufficientemente ricco in termini di eterogeneità per catturare le evidenze empiriche descritte sopra.

In questo modello introduciamo una *carbon tax* equivalente a 75 \$ per tonnellata di CO₂, il valore recentemente proposto dal Direttore generale del FMI e ritenuto necessario per contenere l'aumento della temperatura entro 1,5 gradi rispetto alle medie preindustriali. La strategia di modellare questa misura come un'imposta sul consumo di energia importata dal resto del mondo è coerente con la recente proposta della Commissione europea di introdurre un meccanismo di tariffazione differenziata dei beni importati a seconda delle emissioni necessarie per produrli².

Nel modello un aumento dei prezzi energetici esercita un impatto sulla diseguaglianza dei redditi delle famiglie attraverso due canali. In primo luogo, il potere d'acquisto delle famiglie più povere si riduce relativamente di più di quello delle famiglie più ricche, poiché le prime spendono una frazione più alta del proprio reddito per l'acquisto di beni e servizi energetici.

² Maggiori dettagli circa la proposta sono disponibili al sito https://ec.europa.eu/taxation_customs/green-taxation-0/carbon-border-adjustment-mechanism_en.

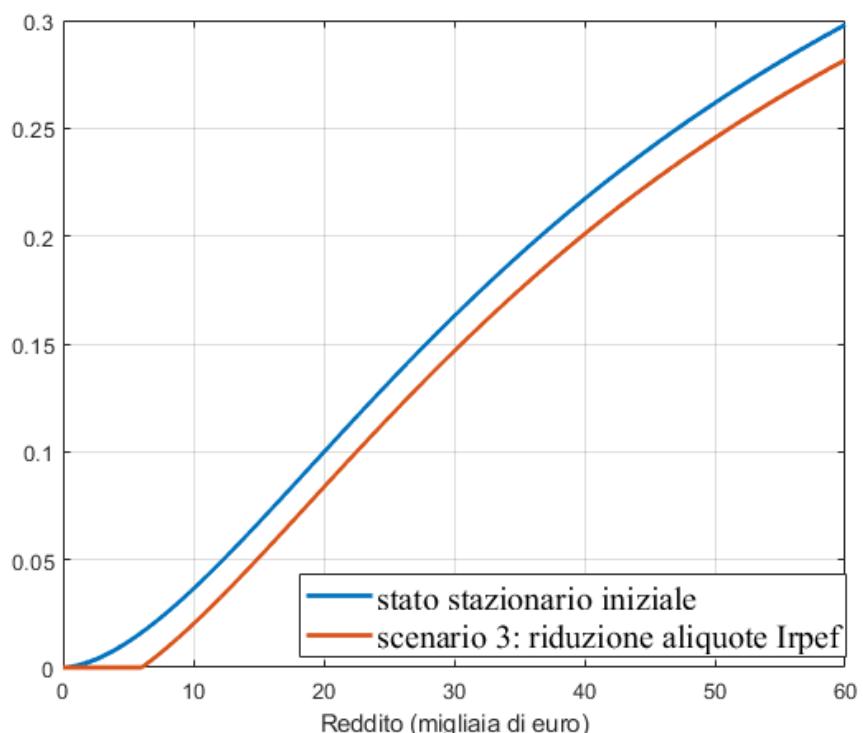
In secondo luogo le imprese, a fronte di un aumento dei costi intermedi di produzione, modificano la domanda degli altri fattori produttivi. Tali aggiustamenti, che dipendono dalle possibilità tecnologiche specifiche ad ogni settore, hanno un impatto sulla remunerazione del lavoro e del capitale, influenzando quindi il reddito disponibile dei consumatori, a seconda del proprio settore d'impiego.

Le politiche esaminate. – Per fronteggiare gli effetti redistributivi legati a questi due meccanismi, il lavoro ipotizza che il governo possa utilizzare il gettito legato alla nuova imposta in tre modi alternativi ossia per finanziare:

1. un aumento della spesa pubblica;
2. una redistribuzione attraverso trasferimenti uniformi;
3. una riduzione dell'imposta sui redditi da lavoro (Irpef), che genera una variazione delle aliquote medie effettive uniforme, come illustrato nella Figura 13.2.

Impiegare i proventi della *carbon tax* per ridurre il peso della tassazione distorsiva sul lavoro segue la logica di quella che nella letteratura è identificata come ipotesi di *double dividend*. Secondo tale ipotesi, questo tipo di politica porterebbe un doppio beneficio: da una parte contrastare gli effetti del cambiamento climatico, dall'altra ottenere un guadagno in termini di efficienza economica con una riduzione delle distorsioni dovute alla tassazione.

Figura 13.2 Aliquota media dell'Irpef pre (linea blu) e post (linea rossa) *carbon tax*



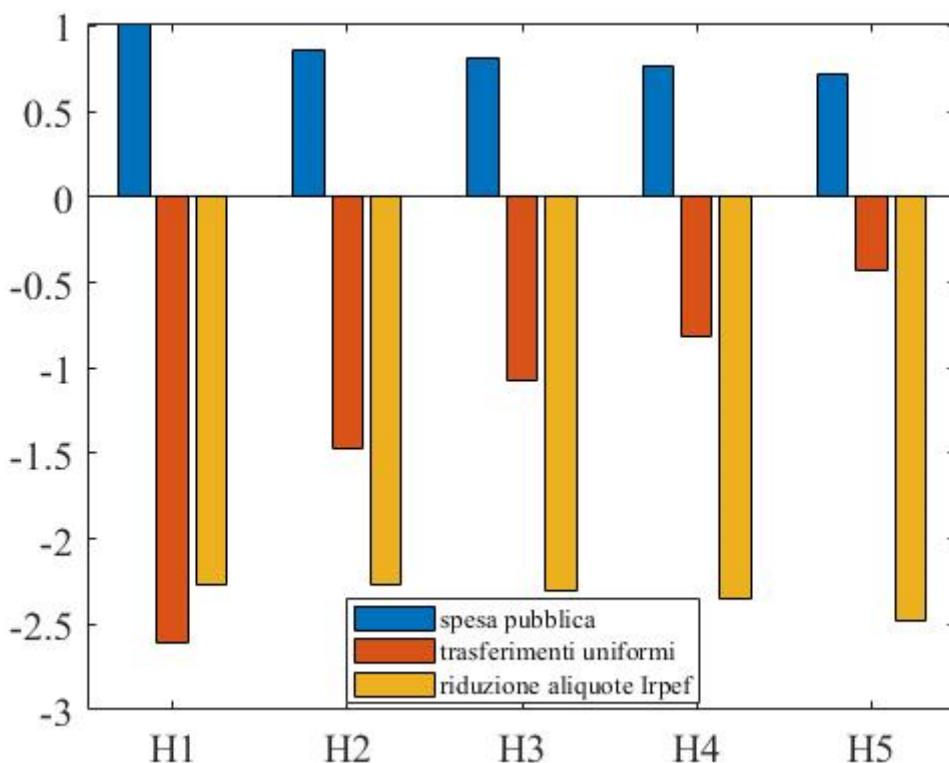
Per identificare l'impatto di ciascuna di queste politiche redistributive, consideriamo due ipotesi alternative di funzionamento del mercato del lavoro: nella prima, la mobilità permette ai lavoratori di avvantaggiarsi di opportunità di impiego più favorevoli, qualora l'impatto della *carbon tax* riduca il salario relativo nel settore di impiego. Questa possibilità è invece preclusa nella seconda ipotesi, in cui i lavoratori non possono cambiare settore di appartenenza. Sebbene rappresentino due casi estremi, gli scenari analizzati sono utili per

inquadrare il ruolo delle distorsioni nel mercato del lavoro nel condizionare gli esiti delle tre diverse politiche redistributive.

La nostra analisi si concentra sugli effetti di lungo periodo di ciascuna politica sul benessere nei diversi quintili della distribuzione del reddito. L'impatto di ciascuna politica sul benessere è misurato in termini di variazione equivalente in termini di consumo ossia di ammontare di consumo al quale gli agenti sarebbero disposti a rinunciare per evitare l'introduzione dell'imposta e l'associato schema redistributivo. Quando questa variabile assume un valore positivo, la politica produce un effetto negativo sul benessere dei lavoratori. Al contrario, un valore negativo è indice di un guadagno in termini di benessere. I risultati mostrano che la politica di bilancio che aumenta maggiormente l'utilità degli agenti dipende dall'entità delle distorsioni che caratterizzano il mercato del lavoro.

I risultati in caso di perfetta mobilità dei lavoratori. – Quando i lavoratori possono liberamente spostarsi tra settori, i risultati principali dello studio sono:

Figura 13.3 Variazione equivalente del consumo per quintile della distribuzione del reddito a seconda dello schema di redistribuzione, nello scenario di perfetta mobilità del lavoro

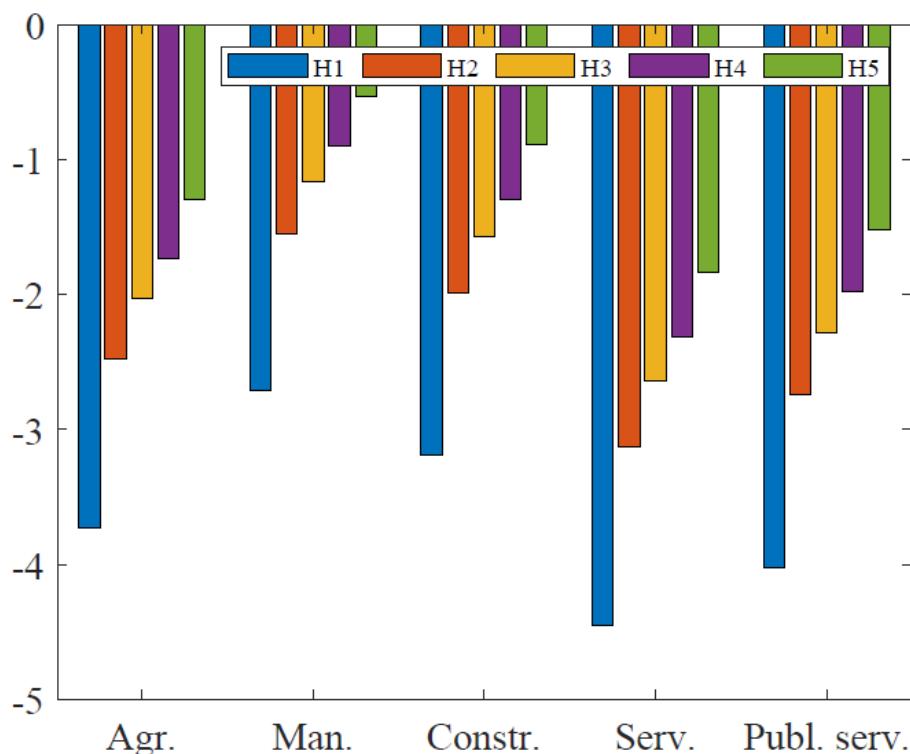


1. Impiegare il gettito della *carbon tax* per finanziare un aumento della spesa pubblica non è sufficiente, nel lungo periodo, a controbilanciare il peggioramento delle condizioni di benessere dei lavoratori connesso con l'imposta ambientale; ciò è legato al fatto che una maggiore spesa pubblica, nella calibrazione del modello, si traduce in aumenti molto limitati della domanda di lavoro da parte delle imprese e, di conseguenza, dei salari (cfr. istogrammi blu nella Figura 13.3).
2. Al contrario, utilizzare i proventi della *carbon tax* per ridurre l'Irpef o effettuare trasferimenti uniformi aumenta il benessere di lungo periodo di tutti gli agenti. Nel caso

di trasferimenti uniformi il beneficio è maggiore per gli individui dei primi quintili della distribuzione del reddito (cfr. istogrammi rossi nella Figura 13.3); per questi agenti gli effetti sul reddito disponibile del trasferimento sono sensibilmente più favorevoli di quelli connessi con la nuova imposta. Essi infatti contribuiscono, in termini assoluti, in misura minore al gettito della *carbon tax*, pur spendendo una frazione maggiore del proprio reddito per l'acquisto dei beni energetici rispetto agli individui appartenenti agli altri quintili. Nel caso di una riduzione delle aliquote medie di prelievo il beneficio è, per costruzione, distribuito in maniera pressoché uniforme tra i lavoratori appartenenti ai diversi quintili di reddito e, in aggregato, è superiore a quello connesso con lo schema precedente (cfr. istogrammi gialli nella Figura 13.3). Tale risultato è dovuto al fatto che viene sostituita un'imposta fortemente distorsiva sull'offerta di lavoro, con una meno distorsiva sul consumo di energia (complessivamente meno elastico alle variazioni di prezzo).

I risultati in caso di mercato del lavoro segmentato. – Nello scenario caratterizzato da un mercato del lavoro segmentato che non consente ai lavoratori di cambiare settore d'impiego, la *carbon tax* ha un impatto eterogeneo sui salari.

Figura 13.4 Variazione equivalente del consumo per quintile della distribuzione del reddito sotto l'ipotesi di trasferimenti uniformi, nel caso di mercato del lavoro segmentato



Sotto questa ipotesi l'introduzione della *carbon tax* deprime maggiormente l'attività economica rispetto al caso precedente. Infatti i lavoratori, non potendosi riallocare nei settori caratterizzati da salari più alti (ossia in quelli meno colpiti dal rincaro dei prezzi energetici), sono costretti ad aumentare l'offerta di lavoro (al contrario di quanto avviene nel caso di mercati del lavoro flessibili); ciò amplifica l'effetto depressivo sui salari di equilibrio.

In questo contesto, utilizzare il gettito della *carbon tax* per finanziare un aumento della

spesa pubblica ha effetti qualitativamente analoghi a quanto accade nel caso di mercato del lavoro flessibile. La redistribuzione attraverso il trasferimento determina un aumento dei redditi rispetto alla situazione precedente all'introduzione della *carbon tax*, poiché gli effetti negativi derivanti dalla contrazione delle ore lavorate sono più che compensati da quelli positivi connessi con l'aumento del salario unitario di equilibrio. Complessivamente, tale schema redistributivo comporta un miglioramento delle condizioni di benessere di tutti i lavoratori (cfr. Figura 13.4). La redistribuzione attraverso la riduzione delle aliquote dell'Irpef, invece, non è sufficiente a compensare l'effetto sui redditi dell'introduzione della *carbon tax*. Infatti, poiché l'impatto negativo sull'economia dell'introduzione della *carbon tax* riduce in misura significativa la base imponibile dell'Irpef, il vincolo di bilancio del governo non permette una riduzione sufficientemente ampia delle aliquote. Ne consegue che il benessere di tutti i lavoratori diminuisce.

Conclusioni. – Il nostro studio esamina gli effetti di lungo periodo di diverse politiche redistributive attivabili in corrispondenza dell'introduzione in Italia di un'imposta sul carbone equivalente a 75 dollari per tonnellata di CO₂, allo scopo di identificare su quali famiglie di lavoratori ricadrebbe il costo complessivo della misura. Un rincaro dei prezzi dei beni energetici legato all'introduzione di una *carbon tax* colpisce maggiormente le famiglie più povere e le imprese operanti nei settori dove è più difficile sostituire l'energia con altri fattori produttivi. Tuttavia, per studiare gli effetti redistributivi di una *carbon tax* è fondamentale tenere conto sia del modo in cui il gettito derivante viene redistribuito dal governo, sia della struttura del mercato del lavoro.

Il nostro studio evidenzia che, a seguito dell'introduzione di una *carbon tax* in Italia, è possibile implementare politiche redistributive in grado di aumentare il benessere di lungo periodo dei lavoratori. L'analisi mette in luce, tra l'altro, l'impatto delle distorsioni nel mercato del lavoro sullo strumento più appropriato per rendere una *carbon tax* socialmente accettabile. In generale, sotto l'ipotesi di un mercato del lavoro segmentato, la *carbon tax* contrarrebbe l'attività economica di più rispetto al caso di mercati flessibili.

BIBLIOGRAFIA

- Baccianti, C., *Estimation of Sectoral Elasticities of Substitution Along the International Technology Frontier* ZEW, Centre for European Economic Research, Discussion Paper No. 13-092, 2013.
- Caprioli, F. and G. Caracciolo, *The Distributional Effects of a Carbon Tax in Italy*, mimeo, 2022.
- Douenne, T. and A. Fabre, *French attitudes on climate change, carbon taxation and other climate policies*, “Ecological Economics”, March 2020.

14. CHI SPORCA PAGA. LA “TARIFFAZIONE PUNTUALE” NEI COMUNI ITALIANI

Giovanna Messina, Antonella Tomasi*

Classificazione JEL: D78, H23, H71, Q53

Parole chiave: pay-as-you-throw, gestione comunale dei rifiuti, policy evaluation.

Economia Pubblica The Italian Journal of Public Economics and Law
pg. 7-38 (2021) Doi: 10.3280/EP2021-002001

Introduzione. – La gestione dei rifiuti urbani è uno dei principali servizi di competenza locale e rappresenta circa un quarto delle spese correnti dei Comuni italiani (quasi 10 miliardi di euro). Nella maggior parte dei casi il servizio è finanziato con un’imposta locale di tipo immobiliare (la tassa sui rifiuti, TARI) calcolata per gli immobili ad uso domestico in base alla superficie dell’abitazione e al numero dei componenti del nucleo familiare. Sistemi di finanziamento alternativi, denominati “*pay-as-you throw*” (PAYT) o a “tariffa puntuale”, attribuiscono invece un prezzo esplicito per ogni unità aggiuntiva di rifiuti conferiti dall’utente. La tariffazione puntuale è inoltre uno dei cardini della strategia europea dell’economia circolare e una delle priorità di NextGenerationEU, che pone obiettivi ambiziosi in termini di tassi di raccolta differenziata e di recupero dei materiali nonché limiti stringenti allo smaltimento dei rifiuti in discarica. Nonostante un’ampia diffusione a livello internazionale, nella realtà italiana il ricorso ai sistemi PAYT è ancora molto limitato. Il nostro studio (Messina e Tommasi, 2020) intende valutare quali sarebbero gli effetti di un’applicazione su vasta scala delle tariffe PAYT da parte dei Comuni italiani.

Un nutrito filone di ricerca, avviato a partire dal contributo di Wertz (1976), ha sottolineato i vantaggi di efficienza degli schemi PAYT legati alla minore produzione di rifiuti: la tariffa puntuale assolve un ruolo segnaletico simile a quello di un prezzo di mercato, incentivando, dal lato della domanda, gli utenti a richiedere la quantità ottimale di servizio pubblico (diversamente da quanto accadrebbe se il servizio fosse finanziato con una tassa) e, dal lato dell’offerta, gli amministratori locali a utilizzare nel modo migliore possibile le risorse pubbliche; la minore produzione di rifiuti comporta delle significative esternalità positive sotto il profilo della sostenibilità ambientale, poiché consente di contenere le emissioni di gas serra. Le questioni relative al finanziamento della gestione dei rifiuti hanno implicazioni anche in termini di equità, come sottolineato in particolare da Wright (2018): nei sistemi di finanziamento basati sul prelievo immobiliare i costi del servizio incidono soprattutto sulle famiglie a basso reddito, che generano quantità minori di rifiuti; questo tema è stato analizzato per il caso italiano da Messina, Savegnago e Sechi (2018), che hanno evidenziato come la quota di reddito destinata al pagamento della tassa sui rifiuti dalle famiglie del decile inferiore della distribuzione dei consumi sia circa il doppio di quella pagata dalle famiglie del decile superiore.

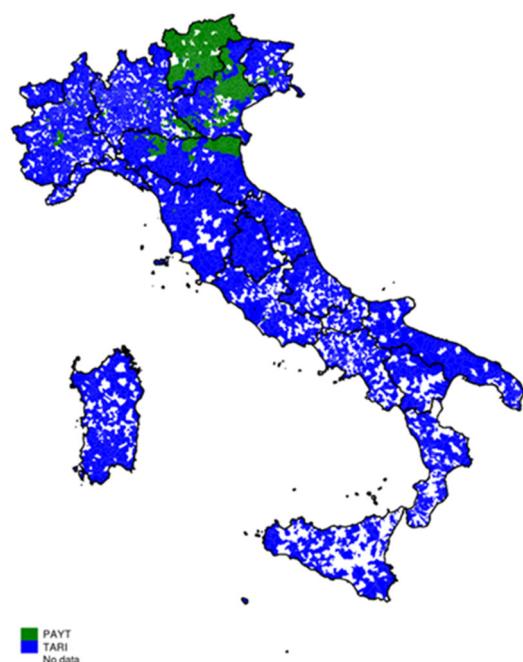
La ricerca empirica ha documentato che esiste un’evidenza robusta sulla relazione negativa tra tariffazione puntuale e quantità di rifiuti domestici (Bel *et al.*, 2016); inoltre i sistemi in cui i rifiuti compostabili vengono raccolti e assoggettati a tariffa separatamente, come anche quelli in cui si misura il peso piuttosto che il volume dei rifiuti prodotti da ciascun utente,

* Banca d’Italia

sembrano più efficaci nel contenere l'entità complessiva dei rifiuti da smaltire. Alcuni fattori, quali la necessità di effettuare ingenti investimenti iniziali, nonché i costi amministrativi e di gestione delle tecnologie per la misurazione dei rifiuti potrebbero tuttavia ostacolare l'adozione di sistemi PAYT. Allo stesso tempo, la tariffazione puntuale potrebbe accrescere i rischi di comportamenti di smaltimento illegale o di esportazione dei rifiuti verso giurisdizioni confinanti. In realtà, diverse analisi dimostrano che questi rischi sarebbero trascurabili (Card *et al.*, 2016; Linderhof *et al.*, 2001).

Solo il 10 per cento dei Comuni italiani finanzia il servizio dei rifiuti applicando tariffe PAYT ed è prevalentemente collocato nella parte nord-orientale del paese (Figura 14.1). Alcuni enti ricorrono a un sistema di tariffazione parziale fissando una tariffa forfettaria di "primo livello" che copre un determinato numero di sacchi o di contenitori e una tariffa di "secondo livello" basata sulla quantità aggiuntiva di rifiuti conferiti¹; in altri casi la tariffa è direttamente collegata alla quantità di rifiuti indifferenziati prodotti dall'utente.

Figura 14.1 Mappa dei Comuni italiani che applicano la PAYT e la TARI



Fonte: Delibere comunali, 2018.

Quali Comuni utilizzano la tariffazione puntuale? – Il punto di partenza della nostra analisi (Messina *et al.*, 2020) è la costruzione di un dataset a livello comunale che contenga le informazioni necessarie a rispondere alle seguenti domande: come viene finanziato il servizio dei rifiuti? quali sono le condizioni di domanda e di offerta? quali sono le caratteristiche strutturali, istituzionali e politiche degli enti?

Abbiamo esaminato le delibere dei singoli Comuni, suddividendo gli enti in due gruppi a seconda dell'applicazione di un sistema di finanziamento basato sull'imposta TARI o in alternativa di un sistema di tariffazione puntuale. Le caratteristiche della domanda (quantità e tipologia di rifiuti prodotti) e dell'offerta del servizio dei rifiuti (costi suddivisi per

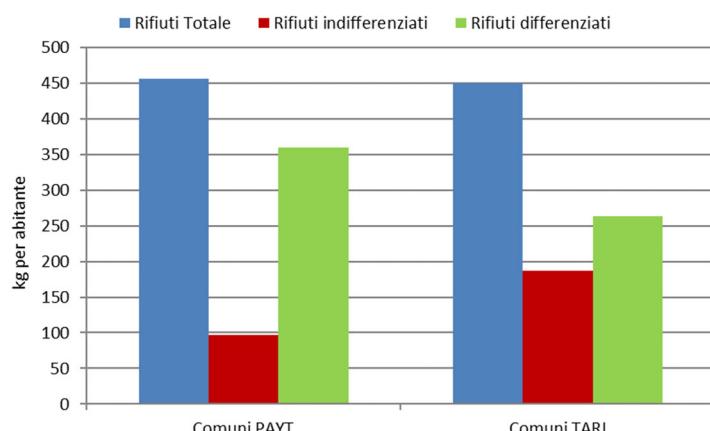
¹ Nel Comune di Reggio Emilia, ad esempio, un nucleo familiare di 2 persone ha a disposizione un minimo di 18 svuotamenti l'anno (contenitore da 40 litri) e il costo di ogni singolo svuotamento è pari a 1,60 euro. L'addebito è quindi pari a 28,8 euro (18x1,60). Gli svuotamenti successivi ai 18 inclusi nel minimo vengono addebitati man mano che sono effettuati.

categoria e distinti per tipologia di rifiuto, ubicazione degli impianti, profili organizzativi) sono state esaminate a partire dai dati dell'ISPRA. Per cogliere le peculiarità di ciascun ente sono stati infine inclusi dati geomorfologici e demografici (ISTAT), variabili economiche (MEF) e di tipo politico-istituzionale (Ministero dell'Interno). Complessivamente il dataset comprende 180 variabili e 6.100 osservazioni comunali.

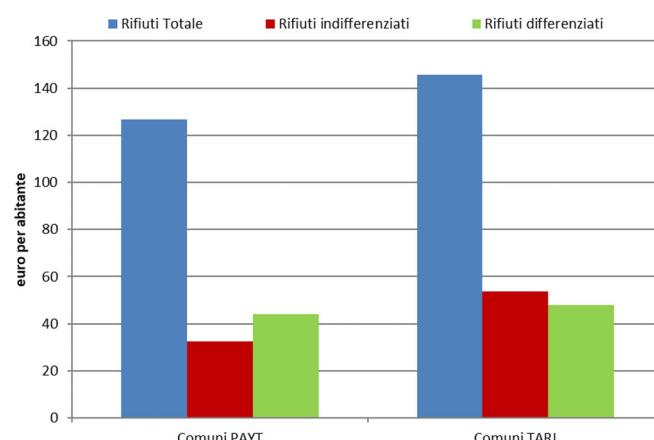
Da una prima analisi descrittiva emerge che i Comuni PAYT non si differenziano sostanzialmente da quelli TARI per quanto riguarda la produzione di rifiuti, ma presentano percentuali significativamente più elevate di raccolta differenziata (quasi l'80 per cento, contro il 60 per cento del gruppo TARI; Figura 14.2a).

Figura 14.2 Confronto per tipologia di rifiuto (totale, indifferenziato e differenziato)

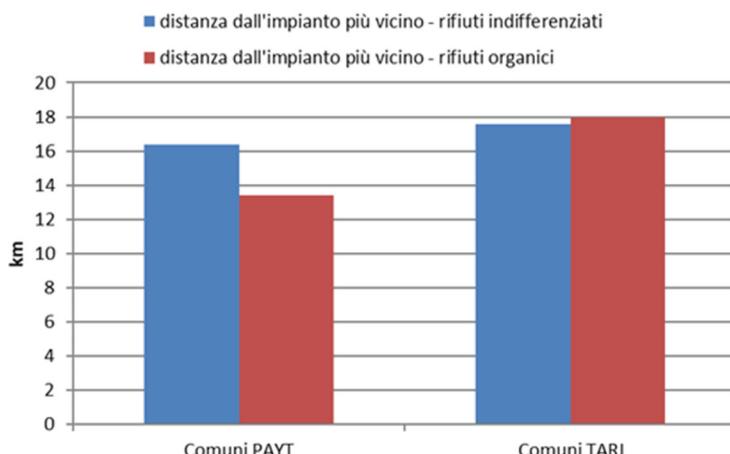
a) produzione dei rifiuti (kg per abitante)



b) costi del servizio dei rifiuti (euro per abitante)



c) *distanza dall'impianto di smaltimento più vicino (km)*



Fonte: Nostre elaborazioni su dati ISPRA.

Si evidenziano inoltre notevoli differenze tra i due gruppi per quanto attiene ai costi del servizio: quelli complessivi ammontano a circa 130 euro pro capite nel gruppo PAYT contro i 150 del gruppo TARI; quelli relativi alla componente indifferenziata sono del 40 per cento inferiori nel primo gruppo (Figura 14.2b).

Sotto il profilo demografico, i Comuni PAYT sembrano essere di dimensioni inferiori e meno densamente popolati dei Comuni TARI. Inoltre i Comuni PAYT sono caratterizzati da flussi turistici più intensi (0,29 posti letto per abitante rispetto a 0,15 dei Comuni TARI) e sono relativamente più vicini agli impianti di trattamento dei rifiuti, soprattutto quelli per il trattamento della componente organica (Figura 14.2c). Infine, i Comuni PAYT sono amministrati da sindaci in media più giovani (47 anni contro i 53 nel gruppo TARI), con un'incidenza lievemente più pronunciata delle donne e meno marcata dei laureati rispetto al gruppo TARI (rispettivamente 18 contro 15 per cento e 41 contro 47 per cento).

La stima dell'impatto dei sistemi di tariffazione puntuale PAYT sulla produzione di rifiuti richiede di discutere preliminarmente la questione dell'endogeneità della scelta di adottare un sistema PAYT rispetto alle caratteristiche dell'ente: è ad esempio possibile che i Comuni più attenti all'ambiente, che generano minori quantità di rifiuti, siano più inclini a introdurre un sistema di tariffe puntuale o, al contrario, che le comunità con una produzione più intensa di rifiuti o con una bassa quota di differenziazione si aspettino guadagni più sensibili dai sistemi PAYT e abbiano una maggiore propensione ad adottarli; tali situazioni potrebbero indurre a sovrastimare o sottostimare l'effetto del sistema di finanziamento del servizio. Il problema dell'endogeneità potrebbe essere attenuato nel contesto italiano dal fatto che spesso la scelta della modalità di finanziamento del servizio dei rifiuti trascende il singolo ente, essendo di competenza di ripartizioni amministrative sovra-comunali (gli ambiti territoriali ottimali, ATO) cui gli enti hanno l'obbligo di aderire.

Per stimare l'impatto delle tariffe puntuale sulla domanda di servizio abbiamo seguito tre diverse strategie empiriche, dapprima stimando una funzione di regressione lineare e poi applicando tecniche di natura statistica² per realizzare un'analisi di tipo controfattuale, in cui i Comuni che hanno adottato la tariffazione puntuale vengono messi a confronto con Comuni del tutto simili per caratteristiche socio-economiche ma che finanziano il servizio con la TARI. Quali variabili dipendenti abbiamo considerato alternativamente il peso pro capite annuo dei rifiuti solidi urbani a livello comunale o il costo del servizio, distinguendo per

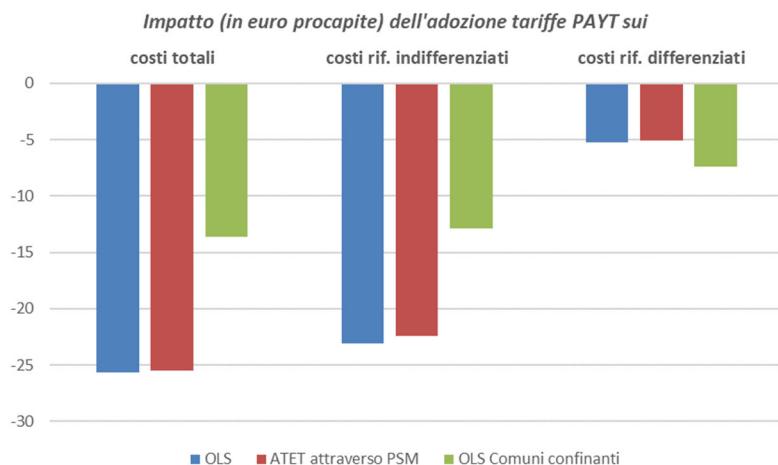
² Propensity score matching e regressione con discontinuità spaziale.

tipologia di rifiuti. Quali variabili esplicative abbiamo utilizzato una dummy che identifica la modalità di finanziamento del servizio dei rifiuti (con valore pari a 1 per gli enti che applicano un sistema PAYT e 0 per quelli che applicano la TARI) oltre a numerose variabili di controllo per tenere conto delle caratteristiche sociali, demografiche ed economiche dei Comuni considerati.

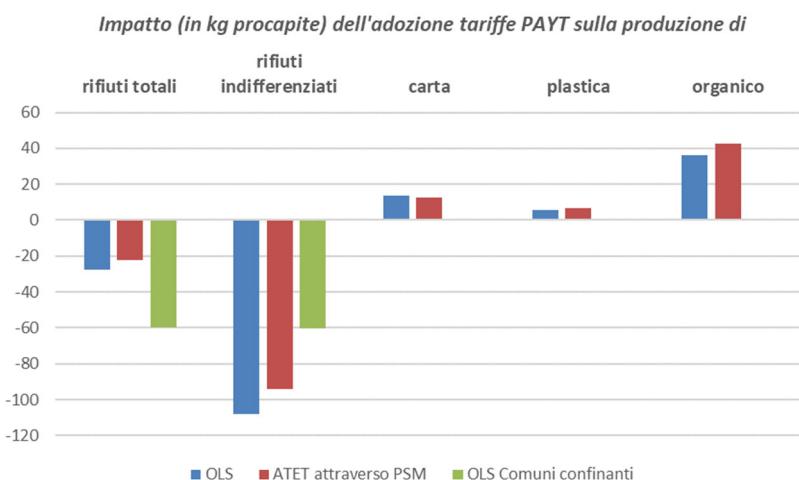
I benefici della tariffazione puntuale (e gli ostacoli alla sua adozione) – I risultati sintetizzati nelle Figure 14.3 a) e 14.3 b) attestano un impatto non trascurabile delle tariffe PAYT sui comportamenti degli utenti e sembrano robusti rispetto alle diverse strategie seguite. Un'applicazione diffusa delle tariffe PAYT potrebbe contenere la produzione di rifiuti totali e dimezzare quella di rifiuti indifferenziati (con una riduzione aggregata compresa fra i 4 e i 5 milioni di tonnellate), inducendo una riduzione nei costi di gestione di questa tipologia di rifiuti pari a circa un terzo nelle stime più prudenti. Il risparmio complessivo sui costi del servizio è valutabile in un ordine compreso fra il 10 e il 20 per cento su base annua (corrispondente a quasi 1,3 miliardi in valore assoluto).

Figura 14.3 Stime dell'impatto dell'adozione tariffe PAYT per tipologia di rifiuto

a) *sui costi del servizio rifiuti (euro per abitante)*



b) *sulla quantità di rifiuti prodotta (kg per abitante)*



Nota: Nelle Figure sono riportate le stime risultanti da tre metodologie: regressione lineare (OLS), propensity score matching (ATET) e regressione lineare (OLS) solo per i Comuni confinanti a Comuni PAYT.

Fonte: Nostre elaborazioni su dati ISPRA.

Con il passaggio alla tariffazione puntuale la finanza pubblica locale potrebbe conseguire due obiettivi: migliorare l'efficienza della fornitura di beni pubblici e contribuire in maniera sostenibile alla tutela dell'ambiente. Ma il passaggio ai sistemi PAYT non è un processo immediato. È solo il passo finale di un percorso più articolato che richiede un profondo rinnovamento nella dotazione di capitale fisso, l'adattamento alle nuove tecnologie, il dimensionamento del servizio dei rifiuti su un perimetro territoriale adeguato a beneficiare di possibili economie di scala, la messa in atto di meccanismi di controllo efficaci. I Comuni necessiterebbero di risorse finanziarie e organizzative adeguate per raccogliere questa sfida. In tale prospettiva si muove il PNRR che prevede investimenti³ (per 2,1 miliardi euro) volti a rafforzare le infrastrutture e a digitalizzare la gestione dei rifiuti urbani, anche attraverso

³ Nel PNRR gli investimenti per il settore dei rifiuti sono individuabili nella Missione “M2C1.1 Migliorare la capacità di gestione efficiente e sostenibile dei rifiuti e il paradigma dell’economia circolare”: *Investimento 1.1: Realizzazione nuovi impianti di gestione rifiuti e ammodernamento di impianti esistenti; Investimento 1.2: Progetti “faro” di economia circolare.*

progetti altamente innovativi per prevenire gli scarichi illegali; gli interventi mirano inoltre a colmare il divario tra le regioni del Nord e quelle del Centro-Sud. Le riforme⁴ previste potrebbero contribuire a semplificare l'attuale assetto di governance del settore, caratterizzato da un'articolazione verticale delle competenze molto frammentata e complessa.

BIBLIOGRAFIA

- Messina, G., Savegnago, M. e A. Sechi, *Il prelievo locale sui rifiuti in Italia: benefit tax o imposta patrimoniale (occulta)?*, Banca d'Italia, Questioni di economia e finanza, 474, 2018.
- Messina, G. and A. Tomasi, *Wasted in Waste? The Benefits of Switching from Taxes to Pay-as-you-Throw Fees: the Italian Case*, Banca d'Italia, Questioni di economia e finanza, 584, 2020.
- Card, D. and J.P. Schweitzer, *Pay-As-You Throw schemes in the Benelux Countries*, in “Capacity Building, Programmatic Development and Communication in the Field of Environmental Taxation and Budgetary Reform”, European Commission DG Environment, 2016.
- Wertz, K. L., *Economic Factors Influencing Households' Production of Refuse*, “Journal of Environmental Economics and Management”, 2, 1976, pp. 263-272.
- Wright, C., Halstead, J. and J.C. Huang, *Estimating Treatment Effects of Unit-Based Pricing of Household Solid Waste Disposal*, “Agricultural and Resource Economics Review”, 2018, pp. 1-23.
- Bel, G. and R. Gradus, *Effects of Unit-Based Pricing on Household Waste Collection Demand: A Meta-Regression Analysis*, “Resource and Energy Economics”, 44, 2016, pp.169-182.
- Linderhof, V., Kooreman, P., M., Allers and D. Wiersma, *Weight Based Pricing in the Collection of Household Waste: The Oostzaan case*, University of Groningen, 2001.

⁴ Riforma 1.1: Strategia nazionale per l'economia circolare, Riforma, 1.2: Programma nazionale per la gestione dei rifiuti e Riforma 1.3: Supporto tecnico alle autorità locali.

15. UN'ANALISI DELLA *GREEN TRANSITION* NEI PAESI EUROPEI BASATA SUI BREVETTI

Roberta De Luca, Rosalia Greco e Francesca Lotti*

Classificazione JEL: O31, Q40, Q50.

Parole chiave: innovazione, brevetti, transizione verde, cambiamenti climatici.

Introduzione. – A dicembre del 2019, pochi mesi prima dello scoppio della pandemia, la Commissione europea ha presentato il cosiddetto *Green Deal europeo*, che contiene una serie di iniziative per raggiungere la neutralità climatica in Europa entro il 2050. Successivamente è stato stabilito che almeno il 30 per cento delle risorse del programma *Next Generation EU* e del bilancio dell'UE 2020-27 sia destinato a progetti legati al clima. Più di recente, nel luglio 2021 il pacchetto *Fit for 55* ha proposto una serie di modifiche della legislazione europea – attualmente in discussione presso il Consiglio europeo – per adattarla all'obiettivo della riduzione delle emissioni nette del 55 per cento da conseguire entro il 2030. Un ulteriore impulso alla transizione è derivato dall'aumento dei prezzi dei beni energetici e dalle sanzioni imposte alla Russia a seguito dell'invasione dell'Ucraina; a maggio del 2022 è stato approvato il piano *REPowerEU* che, tra l'altro, si propone di anticipare il conseguimento del traguardo di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra previsto dalla Commissione europea nel pacchetto *Fit for 55*. In questo contesto diventa di grande rilevanza, soprattutto per chi dovrà progettare le politiche per accompagnare la transizione verde, capire quanto i principali paesi europei siano pronti ad affrontare questa sfida, quanta conoscenza sia stata sviluppata e quali siano i vantaggi comparati dei diversi paesi europei in termini di produzione di innovazione green.

Il processo di decarbonizzazione comporta inevitabili costi di transizione, che possono essere ridotti dal progresso tecnologico; basti pensare alle tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili, il cui costo è crollato nell'ultimo decennio. La transizione ecologica, inoltre, attraverso un aumento della domanda per beni che incorporano tecnologie più *green*, rappresenta un potenziale di crescita per quelle aree dove tali tecnologie sono sviluppate e prodotte. In questo contesto, il nostro lavoro (De Luca, Greco e Lotti, 2021) cerca di capire attraverso l'analisi dei brevetti quanto i principali paesi europei siano effettivamente pronti ad affrontare la transizione verde e quanta innovazione o, più in generale, quanta conoscenza è già stata sviluppata nell'ambito della Green Economy, cercando di determinare se esistono dei vantaggi comparati dei diversi paesi europei in termini di produzione di innovazione verde.

L'uso dei dati sui brevetti per misurare l'innovazione green. – Quantificare l'attività innovativa delle imprese in modo sistematico non è semplice. L'uso dei brevetti come misura della produzione di innovazione, in contrapposizione a misure di input come la spesa in ricerca e sviluppo, è stato proposto dagli economisti quasi mezzo secolo fa (Comanor e Scherer, 1969). Come evidenziato da Lotti e Marin (2013), i dati sui brevetti hanno molteplici vantaggi, ma anche delle limitazioni. Quando si utilizzano le statistiche sui brevetti come indicatori per misurare l'attività innovativa, è necessario considerare che il sistema di tutela della proprietà intellettuale garantisce un incentivo *ex ante* per le attività

* Dipartimento Economia e Statistica, Banca d'Italia.

innovative concedendo *ex post* diritti di monopolio limitati nel tempo per l'utilizzo dei frutti di tali attività, a fronte della richiesta di rendere pubblici i dettagli dell'invenzione (Nagaoka *et al.*, 2010). L'esito dell'attività innovativa è incerto e anche quando tale attività si sostanzia in un'invenzione, la decisione di brevettarla rappresenta una scelta strategica da parte dell'impresa che l'ha prodotta, per via del vincolo di pubblicità imposto dalla disciplina brevettuale. Di conseguenza, non tutte le invenzioni vengono brevettate e l'innovazione misurabile attraverso i brevetti è una sottostima della ricerca e delle attività innovative effettivamente esercitate.

Nonostante queste limitazioni, i vantaggi nell'utilizzo dei dati brevettuali sono molteplici. I dati desumibili dai brevetti sono oggettivi, in quanto non sono misure auto-riportate dalle imprese ma vi è una valutazione indipendente dello "sforzo innovativo" profuso e; sono omogenei, in quanto l'ufficio brevetti richiede che una innovazione brevettabile abbia un grado di "novità" e "non-ovvietà" (salto innovativo) uguale per tutte le imprese, indipendentemente dalla loro dimensione e dalla loro collocazione geografica; sono standard, in quanto tutti i brevetti riportano lo stesso formato; sono una fonte molto ricca di informazione sull'invenzione e sulle interazioni che l'hanno generata, grazie al riferimento, all'interno di ogni documento brevettuale, ai legami tecnologici che esistono fra l'invenzione in oggetto e altre, di cui costituisce una variante/miglioria o con le quali esistono rapporti di complementarietà.

Nell'ambito dello studio dell'innovazione in tema di sostenibilità ambientale, le informazioni desumibili dai brevetti non solo permettono di misurare l'output dell'attività innovativa delle imprese, i suoi andamenti temporali e la sua distribuzione geografica, ma anche di analizzare le interazioni, le interdipendenze e gli spillover fra tecnologie. Ad esempio, la tecnologia *Vehicle to Grid (V2G)*, che consente di collegare i veicoli elettrici alla rete energetica per sfruttare le batterie come stabilizzatori, accumulando energia quando viene prodotta in eccesso e cedendola nei momenti di picco dei consumi, è chiaramente sia una tecnologia mirata alla riduzione delle emissioni nel settore dei trasporti, sia un'invenzione con chiari legami di complementarietà con lo sviluppo di *smart grid* elettriche, capaci di riversare nella rete l'energia prodotta in eccesso e di gestire inversioni del flusso di energia. La considerazione di queste interazioni e interdipendenze riveste dunque particolare importanza per la definizione delle politiche e la valutazione degli interventi destinati a promuovere l'innovazione verde.

Per descrivere i profili di specializzazione tecnologica dei paesi nel dominio delle invenzioni riconducibili ai cosiddetti brevetti verdi, utilizziamo dati estratti dal database statistico mondiale dei brevetti (PATSTAT) e riferiti alle domande di brevetto depositate presso l'Ufficio europeo dei brevetti (EPO) nel periodo 2000-2018 da richiedenti che risiedono nei principali paesi europei.

Nelle classificazioni internazionali i brevetti sono organizzati in "famiglie", ossia insiemi di brevetti relativi alla medesima invenzione o a invenzioni simili e depositati in paesi diversi. Ciascun brevetto appartiene a una o più "famiglie"¹. Onde evitare duplicazioni nel conteggio

¹ La Convenzione di Parigi sulla protezione della proprietà industriale del 1883 stabilisce che l'inventore ha un anno di tempo dal deposito della domanda iniziale di brevetto in un paese per depositare la medesima domanda in altri paesi, facendo esplicito riferimento, in questi depositi successivi, al primo deposito, che viene chiamato "priorità". La sua data di deposito (data di priorità) è quella più vicina alla data di realizzazione dell'invenzione e quindi, per convenzione, è quella utilizzata per datare il brevetto. Ogni brevetto successivo per la medesima invenzione può fare riferimento a una o più priorità (quest'ultimo è, ad esempio, il caso di invenzioni costituite da combinazioni di invenzioni precedenti). I legami di priorità fra domande di brevetto creano insiemi di brevetti, chiamati "famiglie". La definizione di famiglia qui utilizzata è quella basata sui brevetti equivalenti, ossia la famiglia composta da tutte le domande di brevetto che condividono la stessa "priorità". I brevetti equivalenti con alta probabilità proteggono la stessa invenzione; è dunque corretto, per evitare duplicazioni, considerare un solo membro della famiglia costituita da tali brevetti.

delle invenzioni, la nostra analisi è ristretta a un solo brevetto per ogni famiglia: il brevetto riferito alla priorità, che ne rappresenta il “capostipite”².

Si è attribuita la nazionalità del brevetto sfruttando in via prioritaria i dati sul paese di residenza dei depositanti del brevetto; in mancanza di tale informazione si è fatto ricorso al paese dei depositanti di altri brevetti appartenenti alla stessa famiglia o al paese degli inventori (seguendo la strategia di De Rassenfosse *et al.*, 2013). Le domande di brevetto che presentano più depositanti di paesi diversi (ad esempio, una domanda di brevetto presentata congiuntamente da una impresa italiana e una tedesca), sono state attribuite *pro quota* ai paesi.

I brevetti verdi. – Per l’identificazione di tecnologie o applicazioni che possono essere considerate utili al contrasto del cambiamento climatico si è sfruttato lo schema di classificazione Cooperative Patent Classification (CPC)³. Un brevetto è classificato come “verde” se almeno uno dei suoi CPC appartiene alle tecnologie legate all’ambiente, ovvero alle classi Y02 o Y04S, relative, rispettivamente, a tecnologie o applicazioni finalizzate alla mitigazione o all’adattamento al cambiamento climatico e a sistemi di *smart grid*⁴. È inoltre possibile classificare ulteriormente i brevetti verdi, a seconda della modalità di contrasto al cambiamento climatico, in tecnologie di adattamento, tecnologie di mitigazione e, fra queste ultime, in tecnologie orientate a ridurre la concentrazione di gas serra nell’atmosfera in modo diretto, attraverso la cattura e lo stoccaggio di gas serra o la produzione di energia pulita⁵. Data la possibile compresenza di diversi CPC, l’appartenenza a queste categorie non è mutualmente esclusiva; uno stesso brevetto può quindi, ad esempio, contribuire all’adattamento al cambiamento climatico, così come alla sua mitigazione. Anche in questo caso è stato applicato un metodo di calcolo frazionale; in altre parole, se un brevetto appartiene a più classi *green*, esso viene assegnato *pro quota* a ciascuna delle classi.

La dinamica dell’attività innovativa complessiva e di quella green nel periodo 2000-2018. – Nel periodo 2000-2018 sono state presentate all’EPO oltre 200.000 domande prioritarie di brevetto da richiedenti di 130 paesi. I 27 paesi attualmente membri dell’Unione Europea e il Regno Unito, ai quali è ristretta l’analisi, pesano per circa il 72 per cento delle domande prioritarie e per oltre i tre quarti di brevetti *green*. Il numero di domande di brevetto presentate è progressivamente aumentato nel tempo, quasi triplicando fra il 2000 e il 2018. Contestualmente, il numero di brevetti *green* presentati nel 2018 è oltre sette volte quello del 2000. La notevole eterogeneità territoriale riscontrabile nella quota di brevetti *green* sul totale nel 2000 continua ad essere presente anche nel 2018, sebbene tale quota sia cresciuta in quasi tutti i paesi (Figura 15.1).

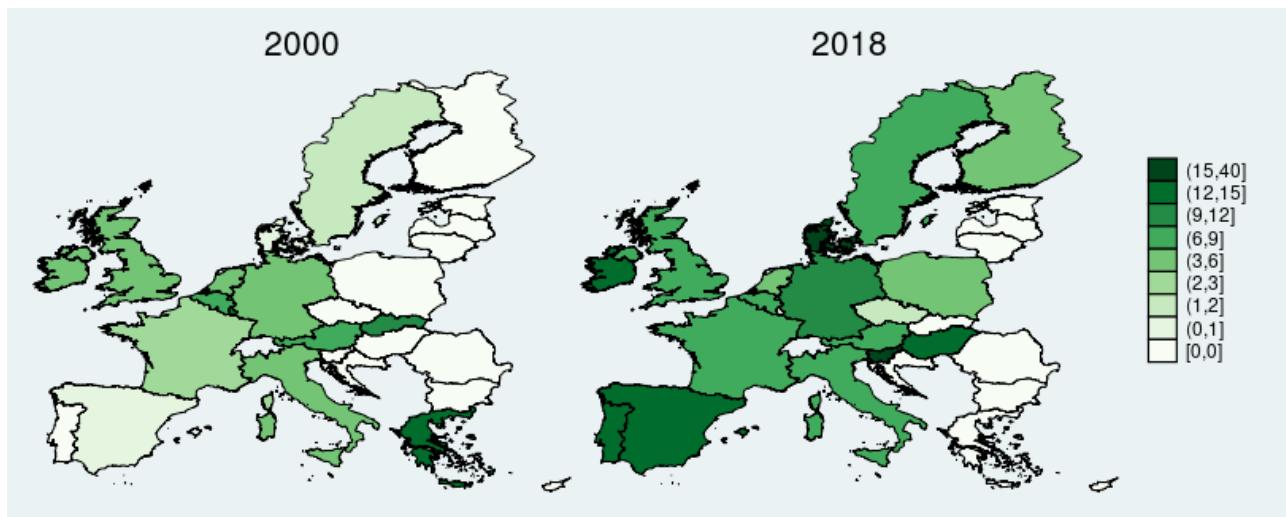
Figura 15.1 Quota di domande di brevetto green sul totale, anni 2000 e 2018

² Inoltre l’analisi è stata ristretta alle sole domande di brevetto afferenti alla Convenzione di Parigi e ai brevetti PCT (*Patent Cooperative Treaty*), per cui è valido il sistema delle priorità.

³ La *Cooperative Patent Classification* (CPC) è una classificazione dei brevetti, modelli e certificati di utilità introdotta nel 2013 e gestita congiuntamente dall’EPO e dall’ufficio brevetti e marchi degli Stati Uniti (USPTO). È suddivisa in nove sezioni, A-H e Y, a loro volta suddivise in classi, sottoclassi, gruppi e sottogruppi. Come il sistema di classificazione internazionale dei brevetti (IPC), di cui la CPC è un’estensione, ha lo scopo di raggruppare i documenti brevettuali in base al loro dominio tecnico. Ogni brevetto può essere associato a uno o più codici CPC.

⁴ Per una discussione sull’uso di queste classi CPC per identificare le tecnologie *green*, cfr. Veefkind *et al.* (2012) e Angelucci, *et al.* (2018). Si veda inoltre Popp (2019) per una rassegna della letteratura che utilizza tale classificazione.

⁵ Le tecnologie mirate a ridurre la concentrazione di gas serra nell’atmosfera possono essere ricondotte all’obiettivo di mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici. Tuttavia, a causa della loro rilevanza in tutti i paesi considerati e della loro specifica finalità nell’ambito della ricerca sul cambiamento climatico, in questo studio si è deciso di analizzarle separatamente dalle altre tecnologie di mitigazione.

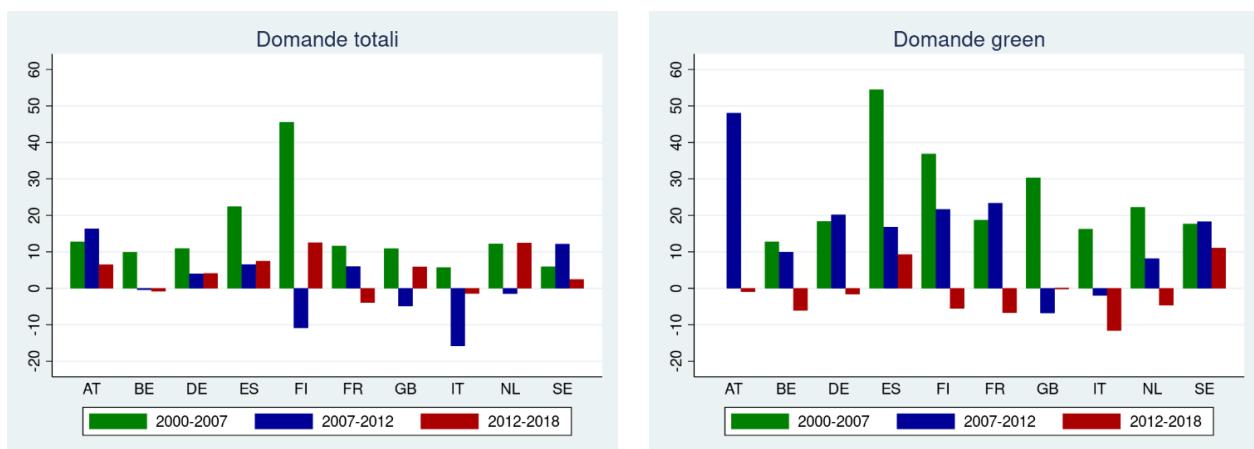


Nota: I dati mancanti per il 2000 sono stati sostituiti con il primo dato disponibile: Lettonia e Romania 2002, Bulgaria e Slovacchia 2003, Lituania 2005 ed Estonia 2006. I dati mancanti per il 2018 sono stati sostituiti con l'ultimo dato disponibile: Croazia 2017.

Fonte: elaborazioni su EPO Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT).

I primi dieci paesi della classifica per numero totale di brevetti (Germania, Francia, Paesi Bassi, Italia, Belgio, Svezia, Regno Unito, Spagna, Austria, Finlandia) rappresentano il 94 per cento delle domande di brevetto e quasi il 92 per cento delle domande di brevetto *green* presentate da richiedenti dei 28 paesi europei considerati. Fra questi paesi, è possibile distinguere quelli che hanno registrato un trend crescente nell'attività inventiva per quasi tutto il periodo e paesi che hanno avuto un rallentamento, soprattutto nell'ultimo decennio (Figura 15.2). Nella prima parte del periodo considerato (2000-2007) tutti i paesi hanno registrato una dinamica positiva, sebbene eterogenea, sia delle domande totali presentate, sia di quelle relative ad innovazioni verdi. A partire dal 2008, si assiste ad un rallentamento dell'output innovativo in quasi tutti i paesi. Fanno eccezione i brevetti *green*, che fra il 2007 e il 2012 continuano a mostrare tassi di crescita medi sostenuti quasi ovunque. Tuttavia, negli ultimi anni del periodo, anche la dinamica dei brevetti verdi subisce una inversione di tendenza, con tassi di crescita medi annui negativi in quasi tutti i paesi fra il 2012 e il 2018. Nonostante una dinamica qualitativamente simile agli altri paesi nei sotto-periodi, l'Italia è l'unico paese che mostra una dinamica complessiva negativa nel numero di domande totali presentate fra il 2000 e il 2018 ed è quello con il tasso di crescita medio annuo più basso per i brevetti *green*, sebbene quest'ultimo risulti comunque nel complesso positivo.

Figura 15.2 Tassi di crescita medi annui del numero di domande di brevetto, totali e green

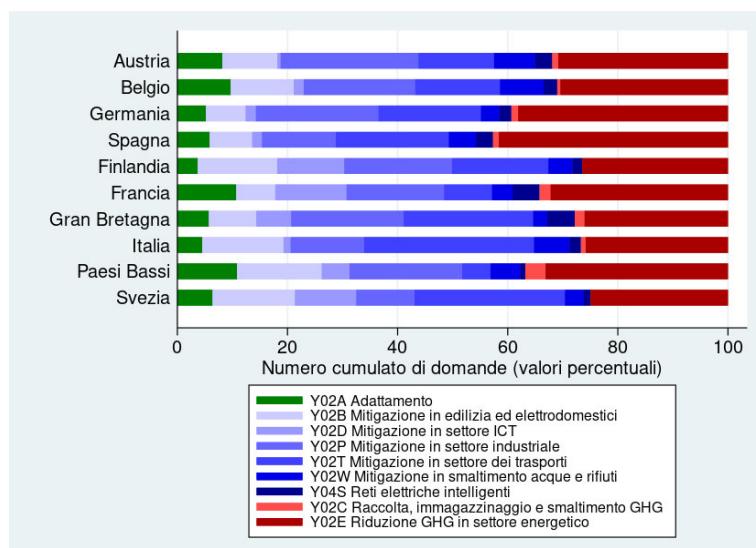


Fonte: elaborazioni su EPO Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT).

Concentrandosi sulla composizione delle tecnologie *green* per finalità, risultano particolarmente rilevanti in tutti i paesi quelle mirate alla mitigazione degli effetti del cambiamento climatico e quelle relative ai gas serra (Figura 15.3). Le tecnologie volte all’adattamento al cambiamento climatico sono invece una quota minoritaria delle tecnologie *green* e di più recente evoluzione. Lo sviluppo di tali tecnologie è concentrato principalmente in Francia, Paesi Bassi, Belgio e Austria.

Figura 15.3 Numero cumulato di domande di brevetto green per ambito di applicazione

(paesi selezionati, anni 2000-2018)

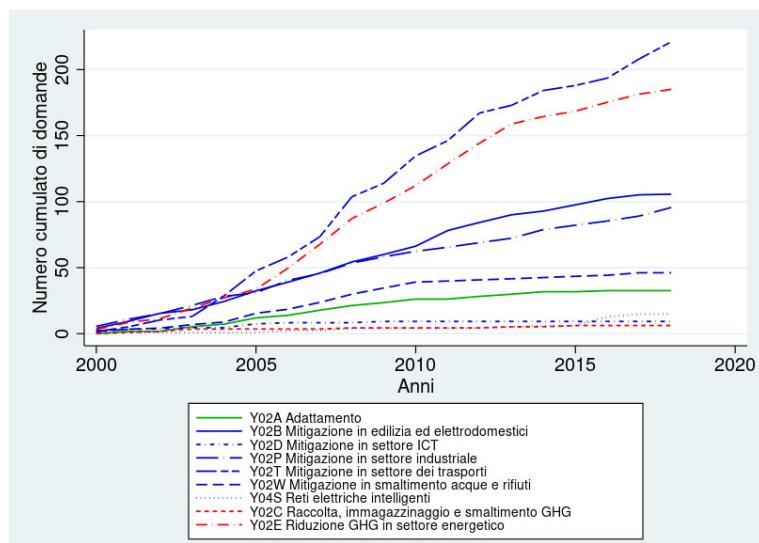


Fonte: elaborazioni su EPO Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT).

Considerando l’andamento temporale delle classi di tecnologie *green*, è cresciuta ovunque la classe che attiene alla riduzione delle emissioni di gas serra nel settore energetico (Y02E), che include fra le tecnologie ad essa relativa anche la produzione di energie rinnovabili e l’utilizzazione del calore derivante dall’incenerimento dei rifiuti ed è la classe preponderante

in tutti i paesi. La specializzazione in altri tipi di tecnologie *green* appare eterogenea fra paesi sia nell'intensità sia nell'ambito di applicazione. L'Italia risulta specializzata, oltre che nella riduzione di gas serra nel settore energetico, soprattutto nelle strategie di mitigazione nel settore dei trasporti (Y02T; Figura 15.4), che includono sia lo sviluppo di sistemi propulsivi più efficienti, sia quello di carburanti meno inquinanti, oltre a innovazioni di forma e design che rendono i veicoli più aero- o idro-dinamici. La specializzazione in tale ambito è particolarmente spiccata nel nostro Paese, tanto da farne, insieme alla Svezia, gli unici due paesi con un numero cumulato di brevetti in questa classe superiore a quello della classe Y02E.

**Figura 15.4 Numero cumulato di domande di brevetto per ambito di applicazione
(Italia, anni 2000-2018)**



Fonte: elaborazioni su EPO Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT).

I trasporti e l'emissione di gas serra sono domini tecnologici che hanno chiari legami di complementarità: da un lato, vi è la necessità di sviluppare motori più efficienti e a basse emissioni e infrastrutture di trasporto “smart” che riducano il congestionamento del traffico; dall'altro, quella di mettere a punto biocarburanti sostenibili al fine di ridurre efficacemente l'impatto climatico del settore dei trasporti. Ciò implica che i paesi specializzati si trovano in una situazione di potenziale vantaggio nello sfruttare i cambiamenti previsti dal *Green Deal europeo* e dal RRF. Tuttavia, il potenziale vantaggio dell'Italia nei confronti degli altri paesi rischia di essere indebolito dal fatto che la specializzazione nel settore dei trasporti non è esclusiva del nostro Paese⁶ e dal basso livello di output dell'attività innovativa in generale, soprattutto nell'ultimo decennio.

Conclusioni. – I risultati per il periodo 2000-2018 mostrano che in Europa l'attività innovativa, e quindi quella brevettuale, è nel complesso cresciuta, anche se permane una forte eterogeneità fra i diversi paesi. L'andamento del numero di domande di brevetto *green* segue quello delle domande di brevetto in tutti i paesi; la quota di brevetti di tecnologie verdi sul totale non mostra una spiccata variabilità, ma aumenta lievemente in quasi tutti i paesi nel periodo considerato.

⁶ Anche la Germania e la Gran Bretagna risultano particolarmente specializzate nel settore dei trasporti.

Restringendo l'attenzione alle innovazioni legate al contrasto del cambiamento climatico, emerge come l'attività innovativa in Europa abbia risposto alle sfide poste dalle politiche energetiche dell'Unione e dei paesi membri: a partire dai primi anni Duemila, si osserva una crescita generalizzata dei brevetti relativi alla riduzione delle emissioni di gas serra nel settore energetico.

La dinamica dell'attività brevettuale in Italia si discosta però da quella della maggior parte degli altri paesi. Il nostro Paese, infatti, presenta un trend negativo nella produzione di brevetti a partire dal 2008, a cui si aggiunge un livello di specializzazione in tecnologie verdi più alto rispetto ad altri paesi: la produzione di brevetti *green* in Italia risulta particolarmente concentrata nelle innovazioni mirate alla mitigazione degli effetti del cambiamento climatico legate al settore dei trasporti e alla riduzione delle emissioni di gas serra nel settore energetico, aree tecnologiche caratterizzate da una forte complementarietà fra lo sviluppo di motori più efficienti e a basse emissioni e infrastrutture di trasporto “*smart*” che riducono il congestionamento del traffico e quello di biocarburanti sostenibili a più basso impatto ambientale.

Questi segnali indicano che l'Italia, pur essendo un innovatore “moderato” a livello europeo, si presenta alla sfida della transizione verde avendo accumulato conoscenze nell'ambito delle fonti di energia rinnovabili e in quello dei trasporti. Va rilevato che il settore dei trasporti è centrale nell'ambito del *Green Deal europeo* e degli investimenti finanziati dal piano *Next Generation EU*: il settore è responsabile di circa un quarto delle emissioni di gas a effetto serra della UE ed è necessario ridurne le emissioni del 90 per cento entro il 2050 al fine di raggiungere la neutralità climatica.

Per sfruttare appieno il potenziale vantaggio dell'Italia, sono tuttavia necessari un'accelerazione nel complesso dell'attività innovativa e un rafforzamento della posizione italiana nelle principali filiere industriali della transizione ecologica e della mobilità sostenibile.

BIBLIOGRAFIA

Angelucci, S., Hurtado-Albir, J. e A. Volpe, *Supporting Global Initiatives on Climate Change: The EPO's “Y02-Y04S” Tagging Scheme*, “World Patent Information”, 54 (Supplement), 2018, pp. S85-S92.

Comanor, W. S. and F. M. Scherer, *Patent Statistics as a Measure of Technical Change*, “Journal of Political Economy”, vol. 77(3), 1969, pp. 392-398.

De Rassenfosse, G., Dernis, H., Guellec, D., Picci, L. and B. V. P. de la Potterie, *The Worldwide Count of Priority Patents: A New Indicator of Inventive Activity*, “Research Policy”, 42 (3), 2013, pp. 720-737.

De Luca, R., Greco, R., and F. Lotti, *Un'analisi della green transition nei paesi europei basata sui brevetti*, “Rivista di politica economica”, 1-2021, 2021, pp. 127-154.

Lotti, F., and G. Marin, *Matching of PATSTAT Applications to AIDA Firms: Discussion of the Methodology and Results*, Banca d'Italia, Questioni di economia e finanza, 166, 2013.

Nagaoka, S., Motohashie, K. and A. Goto, *Patent Statistics as an Innovation Indicator*, in Hall, B. H. and N. Rosenberg (Eds.), *Handbook of the Economics of Innovation*, Elsevier, ed. 1, vol. 2, cap. 25, 2010, pp. 1083-1127.

Popp, D., *Environmental Policy and Innovation: A Decade of Research*, National Bureau of Economic Research Working Paper Series, n. w25631, 2019.

Veefkind, V., Hurtado-Albir, J., Angelucci, S., Karachalios, K. and N. Thumm, *A New EPO Classification Scheme for Climate Change Mitigation Technologies*, "World Patent Information", 34, 2012, pp. 106-111.

16. DIVENTARE GREEN: IL CASO DEL SETTORE DELL'AUTO

Andrea Orame e Daniele Pianeselli *

Classificazione JEL: G34, L62, O13, O3

Parole chiave: settore automobilistico, auto elettrica, transizione verde, cambio tecnologico, fusioni e acquisizioni, innovazione e brevetti.

Introduzione. – Il settore dell'auto è uno tra i più importanti in Europa: nel 2015 rappresentava oltre il 12 per cento del valore aggiunto del comparto manifatturiero dell'area. Allo stesso tempo il trasporto su strada contribuisce per il 24 per cento alle emissioni di anidride carbonica nell'atmosfera, la principale causa del riscaldamento globale e dei suoi effetti negativi sull'attività umana¹. Il 2015 ha segnato per l'industria dell'auto europea un momento fondamentale. Il 18 settembre 2015, l'agenzia americana per la protezione dell'ambiente (EPA) ha notificato a Volkswagen AG, Audi AG, e Volkswagen Group of America la violazione delle normative sulle emissioni inquinanti, in particolare una sistematica manomissione delle auto diesel del gruppo al fine di superare in modo artefatto i relativi test². Questo evento, noto come “Dieselgate”, ha sancito, *de facto*, il progressivo abbandono delle motorizzazioni diesel. Meno di tre mesi dopo, il 13 dicembre 2015, i criteri stringenti stabiliti nella lotta al cambiamento climatico negli accordi di Parigi hanno reso l'auto elettrica, una tecnologia non ancora del tutto matura, una delle poche alternative possibili al diesel per i produttori di auto. Successivamente l'interesse del grande pubblico per l'auto elettrica è fortemente aumentato – come si desume anche dalle crescenti ricerche di informazioni effettuate sul motore di ricerca Google (Figura 16.1) – e la legislazione europea ha implementato gli accordi sottoscritti a Parigi, rendendo i termini della transizione al motore elettrico perentori. Ed è infatti dagli anni successivi al 2015 che in Europa la quota di auto elettriche³ sul totale delle auto registrate è notevolmente aumentata, passando dal 2,9 per cento del 2015 al 23,5 del 2020, con un concomitante calo della quota di quelle diesel (Figura 16.2).

* Banca d'Italia

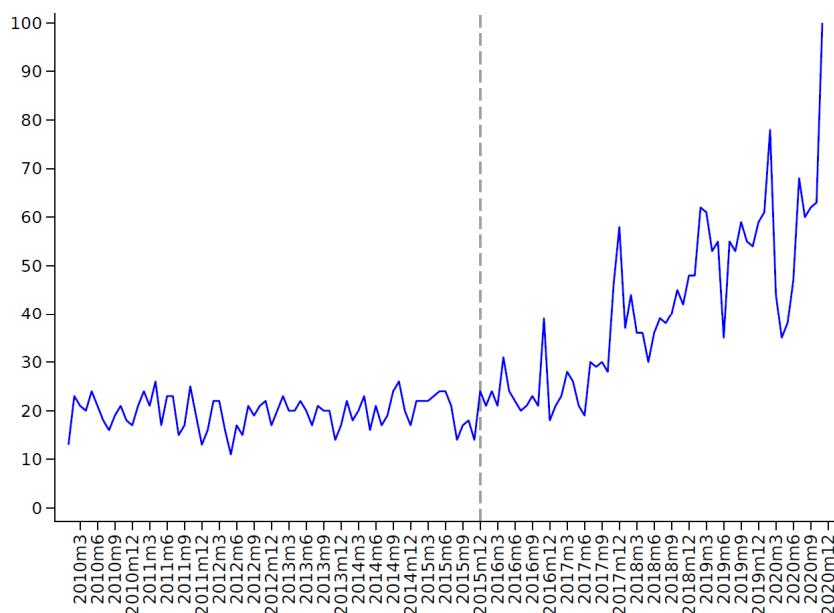
¹ Cfr. il rapporto “[Annual European union greenhouse gas inventory 1990–2015 and inventory report 2017](#)” dell'Agenzia europea per l'ambiente.

² <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/vw-nov-caa-09-18-15.pdf>

³ Completamente elettriche o ibride.

Figura 16.1 Interesse per la chiave di ricerca Google “electric car”

(indice)

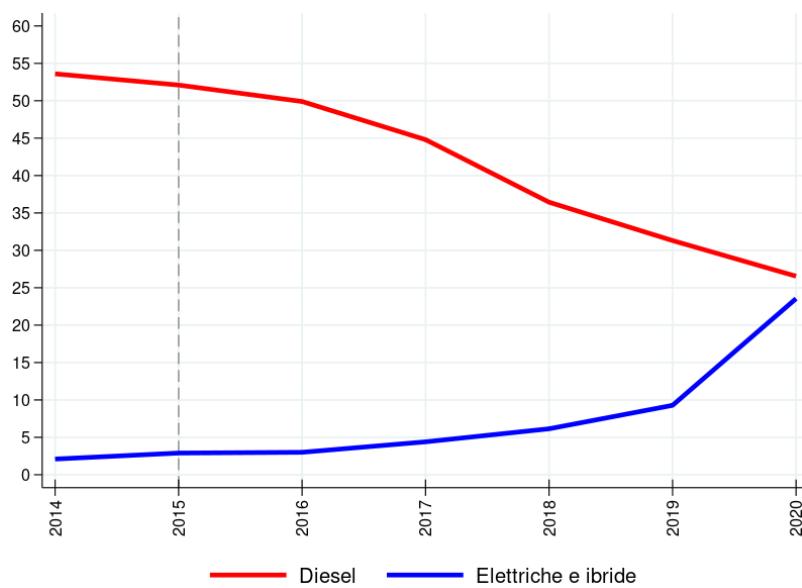


Nota: Dati mensili normalizzati a 100 nel mese di massimo interesse di ricerca tra il 2010 e il 2020. Area geografica di riferimento "world".

Fonte: Google Trends.

Figura 16.2 Quota sul totale delle immatricolazioni di auto

(valori percentuali)



Nota: UE15.

Fonte: elaborazioni su dati ACEA.

Il 2015 ha pertanto rappresentato un momento chiave per il settore dell'auto, uno shock di rilevanza e portata storica a cui il comparto ha risposto in maniera eterogenea, con tempi e

modalità differenti tra i diversi paesi⁴. La necessità di ricombinare in breve tempo le tecnologie esistenti e la maggiore complessità dell'auto elettrica stanno infatti richiedendo ai produttori misure straordinarie⁵. La tradizionale specializzazione della nostra filiera nel diesel, insieme al gap innovativo presente nel sistema produttivo del nostro paese (Bugamelli *et al.*, 2012) sono elementi che potrebbero incidere negativamente sulla transizione al motore elettrico del comparto italiano dell'auto, a vantaggio dei suoi concorrenti europei.

Due possibili strade. – La letteratura economica individua due possibili strategie, tra loro legate ma comunque distinte, come possibili risposte a importanti shock di natura tecnologica. Da un lato, le imprese possono intensificare l'attività di ricerca e sviluppo (R&D) all'interno dell'azienda per aumentare l'output innovativo e assicurarsi un vantaggio competitivo sui concorrenti (Lerner e Zhu, 2007; Arora *et al.*, 2008). Tra i principali fattori in grado di favorire questa strategia, la letteratura identifica il patrimonio di conoscenze, frutto della passata attività innovativa (“*path-dependency*”), come l'elemento determinante per il successo di un nuovo percorso innovativo, capace di segmentare il settore dell'automobile tra coloro che sono in grado di operare prevalentemente su tecnologie “*clean*” e coloro che rimangono specializzati su tecnologie “*dirty*”⁶. Dall'altro, è possibile acquisire nuove competenze e tecnologie direttamente sul mercato con operazioni di fusione e acquisizione (M&A) con altre imprese⁷. Alcuni lavori mettono in luce come le operazioni di M&A tendano a concentrarsi in alcuni periodi e settori, indice della loro maggiore probabilità di successo durante importanti fasi di transizione (Mitchell e Mulherin, 1996; Andrade e Stafford, 2004). Inoltre una transizione più rapida, grazie all'acquisizione di competenze e tecnologie difficili da sviluppare internamente, può fornire vantaggi immediati rispetto alle imprese concorrenti. Tuttavia, per poter ricorrere proficuamente a questa strategia, la letteratura individua come precondizione una adeguata “*absorptive capacity*”, vale a dire un livello di competenze sufficienti a consentire alle imprese di individuare sul mercato le tecnologie complementari per decodificarle e incorporarle nel “*know-how*” aziendale, una volta formalmente acquisite (Cohen e Levin, 1989; Griffith *et al.*, 2004). Il nostro lavoro (Orame e Pianese, 2022) si propone pertanto di confrontare le strategie adottate dalle imprese italiane nella transizione verso la produzione di veicoli a basse emissioni con quelle degli altri paesi dell'Unione Europea e della Gran Bretagna, testando statisticamente la presenza di comportamenti distinti e interpretando i risultati alla luce della letteratura alla quale intende contribuire.

I dati. – Attraverso il dataset ORBIS di Bureau van Dijk è stato possibile individuare un campione di circa 6.000 imprese operanti nel settore dell'auto europeo tra il 2013 e il 2018, includendo nell'analisi le informazioni sulla situazione economico-finanziaria provenienti dai bilanci di esercizio⁸. Per valutare la loro attività innovativa si è invece fatto ricorso ai dati sulle domande di brevetto, rintracciabili nel database PATSTAT dello European Patent Office (EPO), associando alle imprese del nostro campione le informazioni sui brevetti depositati. Tale assegnazione univoca è stata resa possibile sviluppando un algoritmo di attribuzione approssimata (“*fuzzy matching*”) basato su varie misure di similarità tra le informazioni riguardanti le imprese del campione e quelle relative agli assegnatari dei brevetti⁹. Da ultimo,

⁴ In merito ai dubbi sulla capacità di taluni settori di rispondere a shock di particolare portata cfr., ad esempio, Jensen (1993). Sulla diversa rapidità di reazione agli shock nell'industria dell'auto cfr. Bresnahan e Ramey (1993).

⁵ A conferma della maggiore complessità tecnologica dei veicoli elettrici, in un recente articolo del *Financial Times* si afferma come in un'auto elettrica sono presenti circa 100 milioni di linee di codice di programmazione, mentre in un aereo di linea ve ne sono “solo” 14 milioni.

⁶ Si fa riferimento a tecnologie che consentano o meno di produrre auto in grado di avere un impatto contenuto sull'ambiente. Cfr. Aghion *et al.* (2016) e Malerba (1992).

⁷ Cefis e Marsili (2015) notano come l'attività di M&A possa aiutare l'impresa a passare da non innovatrice a innovatrice, vale a dire a superare la cosiddetta “*innovation threshold*”.

⁸ È stato selezionato un campione chiuso di imprese, operanti nella manifattura di autoveicoli e di componenti meccanici e elettronici a cavallo del 2015, con classificazione statistica delle attività economiche NACE 29 e con sede legale nell'area EU27 o nel Regno Unito.

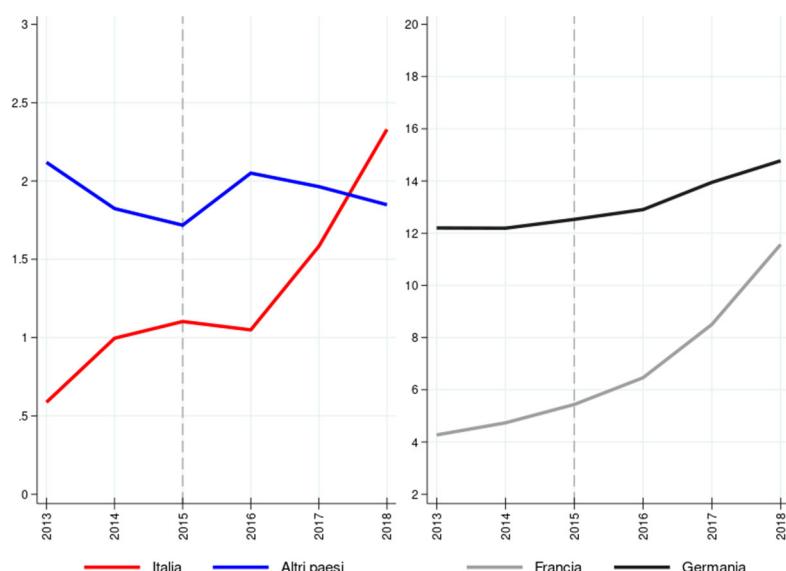
⁹ Il nostro algoritmo estende a livello europeo e amplia la metodologia di attribuzione descritta in Lotti e Marin (2013).

si sono analizzate anche le operazioni di fusione e acquisizione di queste imprese tra il 2013 e il 2018. A tal fine si è fatto ricorso alle informazioni rese disponibili nel dataset ZEPHYR di Bureau van Dijk. La presenza di dati granulari ha anche consentito, da una parte, di indagare la natura delle domande di brevetto potendo così distinguere i brevetti direttamente o indirettamente orientati alla riduzione delle immissioni di inquinanti¹⁰ e, dall'altra, di valutare il contenuto tecnologico del settore di appartenenza delle imprese acquisite nelle operazioni di M&A¹¹.

I risultati. – Tra il 2013 e il 2018 l'attività brevettuale delle imprese italiane nel settore dell'auto è fortemente aumentata, in particolare dopo il 2015, quando le imprese italiane hanno intensificato la propensione a brevettare, indice di maggiori sforzi nell'attività interna di R&D. Tale aumento non è stato tuttavia sufficiente a colmare il divario esistente con la Francia e la Germania, i principali paesi di confronto (Figura 16.3). Indicazioni del tutto analoghe emergono focalizzando l'analisi su quei brevetti che sono direttamente o indirettamente orientati alla riduzione delle emissioni inquinanti.

Figura 16.3 Brevetti

(indici)



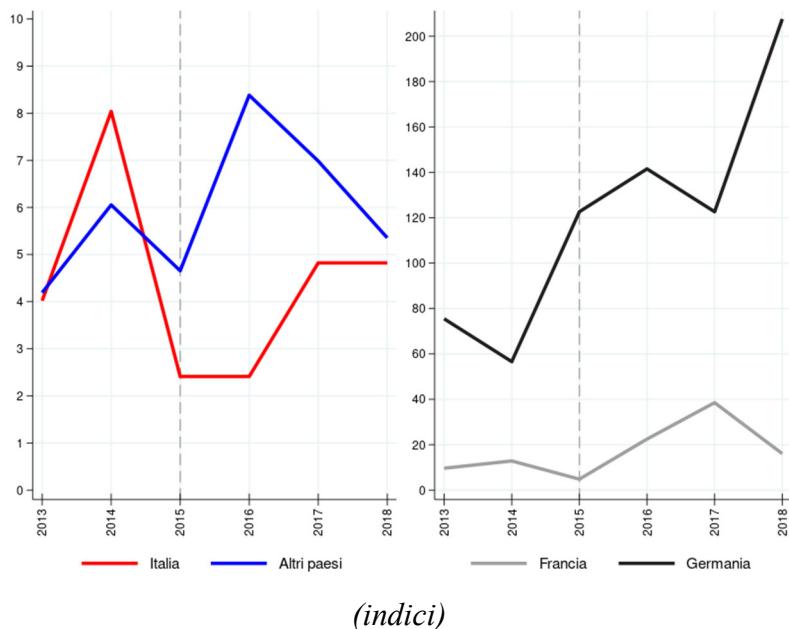
Nota: numero di domande di brevetto su totale attivo in migliaia di euro. “Altri paesi” rappresenta la media di Unione Europea e Gran Bretagna, a esclusione di Italia, Francia e Germania.

Fonte: PATSTAT.

¹⁰ Utilizzando lo schema di classificazione CPC (Cooperative Patent Classification) è stato possibile identificare i brevetti le cui tecnologie sono dedicate all'adattamento al cambiamento climatico (classe Y02A) e alla mitigazione dei suoi effetti (classi Y02E, Y02P, Y02T, Y04S).

¹¹ In particolare si è tenuto traccia di quei compatti che, secondo la classificazione EUROSTAT, appartengono, nel settore manifatturiero, alle classi “high-technology” e medium-high technology” e, nei servizi, alla classe “high-tech knowledge-intensive”.

Figura 16.4 Fusioni e acquisizioni (M&A)



Nota: numero di M&A su totale imprese (in migliaia). “Altri paesi” rappresenta la media di Unione Europea e Gran Bretagna, a esclusione di Italia, Francia e Germania.

Fonte: Zephyr - Bureau van Dijk.

Guardando invece all’acquisizione di nuove competenze sul mercato, le imprese italiane hanno fatto sistematicamente minor ricorso alle operazioni di M&A rispetto alle loro pari europee (Figura 16.4). Risultati analoghi emergono inoltre focalizzando l’analisi sulle operazioni di fusione e acquisizione che coinvolgono almeno una impresa che opera in un settore ad alto contenuto tecnologico.

L’evidenza finora presentata è di natura descrittiva. Essa potrebbe riflettere altri elementi di diversità che caratterizzano le imprese italiane nel confronto con quelle degli altri paesi. Innanzitutto le singole imprese italiane potrebbero avere caratteristiche che le distinguono in modo sistematico da quelle europee, influenzando quindi gli andamenti descritti a livello aggregato (si pensi alla classe dimensionale o alla diversa tendenza a proteggere i risultati della propria attività innovativa con un brevetto). Oltre a questo, negli anni successivi al 2015, le singole imprese potrebbero differire tra loro prima nella loro propensione a brevettare o a fare operazioni di M&A (margini estensivo), e poi nel numero di brevetti o M&A (margini intensivo). Mentre il margine estensivo descrive la scelta (binaria) di fare o meno innovazione all’interno dell’impresa o di acquisire competenze e tecnologie esternamente, le decisioni riguardanti il margine intensivo determinano il livello complessivo dell’innovazione e delle acquisizioni, ossia quanto innovare o quante imprese acquisire. Per tenere conto di queste differenze abbiamo utilizzato differenti modelli econometrici, in grado di valutare e correggere ciascuna di queste possibili distorsioni dell’analisi¹².

Il quadro descrittivo iniziale trova una conferma statisticamente significativa nei principali coefficienti stimati. Per quanto riguarda il margine estensivo dell’attività innovativa le imprese italiane hanno aumentato di più, a parità di altri fattori, la propensione a brevettare negli anni successivi al 2015 sia rispetto al passato sia rispetto alle altre imprese europee del settore (+12

¹² Oltre ai classici modelli lineari, per i margini estensivi si è fatto ricorso a modelli probit, logit ad effetti fissi e modelli probit che utilizzano la correzione di Heckman per campioni distorti. Per i margini intensivi si è utilizzato modelli Poisson, Poisson ad effetti fissi e modelli Poisson che utilizzano la correzione di Heckman per campioni distorti.

per cento), senza tuttavia riuscire a colmare il divario preesistente con i principali paesi dell'area. Tuttavia, analizzando esclusivamente i brevetti volti alla riduzione delle emissioni inquinanti, i risultati perdono di significatività statistica, segnalando come diventare nuovi innovatori nel campo di una tecnologia complessa come quella “green”, possa essere più difficile. L'analisi del margine intensivo offre poi ulteriori spunti. Il numero di brevetti (“green” e non) depositati dalle imprese innovative italiane dopo il 2015 non è statisticamente diverso da quello delle altre imprese europee; si osserva invece un forte incremento dell'intensità innovativa quando si considerano esclusivamente i brevetti che incorporano tecnologie di mitigazione degli effetti del cambiamento climatico. I risultati mostrano quindi come la coorte delle imprese innovative italiane del settore dell'auto, a seguito dello shock del 2015, abbia dato priorità all'attività innovativa sulle tecnologie “green”. Per quanto riguarda l'attività di M&A, invece, negli anni successivi al 2015, le imprese italiane sono state meno attive, *ceteris paribus*, rispetto sia al loro passato sia alle altre imprese europee del settore (-15 per cento). Le possibilità di acquisizioni multiple da parte di imprese italiane sono virtualmente scomparse dopo il 2015. In confronto con i loro concorrenti europei, la riduzione si è attestata a circa il 70 per cento (nella stima più conservativa), con effetti ancora più severi nel caso di acquisizioni di imprese ad alto contenuto tecnologico. Il settore dell'automobile italiano è quindi rimasto praticamente escluso dalla forte ondata di acquisizioni alimentata dall'intensa domanda di tecnologie verdi. Diverse analisi di robustezza hanno confermato la validità di questi risultati. Anche escludendo dall'analisi i principali produttori di auto e dividendo il campione tra piccole e grandi imprese, le analisi confermano l'ipotesi di una diversa traiettoria delle imprese italiane nella risposta allo shock che ha colpito il settore dell'auto nel 2015.

Conclusioni. – La letteratura fornisce utili elementi per interpretare i risultati descritti. Cefis e Marsili (2015) mostrano come l'attività di M&A possa aiutare le imprese a varcare la soglia che distingue i non innovatori o gli innovatori occasionali dagli innovatori persistenti, ovvero passare la cosiddetta “*innovation threshold*”. Tuttavia Hagedoorn e Wang (2012) indicano come per compiere efficacemente questo passo sia anche necessario aver già sviluppato internamente un livello minimo di competenze per riconoscere il valore delle nuove informazioni, assimilarle e applicarle a fini commerciali, vale a dire aver sviluppato internamente la cosiddetta “*absorptive capacity*”. Aghion *et al.* (2016), in uno studio specifico sul settore dell'automobile, sostengono inoltre che la capacità innovativa di oggi sulla tecnologia “green” dipende strettamente da quella sviluppata in precedenza. I dati sembrano suggerire che le imprese italiane stiano cercando di sviluppare ora le competenze interne necessarie al processo di transizione all'auto elettrica, mentre il resto d'Europa, in media, sembra essere già al passo successivo. Tale evidenza è ancora più importante alla luce della recente approvazione da parte del Parlamento Europeo del divieto di vendita di auto con motore endotermico a partire dal 2035¹³. Il ritardo nell'adeguamento delle tecnologie produttive di oggi, se non recuperato nei prossimi anni, potrebbe mettere a repentaglio domani significative quote di mercato per le imprese italiane in favore delle imprese concorrenti.

¹³ L'8 giugno 2022, il Parlamento Europeo in seduta plenaria ha votato favorevolmente all'adozione del piano “*fit for 55*” della Commissione Europea. Per entrare in vigore la proposta legislativa della Commissione avrà comunque bisogno nei prossimi mesi una ratifica da parte degli stati membri dell'Unione.

BIBLIOGRAFIA

- Aghion, P., Dechezleprêtre, A., Hemous, D., Martin, R. and J. Van Reenen, *Carbon taxes, path dependency and directed technical change: Evidence from the auto industry*, “Journal of Political Economy”, 124(1), 2016, 1-51.
- Andrade, G. and E. Stafford, *Investigating the economic role of mergers*. “Journal of Corporate Finance”, 10(1), 2004, 1-36.
- Arora, A., Ceccagnoli, M. and W. M. Cohen, *R&D and the patent premium*, “International Journal of Industrial Organization”, 26(5), 2008, 1153-1179.
- Bresnahan, T. F. and V. A. Ramey, *Segment shifts and capacity utilization in the US automobile industry*, “The American Economic Review”, 83(2), 1993, 213-218.
- Bugamelli, M., Cannari, L., Lotti, F. and S. Magri, *The innovation gap of Italy’s production system: roots and possible solutions*, Banca d’Italia, Questioni di economia e finanza, 121, 2012.
- Cefis, E. and O. Marsili, *Crossing the innovation threshold through mergers and acquisitions*. “Research Policy”, 44(3), 2015, 698-710.
- Cohen, W. M. and R. C. Levin, *Empirical studies of innovation and market structure*. “Handbook of Industrial Organization”, 2, 1989, 1059-1107.
- Griffith, R., Redding, S. and J. V. Reenen, *Mapping the two faces of R&D: Productivity growth in a panel of OECD industries*, “Review of Economics and statistics”, 86(4), 2004, 883-895.
- Hagedoorn, J. and N. Wang, *Is there complementarity or substitutability between internal and external R&D strategies?* “Research Policy”, 41(6), 2012, 1072-1083.
- Jensen, M. C., *The modern industrial revolution, exit and the failure of internal control systems*, “The Journal of Finance”, 48(3), 1993, 831-880.
- Lerner, J. and F. Zhu, *What is the impact of software patent shifts? Evidence from Lotus v. Borland*, “International Journal of Industrial Organization”, 25(3), 2007, 511-529.
- Lotti, F. and G. Marin, *Matching of PATSTAT applications to AIDA firms: discussion of the methodology and results*, Banca d’Italia, Questioni di economia e finanza, 166, 2013.
- Malerba, F., *Learning by Firms and Incremental Technical Change*, “The Economic Journal”, 102(413), 1992, 845-859.
- Mitchell, M. L. and J. H. Mulherin, *The impact of industry shocks on takeover and restructuring activity*, “Journal of Financial Economics”, 41(2), 1996, 193-229.
- Orame, A. and D. Pianeselli, *Thinking the Green Transition: Evidence from the Automotive Industry*, mimeo, 2022.

17. L'OFFERTA DI CREDITO E GLI INVESTIMENTI SOSTENIBILI

Antonio Accetturo*, Giorgia Barboni^a, Michele Cascarano*, Emilia Garcia-Appendini^b,
Marco Tomasi^c

Classificazione JEL: G32; Q54; Q55

Parole chiave: Climate finance, intermediazione finanziaria, offerta di credito.

Introduzione. – Entro il 2050 l'Unione Europea si è posta l'ambizioso obiettivo di azzerare le proprie emissioni nette di CO₂ al fine mitigare gli effetti del cambiamento climatico. A tale scopo molte aziende dovranno iniziare a sostenere rilevanti investimenti per ridurre la propria impronta ecologica, sostituendo tecnologie ad alta intensità di emissioni con altre meno impattanti dal punto di vista ambientale. Secondo la più recente Investment Survey condotta dalla Banca europea per gli investimenti circa la metà delle imprese europee aveva investito nel 2020 in tecnologie per l'efficientamento energetico, dieci punti percentuali in più rispetto all'anno prima. La stessa indagine, tuttavia, indica l'esistenza di vincoli finanziari che rappresentano un ostacolo rilevante agli investimenti sostenibili (o "verdi") per oltre un quarto delle imprese.

La disponibilità di fonti di finanziamento esterne ha infatti un ruolo importante nelle decisioni di investimento delle imprese (si veda per esempio Peek e Rosengren, 2000; Campello *et al.*, 2010; Ferrando *et al.*, 2019); in particolare, le variazioni dell'offerta di credito bancario, principale fonte di finanziamento delle imprese italiane, influiscono in misura significativa sulle scelte di accumulazione di capitale delle aziende, soprattutto nei periodi recessivi (Gaiotti, 2013; Cingano *et al.*, 2016).

Nel nostro contributo (Accetturo *et al.*, 2022) affrontiamo questo tema, indagando il ruolo della disponibilità di finanziamenti per la transizione ecologica. Analizziamo in particolare l'impatto delle variazioni nell'offerta di credito bancario sugli investimenti sostenibili da parte delle aziende, una relazione finora mai indagata nella letteratura economica¹.

La relazione tra disponibilità di credito e investimenti verdi è a priori ambigua. Gli investimenti verdi non sono necessariamente finalizzati a massimizzare il profitto delle imprese in quanto sono guidati dalla necessità di ridurre le loro esternalità negative sull'ambiente. In quest'ottica la disponibilità di credito potrebbe avere un effetto limitato sulla scelta di effettuare questo tipo di investimento. Negli ultimi anni tuttavia, per effetto dei cambiamenti climatici in atto e delle conseguenti modifiche nelle preferenze ambientali dei consumatori, gli imprenditori hanno incorporato tra le funzioni obiettivo dell'azienda gli impatti ambientali della propria attività (Hart and Zingales, 2017; Pàstor *et al.*, 2021), anche per evitare di incorrere in danni reputazionali che possono nuocere all'attività d'impresa nel suo complesso; la scelta di effettuare investimenti verdi potrebbe rivelarsi economicamente

* Filiale di Trento, Banca d'Italia.

^a University of Warwick, Warwick Business School and CAGE.

^b Department of Banking and Finance, University of Zurich.

^c Università di Trento.

¹ La letteratura sul tema della finanza sostenibile, più in generale, ha visto una crescita rilevante negli anni recenti concentrandosi, in particolare sui rischi del cambiamento climatico per il sistema finanziario (Giglio *et al.* (2021) per una rassegna sul tema) e sui comportamenti sostenibili degli intermediari e dei loro effetti sulle politiche di finanziamento (Degryse *et al.* (2020) e Kacperczyk e Peydró (2021) fra gli altri).

razionale e quindi soggetta anche alla disponibilità di risorse finanziarie. In questo contesto la relazione tra credito bancario e investimenti sostenibili necessita di una indagine empirica.

I dati. – I dati di bilancio delle imprese – che vengono tipicamente utilizzati per studiare le determinanti dell'accumulazione di capitale – non contengono dettagli circa i tipi di investimenti che le imprese intraprendono. Al fine di distinguere il livello di sostenibilità ambientale degli investimenti delle aziende si è proceduto con un'analisi dettagliata delle note integrative ai bilanci presenti nella base dati di Infocamere. Abbiamo utilizzato un algoritmo di analisi testuale, basato su un dizionario di parole che identificano attività ecologicamente sostenibili (come ad esempio “fotovoltaico”, “cogenerazione”, “energia rinnovabile” etc.) nelle note di commento all'attività di investimento (Tavola 17.1). Gli investimenti delle imprese sono stati quindi definiti “verdi” quando, nell'anno in cui sono stati intrapresi, una delle parole del dizionario è apparsa nella nota di commento al bilancio. Il nostro indicatore per investimenti verdi trova riscontro nei dati del censimento permanente ISTAT: a livello di regione-settore la misura è infatti positivamente correlata con la percentuale di imprese che ha fatto investimenti sostenibili. Il campione di analisi è composto da circa 30 mila imprese, principalmente piccole e medie, per le quali combiniamo dati di bilancio di fonte Cerved e informazioni sui rapporti creditizi di fonte Centrale dei Rischi, per il periodo tra il 2015 e il 2019, per un totale di più 110 mila osservazioni.

Tavola 17.1 Esempi di parole chiave che identificano attività ecologicamente sostenibili

#	Text
1	Spese di progettazione per l'ampliamento delle celle frigo e l'installazione di un impianto fotovoltaico (€ 5.148) e interventi generici di manutenzione straordinaria (€ 24.800), presso il settore del Mattatoio.
2	Attività di sviluppo precompetitivo finalizzate all'individuazione di nuove soluzioni tecniche e tecnologiche per la messa a punto di soluzioni innovative di packaging totalmente riciclabile e provenienti da fonti ecosostenibili.
3	Tali investimenti hanno valenza a fini ambientali in quanto lo scopo dell'investimento è di produrre energia elettrica mediante impianto alimentato da fonte rinnovabile solare e nel contempo di ridurre la domanda di energia da altre fonti tradizionali.
4	I modesti incrementi dell'esercizio sono riferiti all'aggiornamento della certificazione SOA e ad oneri connessi con la ricerca nel campo delle fonti rinnovabili.
5	Si ricorda che all'interno della categoria Impianti e macchinari sono compresi gli investimenti ambientali realizzati dalla società negli esercizi precedenti, costituiti da impianti fotovoltaici destinati alla produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili da impiegare nel ciclo produttivo.
6	Le aliquote di ammortamento mediamente applicate sono le seguenti: FABBRICATI 3% MOBILI E ATTREZZATURE 10% MACCHINE D'UFFICIO 12% ATTREZZATURA GENERICA 12,5% ATTREZZATURA SPECIFICA 12,5% BIANCHERIA E LANERIA 20% IMPIANTO FOTOVOLTAICO 15% IMPIANTO ANTINCENDIO 10% IMPIANTO DI RISCALDAMENTO 12%

Nota: La Tavola mostra un estratto di commenti alle voci relative alle immobilizzazioni materiali e immateriali presenti nelle note integrative ai bilanci delle imprese. Le parole in grassetto appartengono al dizionario utilizzato per identificare gli investimenti verdi.

Fonte: elaborazioni su dati Infocamere.

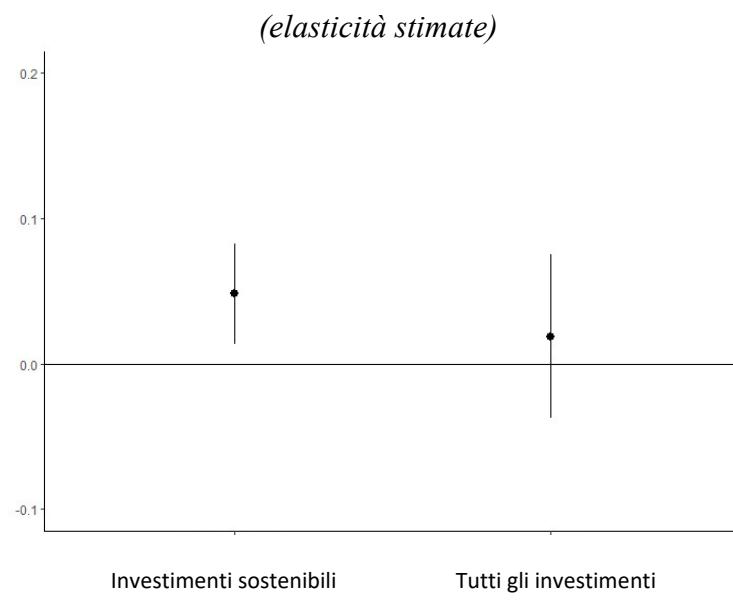
Il ruolo del credito bancario. – Nell'analizzare empiricamente la relazione tra disponibilità di credito bancario e investimenti verdi è importante tenere in considerazione diversi problemi di endogeneità delle stime. Una correlazione positiva tra finanziamenti esterni e accumulazione di capitale potrebbe dipendere non solo da fattori di offerta (la maggiore disponibilità di finanziamento *determina* un aumento la propensione a investire) ma anche da fattori di domanda (l'aumento della propensione a investire da parte delle

imprese *comporta* un incremento dei finanziamenti richiesti al sistema bancario). È inoltre possibile che le imprese che decidono di intraprendere investimenti sostenibili siano strutturalmente diverse dalle altre e caratterizzate, per esempio, da una maggiore produttività e migliori pratiche manageriali; queste caratteristiche, a loro volta, influiscono sul loro merito di credito e quindi sulle loro possibilità di accedere ai finanziamenti bancari. Al fine di risolvere empiricamente questi problemi si considerano degli shock esogeni all'offerta di credito bancario, che quindi non dipendano dalle caratteristiche delle imprese e dalla loro propensione *ex ante* a investire in tecnologie sostenibili. A tale fine è stata utilizzata la strategia proposta da Berton *et al.* (2018) e Greenstone *et al.* (2020). Nello specifico è stato costruito un indice che utilizza le variazioni nel tempo della propensione delle singole banche a offrire credito al netto della domanda di finanziamenti che esse fronteggiano; tale indice viene utilizzato come strumento per i prestiti bancari effettivamente ricevuti dalle imprese.

I risultati mostrano che gli investimenti verdi rispondono all'offerta di credito in modo economicamente significativo: un aumento del credito del 10 per cento si riflette in un incremento di 0,5 punti percentuali della probabilità che un'impresa intraprenda un investimento sostenibile (pari in media al 6 per cento). In termini relativi, una variazione di una deviazione standard dell'offerta di credito si associa a una variazione di circa il 14 per cento della deviazione standard della probabilità di investire in tecnologie verdi. Questa relazione risulta essere più forte rispetto a quella tra disponibilità di prestiti e investimenti generici (quindi non necessariamente "verdi") da parte delle aziende (Figura 17.1).

Tale differenza è dovuta alla circostanza per cui gli investimenti verdi necessitano di un maggiore impegno finanziario da parte delle imprese, rendendoli quindi più dipendenti da finanziamenti esterni rispetto a quelli ordinari. Utilizzando un indicatore di vincolo finanziario noto in letteratura come indice "SA" (Hadlock e Pierce, 2010), si evidenzia infatti come la relazione tra offerta di credito e investimenti sostenibili è più marcata per le imprese maggiormente vincolate sul mercato del credito, tipicamente più piccole e giovani.

Figura 17.1 Investimenti sostenibili e offerta di credito

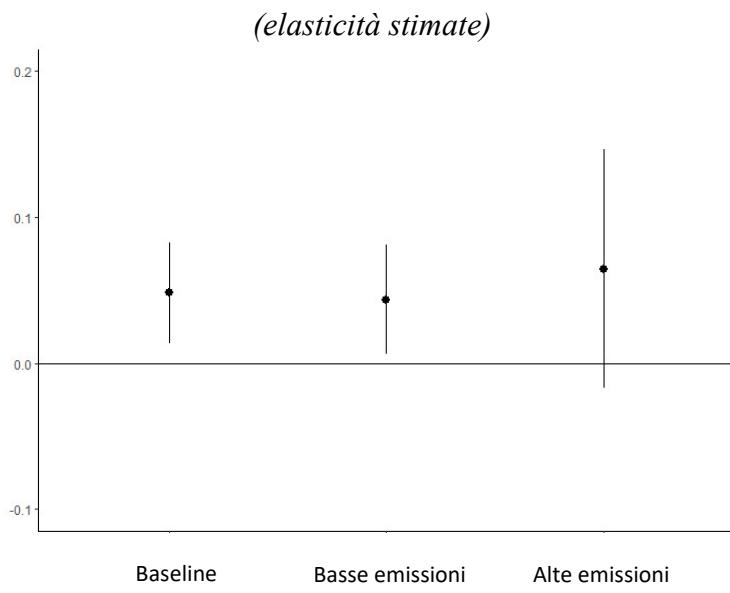


Nota: La figura rappresenta i risultati rispetto all'offerta di credito degli investimenti sostenibili e degli investimenti. Le barre di errore riportano l'intervallo di confidenza del 95%.

Fonte: Elaborazioni degli autori su dati Cerved, Centrale dei rischi.

Il ruolo delle attività più inquinanti. – La relazione positiva tra offerta di credito bancario e investimenti verdi potrebbe dipendere anche dal loro migliore rendimento aggiustato per il rischio che li caratterizza (Delis *et al.*, 2018). Per esempio, la scelta di adottare una tecnologia più sostenibile potrebbe aumentare di molto la probabilità di sopravvivenza o la redditività per le aziende particolarmente inquinanti, soprattutto in una fase storica caratterizzata dalla necessità di ridurre in maniera considerevole l'impronta carbonica delle attività produttive. Il sistema bancario potrebbe trovare quindi profittevole finanziare queste attività. I nostri risultati non indicano, tuttavia, una differenza statisticamente significativa nell'elasticità della propensione agli investimenti verdi all'offerta di credito fra le aziende più o meno inquinanti (Figura 17.2).

**Figura 17.2 Investimenti verdi e offerta di credito
Il ruolo delle attività più inquinanti**



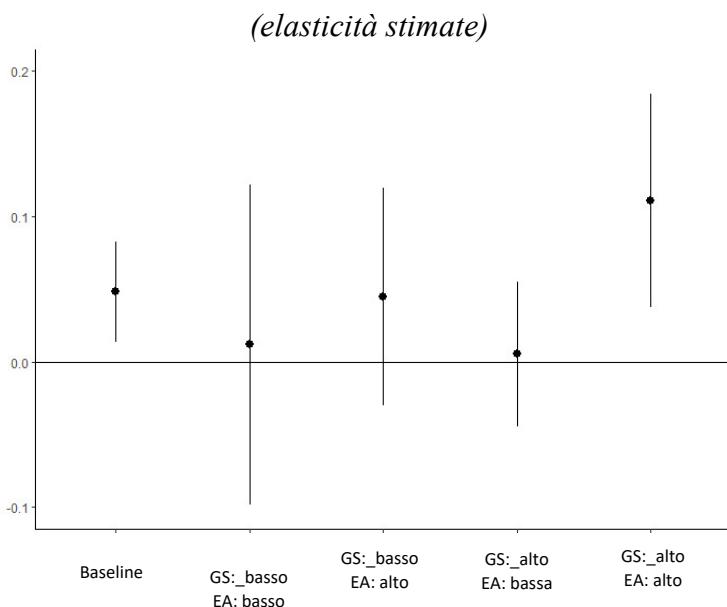
Nota: La Figura rappresenta l'elasticità degli investimenti sostenibili rispetto all'offerta di credito per diverse intensità di emissioni di gas ad effetto serra. Le barre di errore riportano l'intervallo di confidenza del 95%.

Fonte: Elaborazioni degli autori su dati Cerved, Centrale dei rischi, World Input Output Database.

Il ruolo delle preferenze ambientali. – Come accennato in precedenza i temi ambientali possono essere incorporati dagli imprenditori nelle loro scelte di investimento, riducendo quindi l'esternalità tipicamente associata agli investimenti sostenibili (Krueger *et al.*, 2020; Choi *et al.*, 2020; Briere and Ramelli, 2021). Per analizzare questo canale, non essendo in grado di osservare le preferenze delle singole aziende, misuriamo le preferenze ambientali a livello regionale utilizzando la quota di popolazione che attribuisce un peso maggiore alla protezione ambientale, secondo l'European Value Study del 2017, e i tassi di ricerca su Google per “cambiamento climatico”. I risultati mostrano che la consapevolezza dei rischi ambientali riveste un ruolo importante: l'elasticità degli investimenti verdi all'offerta di credito è infatti più elevata dove l'importanza attribuita alla protezione dell'ambiente è maggiore, indicando quindi l'esistenza di una complementarietà tra risorse finanziarie e preferenze della popolazione.

Il ruolo dei sussidi pubblici. – Un altro potenziale *driver* degli investimenti verdi sono i sussidi pubblici, la cui disponibilità può essere misurata a livello regionale partendo dalle informazioni presenti nel Registro Nazionale degli Aiuti di Stato. Mostriamo che solo le imprese situate in regioni con un elevato livello di sussidi mostrano una tendenza statisticamente significativa a effettuare investimenti “verdi” quando la loro offerta di credito aumenta. Quando si include nell’analisi la coscienza ambientale della popolazione locale, troviamo che solo le imprese ubicate in regioni appartenenti sia ai gruppi con un’elevata incidenza di incentivi verdi sia ad alta consapevolezza ambientale hanno maggiori probabilità di realizzare investimenti sostenibili se la disponibilità di credito aumenta (Figura 17.3). Questi risultati suggeriscono l’esistenza di una complementarietà tra credito bancario, sussidi pubblici e preferenze della popolazione nello stimolare investimenti sostenibili.

**Figura 17.3 Investimenti verdi e offerta di credito
Il ruolo dei sussidi pubblici**



Nota: La Figura rappresenta l’elasticità degli investimenti sostenibili rispetto all’offerta di credito per diverse combinazioni di sussidi verdi (GS) e consapevolezza ambientale (EA). Ciascuna variabile secondaria ha valore alto (basso) nel caso in cui la regione si trovi a destra (sinistra) nella distribuzione dei valori della variabile primaria. Le barre di errore riportano l’intervallo di confidenza del 95%.

Fonte: Elaborazioni degli autori su dati Cerved, Centrale dei rischi, Google, Registro Nazionale degli Aiuti di Stato.

Conclusioni. – I nostri risultati mostrano che l’offerta di credito aumenta la propensione delle imprese a effettuare investimenti in tecnologie verdi. Tale impatto è maggiore nelle aree in cui è più forte la consapevolezza dei temi ambientali e maggiore il coinvolgimento dell’operatore pubblico nel finanziare la transizione ecologica. È possibile individuare due implicazioni di rilievo per la politica economica. La prima fa riferimento al ruolo del sistema bancario che è in grado di veicolare, in un paese “bancocentrico” come l’Italia, una parte rilevante dei finanziamenti necessari per effettuare interventi volti a mitigare gli effetti del cambiamento climatico; riduzioni repentine dell’offerta di credito, come avvenuto in passato in occasione della grande recessione e della crisi del debito sovrano, possono quindi avere effetti negativi non solo sull’accumulazione di fattori produttivi (capitale e lavoro, si veda Cingano *et al.*, 2016 e Berton *et al.*, 2018) ma anche sulla capacità delle imprese di adottare

tecnologie sostenibili. La seconda riflette il ruolo della coscienza ambientale della popolazione e (presumibilmente, di riflesso) degli amministratori locali. La capacità del credito bancario di incrementare la propensione a fare investimenti sostenibili è positiva solo laddove le preferenze della popolazione favoriscono l'inclusione della sostenibilità ambientale nella funzione obiettivo delle imprese. In questo senso politiche mirate a promuovere un comportamento pro-sociale dei cittadini e degli imprenditori potrebbero ulteriormente accelerare la transizione in atto.

BIBLIOGRAFIA

- Accetturo, A., Barboni, G., Cascarano, M., Garcia-Appendino, E. e M. Tomasi, *L'offerta di credito e gli investimenti sostenibili*, mimeo, 2022.
- Bertone, F., Mocetti, S., Presbitero, A. and M. Richiardi, *Banks, firms and jobs*, "Review of Financial Studies", 31(6):2113–2156, 2018.
- Briere, M. and S. Ramelli, *Green sentiment, stock returns and corporate behavior*, Available at SSRN 3850923, 2021.
- Campello, M., Graham, J. R. and C. R. Harvey, *The real effects of financial constraints: Evidence from a financial crisis*, "Journal of financial Economics", 97(3):470–487, 2010.
- Choi, D., Gao, Z. and W. Jiang, *Attention to global warming*, "The Review of Financial Studies", 33(3):1112–1145, 2020.
- Cingano, F., Manaresi, F. and E. Sette, *Does credit crunch investment down? new evidence on the real effects of the bank-lending channel*, "Review of Financial Studies", 29(10):2737–2773, 2016.
- Degryse, H., Goncharenko, R., Theunisz, C. and T. Vadasz, *When Green Meets Green*, CEPR Discussion Paper, No. DP16536, 2021.
- Delis, M., De Greiff, K. and S. Ongena, *Being stranded on the carbon bubble? climate policy risk and the pricing of bank loans*, SFI Research Paper, (8-10), 2018.
- Ferrando, A., Popov, A. and G. F. Udell, *Do smes benefit from unconventional monetary policy and how? Microevidence from the Eurozone*, "Journal of Money, Credit and Banking", 51(4):895–928, 2019.
- Gaiotti, E., *Credit availability and investment: Lessons from the “great recession”*, "European Economic Review", 59(C): 212-227, 2013.
- Giglio, S., Kelly, B. and J. Stroebel, *Climate finance*, "Annual Review of Financial Economics", 13, 15-36, 2021.
- Greenstone, M., Mas, A. and H.-L. Nguyen, *Do credit market shocks affect the real economy? quasi-experimental evidence from the great recession and normal economic times*, "American Economic Journal: Economic Policy", 12(1):200–225, 2020.
- Hadlock, C. J. and J. R. Pierce, *New evidence on measuring financial constraints: Moving beyond the kz index*, "The Review of Financial Studies", 23(5):1909–1940, 2010.
- Hart, O. and L. Zingales, *Companies should maximize shareholder welfare not market value*, "Journal of Law, Finance and Accounting", 2(2):247–275, 2017.
- Kacperczyk, M. and J. L. Peydró, *Carbon Emissions and the Bank-Lending Channel*, CEPR Discussion Papers, No. 16778, 2021.

Krueger, P., Sautner, Z. and L. T. Starks, *The importance of climate risks for institutional investors*, “Review of Financial Studies”, 33(3):1067–1111, 2020.

Peek, J. and E. S. Rosengren, *Collateral damage: Effects of the Japanese bank crisis on real activity in the united states*, “American Economic Review”, 90(1):30–45, 2000.