



Università degli Studi di Milano  
Jean Monnet Centre of Excellence

“The impact of European Union Research and Innovation  
Policy upon Services of General Interest”

With the support of the Erasmus+ Programme of the European Union



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
JEAN MONNET CENTRE OF EXCELLENCE**

***CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN AMMINISTRAZIONI E POLITICHE  
PUBBLICHE***

***Politiche europee della ricerca e dell'innovazione***

**Un'infrastruttura pubblica nell'ambito dello *European Chips Act*:  
riflessioni in un'ottica di analisi costi-benefici.**

**Elaborato di:**

Natalia Arengi (matr. 974950)  
Alessandro Caricato (matr. 982652)  
Iacopo Fiorinelli (matr. 972486)  
Stefano Folador (matr. 982678)

**Anno accademico 2021-2022**

### ***Executive summary***

Questo elaborato è volto ad individuare una struttura concettuale da seguire per condurre un'analisi costi-benefici *ex ante* sulla costruzione di un'infrastruttura pubblica europea che, nell'ambito dello *European Chips Act* proposto dalla Commissione europea l'8 febbraio 2022, si ponga la missione di garantire la messa in sicurezza dell'approvvigionamento di una quota essenziale di microchip per il sistema imprenditoriale europeo nel periodo 2023-2032. Dopo una breve descrizione del contesto entro il quale le istituzioni europee si trovano ad agire, si è passati all'esame dei costi e dei benefici sociali del progetto. Secondo le stime degli autori i costi sociali attualizzati - derivanti dalla somma dei costi di costruzione dell'infrastruttura pubblica, dei costi operativi della stessa, dei costi ambientali e dei costi in Ricerca & Sviluppo - ammontano a 34,59 miliardi di euro. Per ciò che concerne i benefici sociali, pur non essendo stato possibile giungere alla quantificazione del loro valore monetario a causa della mancanza di informazioni chiave, è stato elaborato un impianto teorico funzionale al loro calcolo. In particolare, si sono presi in considerazione i benefici sociali per le imprese e per i consumatori. Pur non essendo stato possibile calcolare quantitativamente l'*Economic Net Present Value*, nel corso dell'elaborato sono spiegati i motivi per cui è possibile supporre che, nel caso di una nuova carenza di microchip tra il 2023 e il 2032, quest'ultimo risulti maggiore di zero. Allo stesso modo, dalla lettura del testo è possibile comprendere le ragioni per cui, nello scenario di normale funzionamento del mercato dei semiconduttori nel periodo considerato, valutare se l'*Economic Net Present Value* sia maggiore o minore di zero presenta delle difficoltà ulteriori.

## ***Indice***

<b>INTRODUZIONE</b> .....	1
<b>1. CONTESTO</b> .....	2
1.1 Perché una legge europea sui semiconduttori?.....	2
1.2 Quali sono le principali caratteristiche dell'industria dei microchip?.....	2
1.3 Qual è lo stato dell'arte del mercato dei semiconduttori in una prospettiva europea? .....	3
1.4 In che modo l'Ue intende affrontare gli attuali problemi con <i>lo European Chips Act</i> ? .....	4
<b>2. COSTI</b> .....	5
2.1 <i>Mega Fab</i> Europea .....	5
2.1.1 Costi di costruzione .....	6
2.1.2 Costi operativi .....	6
2.1.3 Costi ambientali.....	7
2.1.4 Costi per l'iniziativa " <i>Chips for Europe</i> " .....	9
2.2 Costi totali .....	10
<b>3. BENEFICI</b> .....	11
3.1 Benefici per le imprese.....	11
3.2 Benefici per i consumatori .....	14
<b>CONCLUSIONI</b> .....	16
<b><i>Riferimenti bibliografici</i></b> .....	18
<b><i>Sitografia</i></b> .....	21

## ***INTRODUZIONE***

L'oggetto di questo elaborato è una discussione critica - in un'ottica di analisi costi-benefici - dello *European Chips Act*, la proposta di Regolamento in materia di semiconduttori resa pubblica dalla Commissione europea lo scorso febbraio. In particolare, in questa sede si rifletterà sull'opportunità di costituire un'infrastruttura pubblica europea che consenta di raggiungere l'obiettivo prefissato dal progetto: raddoppiare la quota europea sul mercato dei microchip portandola dall'attuale 9% al 20% entro il 2030.

La domanda di ricerca alla quale si vuole rispondere è la seguente: i benefici per le imprese e per i consumatori europei derivanti dalla costruzione di un'infrastruttura pubblica nell'ambito della "Legge europea sui semiconduttori" sarebbero superiori ai costi sociali sostenuti? Per rispondere a questa domanda nel corso del testo si propone un modello concettuale per calcolare costi e benefici sociali e per valutare i risultati ottenuti in una logica di analisi costi-benefici.

La rilevanza di tale domanda di ricerca è spiegata dalla centralità del tema oggetto di indagine. I microchip sono un componente sempre più essenziale per una serie di beni e strumenti fondamentali nella vita di tutti i giorni (*smartphone*, *pc*, televisori, elettrodomestici, automobili, dispositivi sanitari, ecc.). Nessuno Stato al mondo, però, è autonomo nella produzione dei semiconduttori né lo diventerà a breve. Nel corso dell'ultimo ventennio la quota di mercato europea nel settore dei semiconduttori si è ridotta drasticamente, esponendo i paesi europei ad una fortissima dipendenza dagli attori statunitensi e (soprattutto) asiatici. Una delle sfide dei prossimi anni per l'Unione europea sarà quindi proprio quella di raggiungere una maggiore autosufficienza in questo settore strategico. Tale obiettivo sembra possa essere raggiunto soltanto consentendo la costruzione di una mega *fab* di microchip entro i confini europei. Sebbene la Commissione europea sembri propensa ad affidare ad un soggetto privato questo compito, anche mediante l'autorizzazione all'erogazione di aiuti di Stato, chi scrive ritiene che le istituzioni europee non debbano scartare a priori l'ipotesi della costituzione di un'infrastruttura pubblica europea volta al raggiungimento dell'obiettivo prefissato. Questa possibilità, seppur distante dall'approccio seguito abitualmente dalla Commissione in materia di concorrenza, potrebbe avere un impatto socio-economico molto interessante sia sul sistema imprenditoriale europeo sia sui consumatori europei.

## 1. CONTESTO

L'obiettivo di questa sezione è quello di fornire un quadro sintetico del contenuto dello *European Chips Act* e del motivo per cui la Commissione europea, alla luce dell'andamento del mercato globale dei semiconduttori, ritiene che l'approvazione di questo atto normativo non sia più rimandabile. Al fine di garantire la più ampia coerenza possibile, l'esposizione di questa sezione sarà ancorata a quattro domande fondamentali.

### 1.1 Perché una legge europea sui semiconduttori?

I chip a semiconduttore<sup>1</sup> sono un elemento centrale dell'economia digitale. Essi sono fondamentali per i settori della telefonia, delle automobili, delle infrastrutture critiche della sanità, dell'energia, delle comunicazioni, fino alla maggior parte degli altri settori industriali. I chip sono inoltre essenziali per le tecnologie del futuro, quali l'intelligenza artificiale e le comunicazioni 5G/6G. In altri termini, senza chip il "digitale" non esiste.

Negli ultimi anni, a causa della pandemia da Covid-19, l'Europa ha assistito a perturbazioni dell'approvvigionamento di chip che hanno causato disagi in diversi settori economici. La carenza di semiconduttori a livello mondiale ha reso evidente la dipendenza dell'Europa dall'offerta di un numero limitato di imprese e di zone geografiche e la sua vulnerabilità alle restrizioni all'esportazione decise da paesi terzi.

I semiconduttori sono al centro della corsa tecnologica mondiale. I vari paesi intendono garantirsi l'approvvigionamento dei chip più avanzati perché ciò condizionerà la loro capacità di agire sul piano economico, industriale e militare. Per questo motivo l'Europa, per garantire la competitività futura e la sicurezza dell'approvvigionamento di microchip, deve rafforzare le proprie potenzialità produttive (European Commission, 2021).

### 1.2 Quali sono le principali caratteristiche dell'industria dei microchip?

Negli ultimi anni, l'industria dei semiconduttori ha adottato una strategia denominata "*More than Moore*"<sup>2</sup>: la progettazione e la ricerca di chip evolvono principalmente in

---

<sup>1</sup> I semiconduttori sono materiali appartenenti alla categoria dei semimetalli e possono assumere una resistività superiore a quella dei conduttori ma inferiore a quella degli isolanti. Essi sono alla base di tutti i principali dispositivi elettrici e micro-elettrici a stato solido.  
<https://it.wikipedia.org/wiki/Semiconduttore>.

<sup>2</sup> L'espressione origina dalla c.d. "Legge di Moore". Nel 1965 *Gordon Moore* ipotizzò che il numero di *transistor* nei microprocessori sarebbe raddoppiato ogni 12 mesi circa. Nel 1975 questa previsione si rivelò corretta e prima della fine del decennio i tempi si allungarono a due anni, periodo che rimarrà valido per tutti gli anni Ottanta. La legge, che verrà estesa per tutti gli anni Novanta e resterà valida fino ai nostri

risposta alla domanda dei prodotti finali anziché essere guidate dall'obiettivo generale di rendere i semiconduttori più piccoli e veloci (European Parliament, 2021, p. 48).

Si possono individuare tre differenti modelli di *business* nel settore dei semiconduttori:

1. Produttori di dispositivi integrati (IDM): imprese che integrano l'intera catena del valore nel proprio modello di *business*;
2. Aziende *Fabless*: imprese che non producono direttamente i chip ma si concentrano sulla progettazione, esternalizzando la produzione;
3. Aziende *Foundry*: imprese che producono semiconduttori su richiesta delle aziende *Fabless*.

### **1.3 Qual è lo stato dell'arte del mercato dei semiconduttori in una prospettiva europea?**

Prima del 2000, l'industria dei semiconduttori in Europa ospitava oltre il 20% della capacità di produzione globale di chip. Da allora, questa quota è scesa a meno del 10%.

La domanda di chip in Europa storicamente è stata trainata dall'industria automobilistica, che all'epoca non richiedeva la rapidità d'innovazione tipica del mercato dell'informatica e non traeva un grande profitto dalla continua riduzione della dimensione dei nodi. Per questo motivo i *player* europei sono rimasti ancorati alla produzione di nodi di dimensioni più grandi, dati i loro stretti legami con i clienti automobilistici. Questo ha consentito agli attori statunitensi e asiatici di monopolizzare la produzione di microchip all'avanguardia, che richiedono nodi di dimensioni sempre più piccole. Basti pensare che per i nodi con una dimensione di 10 nm o inferiore, la capacità globale totale è concentrata in nove città e l'85% di essa si trova in sole sei località: nessuna di queste è in Europa.

Nel 2019 l'Asia deteneva circa il 72% della capacità di produzione totale di microchip, mentre per Nord America e Europa la percentuale era rispettivamente del 12% e del 9% (Varas et. al., 2021, p. 5). Il continente asiatico ha sperimentato anche un aumento generale dei ricavi, a differenza di quanto avvenuto negli USA e in Europa: il mercato dei semiconduttori è dunque dominato dai paesi asiatici (European Parliament, 2021, p. 7).

---

giorni, viene riformulata alla fine degli anni Ottanta ed elaborata nella sua forma definitiva, ovvero che il numero di *transistor* nei processori raddoppia ogni 18 mesi (Arden et. al., 2010).

L'Europa, però, ha due importanti punti di forza: è sede di organizzazioni di ricerca leader a livello mondiale e dal punto di vista geografico è in una posizione ottimale per l'approvvigionamento dei materiali necessari alla produzione di microchip.

La percentuale sempre più bassa di produzione di chip avanzati, però, può avere delle ricadute anche in materia di Ricerca & Sviluppo. I governi europei temono infatti che una quota importante di ricercatori, incentivata dall'aumento di sussidi statali in Asia e Nord America, possa seguire la dinamica della produzione e migrare al di fuori dei confini europei (Dornbusch, 2018, p. 3).

#### **1.4 In che modo l'Ue intende affrontare gli attuali problemi con lo *European Chips Act*?**

L'obiettivo principale del progetto - e quello che richiede l'investimento maggiore - è quello di portare la quota di mercato europea dall'attuale 9% al 20% entro il 2030.

Lo *European Chips Act* si compone di tre pilastri fondamentali:

1. L'iniziativa "*Chips for Europe*", che riunirà le risorse dell'Unione, degli Stati membri e dei paesi terzi associati a programmi europei esistenti. Circa 11 miliardi di euro saranno messi a disposizione da qui al 2030 per supportare la ricerca, lo sviluppo e l'innovazione nel settore dei semiconduttori;
2. Un nuovo quadro che riesca a garantire la sicurezza degli approvvigionamenti attirando maggiori investimenti e capacità di produzione, necessari per promuovere chip innovativi ed efficienti dal punto di vista energetico;
3. Un meccanismo di coordinamento tra gli Stati membri e la Commissione per monitorare l'offerta di semiconduttori, stimare la domanda e anticipare le carenze.

## 2. COSTI

Lo *European Chips Act* prevede uno stanziamento totale di 43 miliardi di euro tra fondi pubblici e privati. Questa cifra è frutto dell'intenzione della Commissione di erogare una serie di incentivi per convincere colossi come Intel, Samsung o TSMC ad aprire una *mega fab* di microchip in Europa. Tuttavia, in questa analisi si analizzeranno i costi per la costituzione di un'infrastruttura pubblica volta al raggiungimento dell'obiettivo fissato dal progetto. Per questa ragione, nello scenario analizzato, una cifra molto vicina a 43 miliardi di euro è a carico esclusivamente dall'Unione. Questa scelta è motivata da una serie di ragioni. Innanzitutto, concedere miliardi di euro di incentivi ad uno specifico privato potrebbe determinare la creazione di un monopolio di un privato sul mercato europeo. Un'infrastruttura pubblica, non essendo orientata esclusivamente al profitto, potrebbe permettere di raggiungere lo scopo prefissato evitando questo pericolo. In secondo luogo, un'impresa pubblica ad alta intensità di conoscenza potrebbe garantire alle imprese europee facenti parte della catena di approvvigionamento benefici del *learning-by-doing* più ampi rispetto a quelli derivanti dalla collaborazione con un'impresa privata. Nei paragrafi seguenti si analizzeranno quindi i costi di costruzione di una *mega fab* pubblica, i costi operativi della stessa, i costi ambientali del progetto e i costi per l'iniziativa "*Chips for Europe*".

### 2.1 Mega Fab Europea

I costi sociali derivanti dalla costruzione e dalla gestione di una *mega fab* di microchip pubblica saranno calcolati a partire dai dati sui costi finanziari resi noti da Kearney (Aurik et.al, 2021, p. 21), secondo cui, in un arco temporale di 10 anni, l'investimento complessivo per una *mega fab* di microchip in Europa con una produzione di 35.000 *wafer* da 300mm al mese ammonta a 26.80 miliardi di euro<sup>3</sup>.

Non avendo informazioni sufficienti per calcolare il livello di tassazione applicato ai prodotti importati, per semplicità espositiva, si supporrà di seguito che l'ammontare dei

---

<sup>3</sup> Si è utilizzato il tasso di cambio Euro/Dollaro USA al 17 marzo 2022: EUR/USD = 1,1050. Questo tasso di cambio è diverso da quello utilizzato nell'analisi di Kearney, che ha effettuato i propri calcoli sulla base del seguente tasso di cambio: EUR/USD: = 1,1955. Nella fase di attualizzazione dei costi di costruzione e dei costi operativi si potrebbe pensare di tenere conto del tasso di cambio negli anni futuri mediante il *forward exchange rate* ed attualizzare i costi soltanto dopo aver applicato il tasso di cambio futuro stimato per il relativo anno. Per semplicità espositiva, però, nel corso dell'elaborato non è stata presa in considerazione questa possibilità.

costi di costruzione e dei costi operativi, rispettivamente pari a 16,91 miliardi di euro per il periodo 2023-2025 e 9,89 miliardi di euro per il periodo 2026-2032, sia la cifra risultante dall'applicazione delle dovute correzioni fiscali. Allo stesso modo, non disponendo del dato disaggregato relativo al costo per i salari dei dipendenti, si supponrà che sia già stata effettuata la conversione da salari reali a salari ombra.

Per attualizzare i costi, come suggerito dalla Commissione per i grandi progetti (European Commission, 2014, p. 58), è stato applicato un tasso di sconto sociale (SDR) pari al 5%.

### 2.1.1 Costi di costruzione

La costruzione di mega *fab* di microchip richiede tre anni di preparazione per avviare una produzione con rese adeguate (European Commission, 2022, p. 1). Ai fini dell'attualizzazione dei costi di costruzione, si prenderà perciò in considerazione un arco temporale di 3 anni<sup>4</sup> ( $t = 3$ ) e un SDR del 5%, utilizzando la seguente formula:

$$PV_t = \frac{FV_t}{(1 + SDR)^t}$$

Il *present value* dei costi di costruzione corrisponde così a 14,60 miliardi di euro.

### 2.1.2 Costi operativi

I costi operativi sono calcolati per il periodo 2026-2032, ossia dall'anno di entrata in funzione dello stabilimento fino al termine dell'arco temporale considerato. Per attualizzare i costi è stato utilizzato anche in questo caso un SDR del 5% e si è fatto ricorso alla stessa formula esposta nel paragrafo precedente.

Tabella 1 - Costi operativi (in miliardi di euro)

Anno	$t$	Costo operativo	Costo operativo Attualizzato	SDR
2026	4	1,41	1,16	5%
2027	5	1,41	1,11	5%
2028	6	1,41	1,05	5%
2029	7	1,41	1,00	5%
2030	8	1,41	0,96	5%
2031	9	1,41	0,91	5%
2032	10	1,41	0,87	5%
<b>TOTALE</b>		<b>9,89</b>	<b>7,06</b>	

Fonte: elaborazione propria

<sup>4</sup> Non conoscendo la ripartizione dei costi di costruzione nell'arco dei tre anni si suppone per semplicità che essi siano sostenuti nel 2025, anno di conclusione dei lavori di costruzione dello stabilimento.

Il *present value* è dato dal risultato della seguente sommatoria ed è pari a 7,06 miliardi di euro.

$$PV_{TOT} = \sum_{t=0}^N PV_t$$

### 2.1.3 Costi ambientali

Produrre i microchip richiede enormi quantità di energia e gran parte di essa proviene da combustibili fossili come il carbone e il gas. Nel 2020 TSMC ha emesso 15 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub>e<sup>5</sup>, contro i 12,9 milioni dalla Samsung e i 2,88 milioni della Intel (Crawford et.al., 2021). La differenza nei dati tra le imprese sembra possa essere spiegata dal numero di *wafers* fabbricati: circa il 72% della produzione mondiale di chip è concentrato in Asia, mentre il dato statunitense si ferma al 12% (Varas et. al., 2021, p. 5). Come già scritto, si stima che la mega *fab* europea avrà una capacità di produzione di 35.000 *wafers* da 300 mm al mese, contro i 120.000 *wafers* da 300 mm al mese fabbricati da TSMC nel 2021. Ipotizzando per semplicità espositiva che il numero di tonnellate emesse in un anno da una mega *fab* di microchip resti invariato nel periodo 2026-2032 e che le tonnellate di CO<sub>2</sub>e emesse siano direttamente proporzionali al numero di *wafers* fabbricati, è possibile effettuare la seguente proporzione:

$$X : 35.000 = 15.000.000 : 120.000 \rightarrow X = \frac{35.000 \cdot 15.000.000}{120.000} = 4.375.000$$

Dove:

X = tonnellate di CO<sub>2</sub>e emesse in un anno dalla mega *fab* europea.

35.000 = numero di *wafers* prodotti al mese dalla mega *fab* europea;

15.000.000 = tonnellate di CO<sub>2</sub>e emesse in un anno da TSMC;

120.000 = numero di *wafers* prodotti al mese da TSMC.

---

<sup>5</sup> I gas serra diversi dalla CO<sub>2</sub> vengono convertiti in CO<sub>2</sub>e (CO<sub>2</sub> equivalente) moltiplicando la quantità di emissioni del gas specifico per un fattore equivalente ai relativi GWP (Global Warming Potential). Per esempio, impostando i GWP di CO<sub>2</sub> come un'unità (GWPCO<sub>2</sub> = 1), i GWP per CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O sono rispettivamente 25 e 298, a indicare che il loro impatto climatico è 25 e 298 volte più grande di quello della stessa quantità di emissioni di CO<sub>2</sub>.

Per il costo unitario delle emissioni di gas serra si farà riferimento al valore medio indicato dalla BEI (European Investment Bank, 2020, p. 25). Poiché il costo unitario delle emissioni di CO<sub>2</sub>e dipende dal tempo, nel senso che le emissioni negli anni futuri avranno impatti maggiori di quelle odierne, si utilizzerà un addizionale annuale di 1,40 euro<sup>6</sup>. Per stabilire il costo delle emissioni con effetto sul cambiamento climatico può essere applicata la seguente formula semplificata (European Commission, 2014, p. 69)<sup>7</sup>:

$$\text{Costo delle emissioni di gas serra} = V_{\text{gas serra}} * C_{\text{gas serra}}$$

dove:

$V_{\text{gas serra}}$  = volume incrementale delle emissioni di gas serra prodotte dal progetto, espresse in CO<sub>2</sub>e.

$C_{\text{gas serra}}$  = prezzo ombra unitario (costo del danno) di CO<sub>2</sub>e, attualizzato ed espresso ai prezzi dell'anno in cui viene svolta l'analisi.

Seguendo il ragionamento sopra esposto, la formula per attualizzare i costi è la seguente:

$$PV_t = FV_t * (1 + SDR)^t$$

Tabella 2 - Costi ambientali (in euro)

Anno	$t$	Addizionale annuale	Costo unitario (Euro/t-CO <sub>2</sub> e)	t-CO <sub>2</sub> e annue mega <i>fab</i> Ue	Costo annuo t-CO <sub>2</sub> e	Costo annuo attualizzato t-CO <sub>2</sub> e	$SDR$
2026	4	1,4	48,4	4.375.000	211.750.000	257.383.448	5%
2027	5	1,4	49,8	4.375.000	217.875.000	278.069.845	5%
2028	6	1,4	51,2	4.375.000	224.000.000	300.181.424	5%
2029	7	1,4	52,6	4.375.000	230.125.000	323.808.985	5%
2030	8	1,4	54	4.375.000	236.250.000	349.048.849	5%
2031	9	2,5	56,5	4.375.000	247.187.500	383.468.943	5%
2032	10	2,5	59	4.375.000	258.125.000	420.458.426	5%
<b>TOTALE</b>					<b>1.625.312.500</b>	<b>2.312.419.920</b>	

Fonte: elaborazione propria

<sup>6</sup> La Commissione Europea (European Commission, 2014, p. 69), sulla base del costo medio unitario delle emissioni di CO<sub>2</sub>e indicato dall'EIB nel 2013, consigliava di utilizzare un addizionale annuale di 1 euro per l'arco temporale 2010-2030. Alla luce dell'aggiornamento del costo medio unitario delle emissioni di CO<sub>2</sub>e ad opera della stessa EIB (European Investment Bank, 2020, p. 25), però, chi scrive ha ritenuto di applicare un addizionale annuale di 1,40 euro. La scelta deriva dal fatto che, secondo le stime dell'EIB, tra il 2020 e il 2030 il costo medio unitario delle emissioni di CO<sub>2</sub>e aumenta di 14 euro in 10 anni (da 40 a 54 euro). Per la medesima ragione, si è deciso di utilizzare un addizionale annuale di 2,50 euro per gli anni 2031 e 2032, poiché il costo medio unitario delle emissioni di CO<sub>2</sub>e tra il 2030 e il 2040 aumenta di 25 euro.

<sup>7</sup> Nell'attualizzare i costi ambientali, come anticipato, si supporrà che il numero di tonnellate emesse in un anno dalla mega *fab* europea resti invariato nell'arco temporale di nostro interesse.

Dalla sommatoria dei *present value* annui si ottiene il costo ambientale totale attualizzato, pari a 2,97 miliardi di euro<sup>8</sup>.

$$PV_{TOT} = \sum_{t=0}^N PV_t$$

#### 2.1.4 Costi per l'iniziativa "Chips for Europe"

L'iniziativa "Chips for Europe" è volta a sostenere finanziariamente la leadership tecnologica europea in relazione alle capacità di ricerca, progettazione e fabbricazione di microchip fino al 2030. Per finanziare l'iniziativa, la Commissione europea ha previsto uno stanziamento complessivo di 11 miliardi di euro. Per garantire una coerenza complessiva con il calcolo dei costi sociali derivanti dalla costruzione e dalla gestione della mega *fab*, si prenderà in considerazione ancora una volta il periodo 2023-2032. Per questo motivo si procede al calcolo della seguente proporzione:

$$11 : 8 = X : 10 \quad \rightarrow \quad X = \frac{11 \cdot 10}{8} = 13,75$$

Dove:

11 = ammontare del costo per l'iniziativa "Chips for Europe" fino al 2030 in miliardi di euro;

8 = anni per cui sono stati stanziati gli 11 miliardi di euro;

X = ammontare del costo per l'iniziativa "Chips for Europe" fino al 2032 in miliardi di euro;

10 = anni di attività dell'iniziativa "Chips for Europe" nel 2032.

Tale somma è stata attualizzata (SDR = 5%) con la seguente formula:

$$PV_t = \frac{FV_t}{(1 + SDR)^t}$$

---

<sup>8</sup> Si deve sottolineare che in un'analisi costi-benefici il costo unitario per le emissioni di gas serra può implicitamente includere un tasso di sconto sociale diverso da quello applicato al progetto nel suo insieme, in modo da riflettere sia l'impatto di politiche di riduzione dei gas serra nel lungo termine sia l'incertezza del danno derivante dalle emissioni (European Commission, 2014, p. 69). Poiché chi scrive non ha informazioni sufficienti a riguardo, si è deciso di non prendere in considerazione questa ipotesi.

Tabella 3 - Costi "Chips for Europe" (in miliardi di euro)

anno	<i>t</i>	Costo	Costo attualizzato	SDR
2023	1	1,38	1,31	5%
2024	2	1,38	1,25	5%
2025	3	1,38	1,19	5%
2026	4	1,38	1,13	5%
2027	5	1,38	1,08	5%
2028	6	1,38	1,03	5%
2029	7	1,38	0,98	5%
2030	8	1,38	0,93	5%
2031	9	1,38	0,89	5%
2032	10	1,38	0,84	5%
<b>TOTALE</b>		<b>13,75</b>	<b>10,62</b>	

Fonte: elaborazione propria

Eseguendo la sommatoria dei costi annui attualizzati, il costo totale attualizzato dell'iniziativa "Chips for Europe" ( $PV_{TOT}$ ) è pari a 10,62 miliardi di euro.

## 2.2 Costi totali

I costi totali attualizzati - calcolati come somma dei costi di costruzione, dei costi operativi, dei costi ambientali e dei costi in Ricerca e Sviluppo attualizzati utilizzando un tasso di sconto sociale del 5% - ammontano a 34,59 miliardi di euro.

Tabella 4 - Costi totali (in miliardi di euro)

	CORRENTI	ATTUALIZZATI
COSTI DI COSTRUZIONE	16,91	14,60
COSTI OPERATIVI	9,89	7,06
COSTI AMBIENTALI	1,62	2,31
COSTI DI RICERCA E SVILUPPO	13,75	10,62
<b>TOTALE</b>	<b>42,17</b>	<b>34,59</b>

Fonte: elaborazione propria

### **3. BENEFICI**

In questa sezione si ragionerà sui benefici sociali della costituzione di un'infrastruttura pubblica nell'ambito dello *European Chips Act*. L'approvazione di questo normativo non è riconducibile esclusivamente a fattori economici. La stessa Commissione (European Commission, 2022, p. 5) spiega che, tra le altre cose, la proposta si pone l'obiettivo di aumentare la sovranità digitale dell'Unione. Il progetto ha quindi un valore geopolitico, oltre che economico. Nel contesto di un'analisi costi-benefici, però, è necessario soffermarsi sui benefici quantificabili monetariamente. Di seguito, si ragionerà allora sui possibili benefici sociali del progetto per le imprese e per i consumatori europei.

#### **3.1 Benefici per le imprese**

Per ciò che concerne i benefici per le imprese, è necessario operare una doverosa premessa: non tutti i settori dell'economia sono suscettibili di essere colpiti allo stesso modo da una carenza di microchip. Tra i settori maggiormente colpiti dal ritardo nella fornitura di chip la BCE (Attinasi et.al, 2021) elenca:

- settore manifatturiero;
- settore informatico/elettronico;
- attrezzature elettriche;
- veicoli a motore/rimorchi.

Per calcolare i benefici per le imprese derivanti dall'approvazione dello *European Chips Act*, per motivi di sintesi, si strutturerà il ragionamento riferendosi al solo settore automobilistico, quello più colpito dalla carenza dei chip.

A causa delle difficoltà di approvvigionamento dei chip, il piano di produzione delle industrie automobilistiche, che prevede che ogni giorno vengano prodotti un certo numero di veicoli per un dato valore, ha subito dei rallentamenti. È possibile allora dare un valore monetario ad un giorno di limitata produttività per via della carenza dei chip, inteso come il costo da mancato guadagno che le imprese automobilistiche devono sopportare a causa dei ritardi della catena di approvvigionamento.

Si supponga che tra il 2023 e il 2032 vi sia una nuova carenza dei chip. Per calcolare il costo sociale che sarebbe sostenuto dalle imprese automobilistiche in termini di limitata produttività a causa della carenza di chip, oltre alle normali operazioni di attualizzazione, sarebbe necessario stimare la quota del calo di produzione direttamente riconducibile alla

crisi dei semiconduttori<sup>9</sup> (di seguito si indicherà questo fattore come "N<sub>anp</sub>"). Una volta stimato il numero di autovetture non prodotte in un giorno a causa della carenza dei chip, il costo sostenuto dalle imprese in assenza del progetto è dato dal seguente prodotto:

$$C_{\text{senza progetto}} = N_{\text{anp}} * V_{\text{medio}} * GL_{\text{crisi}}$$

dove:

$C_{\text{senza progetto}}$  = costo sostenuto dalle imprese in assenza del progetto espresso in euro;

$N_{\text{anp}}$  = numero di autovetture non prodotte in un giorno a causa della carenza dei chip;

$V_{\text{medio}}$  = valore medio di un'autovettura espresso in euro<sup>10</sup>;

$GL_{\text{crisi}}$  = numero di giorni lavorativi per i quali si protrae la carenza dei chip.

Il beneficio per le imprese automobilistiche derivante dall'approvazione dell'*European Chips Act* può essere allora calcolato come la quota di tale costo risparmiata in ragione del maggior numero di microchip disponibili per il settore automobilistico grazie al progetto<sup>11</sup>. In altri termini, tale beneficio può essere calcolato come segue<sup>12</sup>:

$$B_{\text{imprese automotive}} = C_{\text{senza progetto}} - C_{\text{progetto}}$$

dove:

$B_{\text{imprese automotive}}$  = beneficio per le imprese automobilistiche europee espresso in euro;

$C_{\text{senza progetto}}$  = costo sostenuto dalle imprese in assenza del progetto espresso in euro;

$C_{\text{progetto}}$  = costo sostenuto dalle imprese con il progetto<sup>13</sup> espresso in euro.

---

<sup>9</sup> Ad esempio, nel periodo 2019-2021, parte del calo della produzione potrebbe essere spiegato da altri fattori quali: una diminuzione della domanda dovuta alla riduzione del potere d'acquisto dei consumatori o al numero crescente di persone in *smart working*; difficoltà di reperimento di altri componenti a causa di interruzioni delle catene di approvvigionamento dovute all'emergenza pandemica, ecc.

<sup>10</sup> Per semplicità espositiva si supporrà che il numero delle auto prodotte corrisponda al numero delle auto vendute, cosicché il fattore  $V_{\text{medio}}$  si ottenga dal rapporto tra fatturato totale del settore e numero delle autovetture vendute in un dato arco temporale (corrispondente alla durata della crisi ipotizzata).

<sup>11</sup> Al fine di ottenere un risultato attendibile sarebbe necessario condurre un'analisi probabilistica del rischio che, nell'arco temporale di riferimento, vi sia una nuova crisi nel mercato dei semiconduttori dagli effetti simili a quella tutt'ora in corso. Il risultato ottenuto nell'ACB andrebbe dunque valutato alla luce di una simulazione Montecarlo condizionata ad una serie di variabili critiche, tra cui quella appena elencata.

<sup>12</sup> Si ricorda che il beneficio sociale deve essere espresso in termini di prezzo ombra, motivo per cui prima di procedere al calcolo è necessario effettuare la conversione da prezzi di mercato a prezzi ombra. Questa precisazione è valida per tutti i benefici calcolati nel corso dell'elaborato.

<sup>13</sup> Verosimilmente il progetto, infatti, non azzererà il costo sostenuto dalle imprese perché difficilmente riuscirà a soddisfare completamente la richiesta di microchip di quest'ultime.

Per calcolare il beneficio per il sistema imprenditoriale nel suo complesso, si dovrebbe ripetere lo stesso calcolo per tutti i settori interessati da una possibile carenza dei chip. Il beneficio per le imprese sarebbe quindi pari alla somma dei benefici di ciascun settore interessato:

$$B_{\text{imprese}} = B_{s1} + B_{s2} + \dots + B_{sk}$$

dove:

$B_{\text{imprese}}$  = beneficio per le imprese dei settori interessati in euro;

$B_{s1}$  = benefici del progetto per le imprese del settore 1 in euro (ad esempio *automotive*);

$B_{s2}$  = benefici del progetto per le imprese del settore 2 in euro (ad esempio *elettronica*);

$k$  = numero di settori colpiti dalla carenza dei chip.

I benefici per le imprese, però, non si limitano a questo calcolo. Infatti, anche in condizioni di normale funzionamento del mercato dei semiconduttori, la catena di approvvigionamento dell'infrastruttura pubblica riceverebbe i benefici del *learning-by-doing*, dovendo fornire nuove soluzioni a una serie di questioni tecnologiche complesse.

Il valore sociale del *learning-by-doing* può essere valutato attraverso l'approccio del profitto ombra incrementale atteso delle aziende fornitrici. Un modo pratico per valutare *ex ante* l'aumento incrementale dei profitti consiste nell'utilizzare un approccio di "trasferimento dei benefici"<sup>14</sup>, sfruttando i risultati di un'indagine *ex post* sulle imprese all'interno e all'esterno della catena di fornitura di infrastrutture simili. (Florio, 2016, p. 39). Nel nostro caso non esiste un'infrastruttura pubblica già operante nel mercato dei semiconduttori. Per tale motivo, sarebbe opportuno ricorrere all'opinione degli esperti circa la somiglianza o dissimiglianza dei casi analizzati.

La stima *ex-ante* del beneficio comporta le attività descritte in seguito:

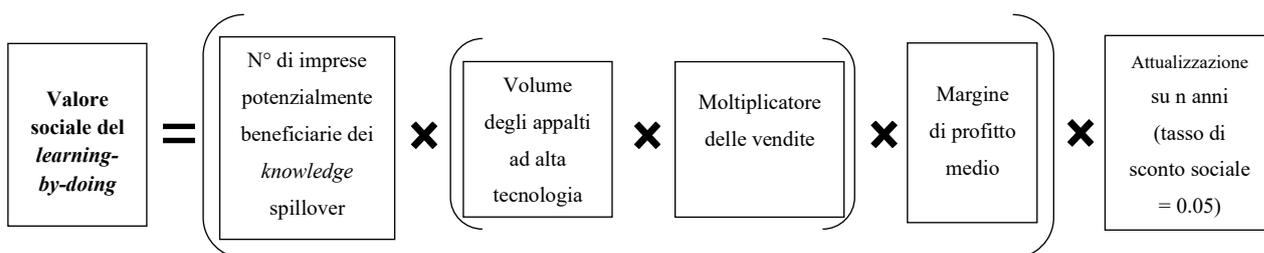
- Prevedere il volume dei contratti d'appalto in grado di generare esternalità tecnologiche. Identificare *ex ante* tutte le esternalità tecnologiche che potrebbero apparire nei prossimi anni è ragionevolmente impossibile. Per evitare distorsioni, è utile prevedere la possibile dimensione del beneficio del *learning-by-doing* basandosi su infrastrutture simili già esistenti come *benchmark*;

---

<sup>14</sup> L'approccio di trasferimento dei benefici si riferisce al processo di estrapolazione dei risultati di studi primari esistenti (cioè indagini o altre analisi *ad-hoc*) e il loro trasferimento a popolazioni e contesti diversi. In altre parole, quando un parametro è stato precedentemente stimato per un progetto simile in un contesto diverso (ad esempio, un paese diverso, una regione diversa), può essere utilizzato in un'altra analisi dopo un adeguato aggiustamento per tenere conto delle specificità tecniche, socio-economiche, geografiche e temporali del progetto in valutazione.

- Stimare un moltiplicatore delle vendite per gli appalti in grado di generare benefici del *learning-by-doing* come aumento del fatturato (o diminuzione dei costi);
- Stimare una misura di redditività (per esempio il margine EBITDA<sup>15</sup>). Questo passo è fondamentale perché permette di considerare come beneficio per le imprese fornitrici l'aumento dei profitti anziché semplicemente l'aumento delle vendite o la diminuzione dei costi.

Quanto appena scritto si traduce nella seguente formula (Florio, 2016, p. 41):



### 3.2 Benefici per i consumatori

Il ragionamento sui benefici per le imprese in termini di mancato costo sostenuto grazie all'approvazione dello *European Chips Act* può essere replicato dal punto di vista dei consumatori. Anche in questo caso si prenderà come esempio il settore automobilistico. Poiché non è possibile quantificare il costo sociale di un giorno di ritardo nella consegna di un'autovettura per i consumatori tramite i prezzi di mercato, per quantificare i benefici sociali per i consumatori che deriverebbero dal progetto si può ricorrere al metodo della "Disponibilità a Pagare" (DAP), che consiste nell'importo massimo che gli utenti sono disposti a pagare per un'unità di un determinato bene o servizio considerato desiderabile (European Commission, 2014, p. 64). Nel caso specifico, si potrebbe ricorrere al metodo delle preferenze dichiarate<sup>16</sup>.

Si supponga che una nuova crisi nel periodo 2023-2032 comporti un ritardo medio di 3 mesi nella consegna delle autovetture. Il metodo delle preferenze dichiarate prevede di

<sup>15</sup> Il margine EBITDA (*Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*) è un indicatore di redditività che evidenzia il reddito di un'azienda basato solo sulla sua gestione operativa, quindi senza considerare gli interessi (gestione finanziaria), le imposte (gestione fiscale), il deprezzamento di beni e gli ammortamenti.

<sup>16</sup> Gli approcci delle preferenze dichiarate si basano su indagini sul comportamento futuro che gli individui intendono tenere sui mercati. Attraverso un questionario mirato, viene descritto un mercato ipotetico dove il bene in questione può essere scambiato. Ad un campione casuale di persone si chiede quindi di esprimere la loro massima disponibilità a pagare (o disponibilità ad accettare) per un ipotetico cambiamento del livello di disponibilità del bene.

sottoporre un questionario ad un gruppo rappresentativo di cittadini europei interessati ad acquistare un'automobile da una casa automobilistica con sede nell'Ue per comprendere quanto sarebbero disposti a pagare affinché la loro auto venga consegnata nei tempi previsti anziché con 3 mesi di ritardo. È così possibile assegnare un valore monetario medio ad un giorno di ritardo nella consegna di un'autovettura. Il prodotto tra il valore così ottenuto e i giorni di ritardo nella consegna dovuti alla carenza di chip rappresenta il costo sociale che i consumatori europei del settore automobilistico dovrebbero sopportare qualora non fosse approvato lo *European Chips Act*. I benefici per i consumatori del settore automobilistico si calcolerebbero quindi come prodotto tra il valore monetario di un giorno di ritardo nella consegna di un'autovettura e il numero di giorni di ritardo evitati grazie al progetto. In altri termini, il beneficio è calcolato come segue:

$$B_{\text{consumatori automotive}} = C_{\text{senza progetto}} - C_{\text{progetto}}$$

dove:

$B_{\text{consumatori automotive}}$  = beneficio per i consumatori europei espresso in euro;

$C_{\text{senza progetto}}$  = costo sostenuto dai consumatori europei senza progetto espresso in euro;

$C_{\text{progetto}}$  = costo sostenuto dai consumatori con il progetto<sup>17</sup> espresso in euro.

Per calcolare i benefici totali per i consumatori si dovrebbe ripetere lo stesso calcolo per tutti i settori interessati da una possibile carenza dei chip:

$$B_{\text{TOT consumatori}} = B_{s1} + B_{s2} + \dots + B_{sk}$$

dove:

$B_{\text{TOT consumatori}}$  = benefici totali del progetto per i consumatori espresso in euro;

$B_{s1}$  = benefici del progetto per i consumatori del settore 1 (ad esempio *automotive*) espresso in euro;

$B_{s2}$  = benefici del progetto per i consumatori del settore 2 (ad esempio *elettronica*) espresso in euro;

$k$  = numero di settori colpiti dalla carenza dei chip.

---

<sup>17</sup> Verosimilmente il progetto, infatti, non azzererà il costo sociale sostenuto dai consumatori perché difficilmente riuscirà ad annullare completamente i giorni di ritardo nella consegna di un'autovettura nel caso di una carenza dei chip sul mercato.

## CONCLUSIONI

Nel presente elaborato, dopo aver illustrato le caratteristiche del mercato dei semiconduttori e i pilastri sui quali si reggerà lo *European Chips Act*, si è voluto analizzare l'impatto socioeconomico della costituzione di un'infrastruttura pubblica europea che abbia la missione di garantire una maggior sicurezza nell'approvvigionamento di chip per il sistema imprenditoriale europeo.

Per rispondere alla domanda di ricerca, ossia per comprendere se i benefici sociali per le imprese e per i consumatori europei derivanti dalla costruzione di tale infrastruttura pubblica siano maggiori dei costi sociali sostenuti, è stato elaborato un modello concettuale da seguire. In presenza di tutti i dati necessari, per valutare la performance del progetto si dovrebbe calcolare l'*Economic Net Present Value* come segue (Florio, 2019, p. 48):

$$ENPV_{(SDR,t)} = \sum_{t=0}^T (B - C)_t * (1 + SDR)^{-t}$$

dove:

$ENPV_{(SDR,t)}$  = *Economic Net Present Value*;

$B_t$  = Benefici sociali nell'anno  $t$  (espressi ai prezzi ombra);

$C_t$  = costi sociali nell'anno  $t$  (espressi ai prezzi ombra);

$SDR$  = *Social Discount Rate*.

Qualora l' $ENPV$  fosse maggiore di zero, si potrebbe concludere che i benefici sociali del progetto sarebbero maggiori dei costi sociali e quindi il progetto avrebbe un impatto positivo sulla società. In caso contrario, il progetto andrebbe accantonato.

Secondo le nostre stime i costi attualizzati del progetto nel periodo 2023-2032 ammontano a 34,59 miliardi di euro. Questo dato, però, deve essere considerato come puramente indicativo. Infatti, la cifra reale potrebbe subire notevoli oscillazioni a causa dei seguenti fattori:

- Per via della mancanza dei dati necessari, non sono state effettuate le dovute correzioni fiscali e la conversione dei salari reali in salari ombra;
- Il calcolo dei costi ambientali è stato effettuato a partire da una proporzione con il livello di produzione della mega *fab* TSMC di Taiwan, ipotizzando che essi siano spiegabili esclusivamente sulla base del numero di *wafers* fabbricati. Si tratta chiaramente di una semplificazione che non trova pieno riscontro nella realtà.

Inoltre, non è stata presa in considerazione l'ipotesi che, nell'arco temporale di riferimento, possa essere approvata una strategia volta a ridurre (anche drasticamente) le tonnellate di CO<sub>2</sub>e emesse in un anno;

- Il costo per l'iniziativa "*Chips For Europe*" nel periodo 2023-2032 è frutto dell'ipotesi secondo la quale l'Unione europea, oltre a rinnovare tale iniziativa anche oltre il 2030, non modifichi la quota di finanziamento annuale.

A causa dell'incompletezza dei dati a disposizione non è stato possibile, invece, calcolare il valore monetario dei benefici sociali attualizzati. Tuttavia, è possibile sviluppare le seguenti considerazioni.

Per quanto riguarda i benefici sociali per le imprese europee in termini di mancato costo sostenuto a causa della carenza dei chip, pur non essendo stato possibile giungere ad una stima del valore monetario, il numero e la rilevanza dei settori coinvolti inducono chi scrive a ritenere che, in caso di una nuova carenza dei chip nel periodo 2023-2032, i benefici per le imprese si tradurrebbero in un valore monetario molto alto.

Allo stesso modo, lo stesso ragionamento sembra potersi applicare anche per i consumatori. Sebbene quantificare il valore monetario per i consumatori europei di un giorno di ritardo nella consegna di un bene/servizio sia un'impresa ardua, la presenza dei microchip in prodotti divenuti centrali nella vita quotidiana di pressoché ogni individuo conduce chi scrive a ritenere che, nel caso di una nuova crisi dei semiconduttori nel periodo 2023-2032, il beneficio sociale per i consumatori europei si esplicherebbe in un valore monetario molto rilevante.

È senz'altro più difficile, invece, avanzare delle ipotesi relativamente al beneficio del *learning-by-doing* per le imprese facenti parte della catena di fornitura dell'infrastruttura pubblica. Se di per sé la valutazione *ex ante* di questo beneficio è imprecisa e deve essere considerata solamente come una *proxy* dei benefici sociali del progetto sulla catena di approvvigionamento (Florio, 2014, p. 20), nel caso specifico vi è un ulteriore elemento di criticità: non esiste nel mondo un'infrastruttura pubblica simile a quella descritta.

In conclusione, mentre in caso di una nuova crisi dei chip tra il 2023 e il 2032 i benefici sociali per imprese e consumatori europei dovrebbero risultare superiori ai costi sociali del progetto, nello scenario di normale funzionamento del mercato dei semiconduttori, comprendere se l'*Economic Net Present Value* sia maggiore o minore di zero è decisamente più complicato.

## ***Riferimenti bibliografici***

Arden, Wolfgang, Michel Brillouët, Patrick Coge, Mart Graef, Bert Huizing and Reinhard Mahnkopf. 2010. *More-than-Moore*. White paper. Second version.

Attinasi, Maria Grazia, Roberta De Stefani, Erik Frohm, Vanessa Gunnella, Gerrit Koester, Alexandros Melemenidis, and Máté Tóth. 2021. *The semiconductor shortage and its implication for euro area trade, production and prices*. European Central Bank. Economic Bulletin Issue n. 4/2021. <https://www.ecb.europa.eu/pub/economic-bulletin/html/eb202104.en.html#toc19>. Ultimo accesso il 17.2.2022.

Aurik, Johan, Dieter Gedermann, Mike Hales, Guido Hertel, Arndt Heinrich and Denis Hübner. 2021. *Europe's need to invest in a leading-edge semiconductor ecosystem*. Kearney. <https://www.kearney.com/communications-media-technology/article/?/a/europes-urgent-need-to-invest-in-a-leading-edge-semiconductor-ecosystem>. Ultimo accesso il 21.2.2022.

Crawford, Alan, Ian King and Debby Wu. 2021. "The Chip Industry Has a Problem With Its Giant Carbon Footprint". «Bloomberg». 8.4.2021. <https://www.bloombergquint.com/global-economics/the-chip-industry-has-a-problem-with-its-giant-carbon-footprint>. Ultimo accesso il 16.3.2022

Dornbusch, Friedrich. 2012. *Global competition in microelectronics industry from a european perspective: technology, markets and implications for industrial policy*, Fraunhofer-Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie. March 2018.

[https://www.imw.fraunhofer.de/content/dam/moez/de/documents/Working\\_Paper/1803\\_01\\_021\\_Microelectronics\\_from\\_a\\_European\\_perspective\\_Dornbusch\\_öffentlich.pdf](https://www.imw.fraunhofer.de/content/dam/moez/de/documents/Working_Paper/1803_01_021_Microelectronics_from_a_European_perspective_Dornbusch_öffentlich.pdf). Ultimo accesso il 19.2.2022.

European Commission. 2014. *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects Economic Appraisal Tool for Cohesion Policy 2014-2020*, Directorate-General for Regional and Urban Policy.

European Commission. 2021. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions 2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade*. Brussels. 9.3.2021. COM (2021) 118 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0118>. Ultimo accesso il 18.2.2022.

European Commission. 2022. *Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council establishing a framework of measures for strengthening Europe's semiconductor ecosystem (chips act)*. Brussels. 8.2.2022. COM (2022) 46 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022PC0046>.

Ultimo accesso il 20.2.2022.

European Investment Bank. 2020. *The Economic Appraisal of Investment Projects at the EIB. Version March 2013 – Under review*. Projects Directorate. 30.10.2020. <https://www.eib.org/en/publications/economic-appraisal-of-investment-projects>. Ultimo accesso il 16.2.2022.

European Parliament. 2021. *Post Covid-19 value chains: options for reshoring production back to Europe in a globalised economy*. Policy Department for External Relations. Directorate General for External Policies of the Union. PE 653.626. March 2021.

[https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EXPO\\_STU\(2021\)653626](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EXPO_STU(2021)653626).

Ultimo accesso il 15.2.2022.

Florio, Massimo, and Emanuela Sirtori. 2014. “The evaluation of research infrastructures: a cost-benefit analysis framework”. *Milan European Economy Workshops*. Working paper n. 10/2014.

Florio, Massimo, Stefano Forte, Chiara Pancotti, Emanuela Sirtori, and Silvia Vignetti. 2016. “Exploring Cost-Benefit Analysis of Research, Development and Innovation Infrastructures: An Evaluation Framework”. *Centre for industrial studies*. Working paper n. 1/2016.

Florio, Massimo. 2019. *Investing in Science: Social Cost-Benefit Analysis of Research Infrastructures*. MIT Press.

Gupta, Udit, Young Geun Kim, Sylvia Lee, Jordan Tse, Hsien-Hsin S. Lee, Gu-Yeon Wei, David Brooks, Carole-Jean Wu. 2020. *Chasing Carbon: The Elusive Environmental Footprint of Computing*. Harvard University, Facebook Inc., Arizona State University.

King, Ian. 2022. “Chip Delivery Times Are on the Rise Again, Shortages to Continue”. «Bloomberg». 4.1.2022. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-01-04/chip-delivery-times-are-on-the-rise-again-shortages-to-continue>. Ultimo accesso il 18.2.2022.

Shead, Sam. 2021. “The global chip industry has a colossal problem with carbon emissions”. «CNBC News». 3.11.2021. <https://www.cnbc.com/2021/11/03/tsmc-samsung-and-intel-have-a-huge-carbon-footprint.html>. Ultimo accesso il 16.2.2022.

Patel, Dylan. 2021. “TSMC 3nm Wafer Shipments Pushed Into Q1 2023, 2.5 Years After N5 | TSMC 2nm, Samsung 2nm, And Intel 20A Battle It Out In 2025”. «SemiAnalysis». 14.10.2021. <https://semianalysis.substack.com/p/tsmc-3nm-wafer-shipments-pushed-into?s=r>. Ultimo accesso il 10.2.2022.

Varas, Antonio, Raj Varadarahan, Jimmy Goodrich and Falan Yinug. 2021. *Strengthening the global semiconductor supply chain in an uncertain era*. April 2021. <https://www.semiconductors.org/strengthening-the-global-semiconductor-supply-chain-in-an-uncertain-era/>. Ultimo accesso il 20.2.2022.

World Semiconductor Trade Statistics. 2017. *WSTS Product Classification 2018*. United States.

## ***Sitografia***

[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/it/QANDA\\_22\\_730](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/it/QANDA_22_730). Ultimo accesso il 21.2.2022.

[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/it/IP\\_22\\_729](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/it/IP_22_729). Ultimo accesso il 19.2.2022.

<https://it.wikipedia.org/wiki/Semiconduttore>. Ultimo accesso il 9.2.2022.

<https://www.semi.org/en>. Ultimo accesso il 9.2.2022.

<http://www.yole.fr/>. Ultimo accesso il 9.2.2022.

<https://news.samsung.com/global/samsung-electronics-announces-new-advanced-semiconductor-fab-site-in-taylor-texas>. Ultimo accesso il 10.2.2022.

<https://min.news/en/tech/def29226dea2b06f47efea4aae13e8f3.html>. Ultimo accesso il 12.2.2022.

<https://horizoneurope.apre.it/lo-european-chips-act-e-le-proposte-della-commissione-europea/>. Ultimo accesso il 15.2.2022.

<https://www.semiconductors.org/more-than-1-trillion-semiconductors-sold-annually-for-the-first-time-ever-in-2018/>. Ultimo accesso il 18.2.2022.

[https://it.wikipedia.org/wiki/Margine\\_operativo\\_lordo](https://it.wikipedia.org/wiki/Margine_operativo_lordo). Ultimo accesso il 18.2.2022.

<https://www.acea.auto/fact/facts-about-the-automobile-industry/>. Ultimo accesso il 19.2.2022.

<https://www.acea.auto/cv-registrations/commercial-vehicle-registrations-9-6-in-2021-8-4-in-december/>. Ultimo accesso il 19.2.2022.

<https://www.acea.auto/pc-registrations/passenger-car-registrations-2-4-in-2021-22-8-in-december/>. Ultimo accesso il 19.2.2022.

<https://www.acea.auto/fact/facts-about-the-automobile-industry/>. Ultimo accesso il 19.2.2022.

[https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/key-facts-and-figures/economy\\_en](https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/key-facts-and-figures/economy_en). Ultimo accesso il 19.2.2022.