

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale



Tesi di Laurea Magistrale

Il fenomeno dello shortage di materiali durante il COVID-19: un'analisi della letteratura

Relatore:

Prof.ssa Anna Corinna Cagliano

Candidata:

Lorenza Abello

Dicembre 2022

Alla mia mamma per l'amore
Al mio papà per la tenacia
A mio fratello Matteo per la forza
Ai miei nonni per la dolcezza
A Edoardo per rendere tutto più magico

Indice

Introduzione	7
CAPITOLO 1: COVID-19 e shortage dei materiali	9
1.1 COVID-19	9
1.1.1 COVID-19 e Black Swan.....	9
1.1.2 Origini del COVID-19	11
1.1.3 Sintomi e contromisure del COVID-19	13
1.1.4 Impatti	15
1.2 Shortage	23
1.2.1 Definizione del termine “ <i>Shortage</i> ” e cause	23
1.2.2 Legame pandemia da COVID-19 e shortage	26
CAPITOLO 2: Settori colpiti da shortage e cause	29
2.1 Settori interessati e introduzione allo shortage	29
2.1.1 Metalli critici, auto elettriche (EV), microchip, batterie e dispositivi elettronici	29
2.1.2 Dispositivi di protezione individuale (DPI), farmaci, food e beni di prima necessità	31
2.2 Cause.....	32
2.2.1 Aumento della domanda.....	32
2.2.2 Blocco e concentrazione della produzione.....	40
2.2.3 Gestione scorte Just in Time (JIT)	43
2.2.4 Shift di produzione	44
2.2.5 Problemi logistici	47
2.2.6 Questione Geopolitica Cina-Usa.....	50
2.2.7 Altre cause.....	51
CAPITOLO 3: Impatti e azioni di mitigazione	54
3.1 Impatti	54

3.1.1 Domanda non soddisfatta	54
3.1.2 Domanda insoddisfatta settore sanitario	55
3.1.3 Domanda insoddisfatta in altri settori	58
3.1.4 Inflazione.....	61
3.1.5 Aumento dell'inquinamento.....	65
3.1.6 Licenziamenti e chiusura degli impianti	67
3.2 Azioni di mitigazione.....	68
3.2.1 Circular economy	70
3.2.2 Diversificare i fornitori.....	73
3.2.3 Materiali sostituiti.....	77
3.2.4 Shift di produzione e near sourcing.....	78
3.2.5 Collaborazione e contratti	80
3.2.6 Aumento delle scorte.....	81
3.2.7 Altre azioni di mitigazione	82
CAPITOLO 4: Conclusioni	87
4.1 Benefici del lavoro	87
4.2 Limiti del lavoro	88
4.3 Spunti per il futuro	89
Bibliografia.....	91
Sitografia	98
Ringraziamenti	105

Introduzione

Tra la fine del 2019 e l'inizio del 2020 e il mondo intero ha visto l'arrivo della pandemia da COVID-19, questo evento ha colto impreparato l'intero globo. Infatti, è stato definito "Black Swan" da differenti scienziati, questo termine significa letteralmente Cigno Nero ed è usato per definire un evento improvviso che ha effetti rilevanti. Tuttavia, esistono tesi contrastanti a riguardo perché alcuni personaggi di rilievo mondiale avevano previsto il sorgere di una potenziale pandemia. Appunto lo stesso Taleb è in disaccordo sull'associazione tra Cigno Nero e COVID-19, in quanto afferma che questo evento viene a meno della caratteristica dell'imprevedibilità.

Questo elaborato rappresenta oggi una necessità poiché il mondo sta attualmente affrontando una carenza di materiale conseguita sia dalla pandemia da COVID-19 che dalla guerra in Ucraina, quest'ultimo è un evento dirompente differente, ma di uguale impatto.

Il fine del presente lavoro di tesi è quello di individuare i settori che hanno maggiormente sofferto lo shortage di materiali, causato da un evento di portata mondiale come la pandemia del 2020. Due ulteriori obiettivi dell'elaborato, oltre a quello enunciato precedentemente, sono quello di rilevare i conseguenti impatti a livello sociale, economico ed ambientale e scoprire eventuali azioni fattibili che, se attuate, permettono di ottenere una riduzione dei rischi di shortage e quindi anche delle conseguenze negative che la carenza di materiale porta con sé.

Al fine di raggiungere i già menzionati obiettivi, si è svolta una revisione della letteratura esistente.

In prima analisi, è studiata l'origine della pandemia e i conseguenti effetti diretti ed indiretti, che quest'ultima ha portato a livello sociale ed economico. Infatti, è analizzata approfonditamente la decrescita del PIL, poiché quest'impatto sussegue anche indirettamente dalla carenza di materiale. Inoltre, si definisce il significato del vocabolo "Shortage" e si rilevano le cause di eventi passati che hanno condotto a questo fenomeno. Successivamente, si analizza il nesso tra l'evento pandemico e la carenza di materiale per dare una prima visione generale, in quanto i successivi capitoli si basano su questo legame.

Nel secondo capitolo, sono evidenziati i principali settori, che hanno dovuto affrontare il problema della carenza di materiale, ovviamente l'analisi riguarda anche mercati che indirettamente hanno rilevato questo shortage. Ad esempio, l'autoveicolo la cui mancanza di materiali si è rilevata in seguito ad un incremento della domanda di semiconduttori da parte del settore dell'elettronica. In aggiunta, nel rispettivo capitolo è posta particolare attenzione alle cause conseguenti alla pandemia da COVID-19 che hanno condotto alla carenza di materiale. Inoltre, è posta particolare attenzione alla variazione della domanda da parte dei consumatori, in quanto questo fattore è quello che ha principalmente modificato il precedente equilibrio tra domanda ed offerta.

In seguito, sono messi in luce gli impatti derivanti da questo fenomeno inaspettato, inizialmente si pone lo sguardo alla quantità di richieste non soddisfatte perché questo è quello che ha condotto ai principali problemi nell'economia globale. Dopo sono messe in luce altre conseguenze rilevanti, tra cui l'inflazione e la chiusura degli impianti e i conseguenti effetti economico sociali.

Successivamente, nel terzo capitolo, sono indagate le potenziali azioni di riduzione del rischio che aumentano la flessibilità della catena e dunque la rendono più resiliente. In modo da rendere preparate le catene di approvvigionamento mondiale nel caso in cui un evento di uguale portata dovesse riverificarsi in futuro.

Infine, nell'ultimo capitolo sono poi affrontati i benefici, i limiti e gli sviluppi futuri del seguente lavoro di tesi.

In conclusione, il presente elaborato ha raggiunto il risultato desiderato, ovvero quello di presentare una classificazione della letteratura riguardante il materiale affetto da shortage durante il COVID-19, analizzandone cause, impatti ed azioni di mitigazione.

CAPITOLO 1: COVID-19 e shortage dei materiali

L'obiettivo del presente capitolo è in prima analisi evidenziare il contesto storico in cui si delinea la carenza di materiale. Successivamente, sono evidenziate le cause dello shortage non alimentate dal fattore COVID-19, poiché queste sono analizzate nel paragrafo 2.1. Infine, sono indagate le relazioni tra la pandemia e la carenza di materiale.

1.1 COVID-19

Il presente paragrafo affronta prima la pandemia associandola al concetto di Black Swan, in quanto evento inaspettato. Successivamente sono esplicitate le origini del COVID-19 nella città di Wuhan, l'impatto a livello mondiale, il numero di casi i relativi sintomi e le conseguenti azioni di mitigazione. Infine, sono attentamente analizzate le conseguenze a livello economico e ambientale susseguite dalla diffusione del virus, tra cui la caduta del PIL mondiale e l'incremento dell'e-commerce, che hanno condotto a gravi disruptions nelle supply chain mondiali.

1.1.1 COVID-19 e Black Swan

Al preludio del 2020 l'umanità ha assistito all'irruzione della pandemia da COVID-19, un evento inaspettato.

Tuttavia, alcuni scienziati e personaggi di rilievo avevano profetizzato il suo verificarsi, i due esempi più eclatanti sono Obama, il quale dichiarò: "Arriverà il giorno in cui una malattia si diffonderà per via aerea e sarà letale. Per affrontarla in modo efficace dovremo avere le infrastrutture necessarie, non solo nel nostro Paese ma in tutto il mondo. Così potremo isolarla e combatterla in tempi rapidi" [63] e Bill Gates, che in una conferenza del 2015 affermò: "Ciò che nei prossimi decenni ucciderà oltre 10 milioni di persone sarà molto probabilmente un virus altamente contagioso, piuttosto che una guerra. Non missili, ma microbi. Abbiamo investito moltissimo in deterrenti nucleari, ma assai poco in un sistema per fermare un'epidemia. E non siamo pronti per

la prossima epidemia” [64]. Nonostante ciò, il mondo è stato colto impreparato e si sono verificati diversi morti e problemi sia a livello sanitario che economico. L’Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha calcolato che fino alla data 30 settembre 2022 sono stati rilevati 614.385.693 casi di COVID-19 nel mondo e 6.522.600 morti dall’inizio pandemia [65].

La pandemia da COVID-19 è un fenomeno che si allinea perfettamente alla teoria del “Black Swan”, letteralmente Cigno Nero, sviluppata da Taleb nel 2008 (Bratianu, 2020).

Il nome di questa teoria sorge dal fatto che prima della scoperta dell’Australia le popolazioni del Vecchio Mondo erano convinte che tutti i cigni fossero bianchi, fermezza che sembrava intaccabile, in quanto completamente confermata dall’evidenza empirica. In realtà, nel 1697 una spedizione in Australia occidentale, guidata dall’esploratore olandese Willem de Vlamingh, scoprì l’esistenza dei cigni neri, uccelli che devono il nome al caratteristico colore del piumaggio. Successivamente, il concetto di Black Swan fu sviluppato dagli studiosi a significare non solo qualcosa di raro, ma anche di impossibile (Aven, 2013).

Taleb afferma che il Cigno Nero è un evento che presenta tre caratteristiche principali: “In primo luogo, si tratta di un fenomeno anomalo, in quanto si colloca al di fuori dell’ambito delle normali aspettative, perché nulla nel passato può indicare in modo convincente la sua possibilità. In secondo luogo, ha un impatto estremo. In terzo luogo, nonostante il suo status di outlier, la natura umana ci fa inventare spiegazioni per il suo verificarsi dopo il fatto, rendendolo spiegabile e prevedibile” (Bratianu, 2020).

Queste proprietà sono le medesime che hanno caratterizzato l’evento pandemico.

Infatti, gli episodi che si allineano alla filosofia sviluppata da Taleb sono: improbabili, ma presentano comunque un’esigua probabilità di accadimento e quando hanno luogo causano danni catastrofici all’economia mondiale. L’unico modo per rispondere a questi avvenimenti è costruire sistemi robusti di difesa [66].

In effetti, i Cigni Neri sono gli eventi che riportano la minor probabilità di avvenimento, ma un rilevante impatto, il quale può essere sia positivo che negativo, appunto le dinamiche mondiali sono dominate da episodi di tipo Black Swan. Infatti, la pandemia da COVID-19 è un fenomeno molto complesso perché oltre ad aver generato crisi

inaspettate nei sistemi sanitari nazionali, nei sistemi economici, nei sistemi educativi, nei sistemi culturali, nei sistemi sportivi e nei sistemi sociali, ha fortemente influenzato la quotidianità delle persone imponendo l'obbligo di rimanere a casa ed ha cambiato le dinamiche sociali ed emotive delle persone (Bratianu, 2020).

Tuttavia, lo stesso Talen sostiene che la pandemia da COVID-19 non è propriamente corretto definirla Black Swan, in quanto le manca l'imprevedibilità, la quale è una connotazione fondamentale per gli episodi definiti Cigno Nero. Difatti, nell'Africa Occidentale negli anni 2014-2016 si verificò l'epidemia di Ebola [67].

Ma quest'ultima non si diffuse perché si era sviluppata in un posto non troppo collegato col resto del mondo, a differenza del COVID-19 il cui epicentro è stato nel Paese interconnesso per antonomasia [68].

Invece, un episodio avvenuto negli ultimi decenni che rispecchia perfettamente le tre caratteristiche specifiche del Black Swan, precedentemente riportate, è l'avvenimento del 11 settembre 2001 [69].

Di seguito sono analizzate le origini e il contesto storico della pandemia e i relativi impatti che quest'ultima ha avuto sia a livello economico che sociale.

1.1.2 Origini del COVID-19

L'inizio della pandemia è stato datato il 31 dicembre 2019 quando le autorità cinesi informarono ufficialmente l'Organizzazione Mondiale della Sanità (World Health Organization, WHO) della presenza di numerosi casi affetti da una polmonite virale nella città di Wuhan, questa è la capitale della provincia dell'Hubei, ubicata nella Cina centrale, e possiede oltre 11 milioni di abitanti (Hadi et al., 2020). Il gruppo iniziale di casi è stato correlato al mercato all'ingrosso di frutti di mare di Huanan a Wuhan dove venivano venduti anche animali selvatici, in quanto un'alta densità di casi è stata riscontrata nei pressi di quel luogo ed inoltre si commerciava costantemente un'elevata quantità mammiferi vivi; quest'ipotesi è stata smentita successivamente (To et al., 2021).

Infatti, nei periodi successivi al 31 dicembre 2019 si è vivacemente discusso su quale fosse la vera provenienza del virus e sono due i potenziali scenari da cui potrebbe essere scaturito l'inizio della diffusione del virus tra gli esseri umani: in primo luogo, un

trasferimento zoonotico da animali selvatici, definito spillover (letteralmente salto di specie) [70] e in secondo luogo, una fuga del virus da un laboratorio di ricerca (Domingo, 2022). Comunque, ancora oggi il mondo si suddivide tra i sostenitori di queste due teorie, poiché non si è ancora arrivati ad un'ipotesi certa.

Il 9 gennaio 2020 è stato ufficialmente riconosciuto dal governo cinese che i casi anomali erano dovuti ad un virus appartenente alla stessa famiglia del virus SARS (Sindrome Respiratoria Acuta Grave) emerso nel 2003, di cui si verificarono circa 8000 casi e 790 decessi, [71] e del MERS (Sindrome Respiratoria del Medio Oriente), quindi è da qui che sorge il nome il nome SARS-CoV-2 (Petrosillo et al., 2020).

In aggiunta, il COVID-19 presenta due fondamentali differenze rispetto alle due tipologie di virus precedentemente citati: è molto più contagioso, infatti l'OMS ha stimato che abbia un numero riproduttivo tra 2 e 2,5, che è molto più alto di quello del SARS (1,7-1,9) e del MERS (<1) ed il tasso di mortalità è stato valutato essere pari al 2,3%, decisamente più inferiore di quello rilevato per il SARS (9,5%) e per il MERS (34,4%) (Petrosillo et al., 2020).

In seguito all'elevato valore riproduttivo questo virus è riuscito a diffondersi molto più velocemente dei suoi due antenati. Difatti, riporta l'Ansa il 21 febbraio è stato identificato il primo focolaio autoctono in Italia a Codogno, il quale si è poi esteso in tutto il paese, poi in tutto il continente europeo ed infine in tutto il mondo [72].

Difatti, l'8 marzo 2020 sono stati segnalati 105 586 casi globali confermati in 101 Paesi, con un totale di 3584 decessi (Petrosillo et al., 2020).

Successivamente, l'11 marzo 2020 l'OMS dichiara ufficialmente la pandemia da SARS-CoV-2 (Hadi et al., 2020).

In quanto, la pandemia identifica un fenomeno di diffusione di una malattia in più continenti o comunque in vaste aree del mondo a differenza dell'epidemia, la quale intende una manifestazione localizzata dell'infezione [73].

Seguentemente i casi affetti da COVID-19 e i relativi decessi sono aumentati come si può vedere nelle due figure sottostanti (Figura 1 e Figura 2). Nella prima (Figura 1) è illustrata la cumulata dei casi da dicembre 2019 fino a settembre 2022, si nota un costante aumento, questo significa che il virus sta ancora oggi continuando a diffondersi anche se in maniera più contenuta perché l'inclinazione è ridotta nell'ultimo periodo.

Nella seconda immagine (Figura 2) è invece rappresentata la cumulativa dei decessi negli stessi istanti temporali di quella precedente, ma si nota una netta differenza tra le due figure; quest'ultima presenta una minor pendenza nell'ultimo anno (2022) perché in seguito alla divulgazione dei vaccini la mortalità si è nettamente ridotta.

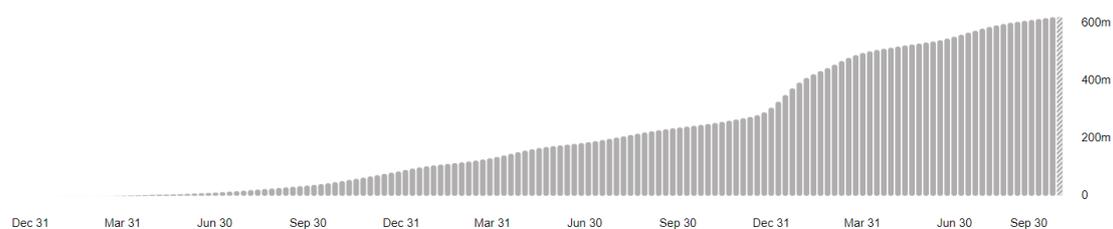


Figura 1: Casi COVID-19 nel mondo. Fonte: [74]

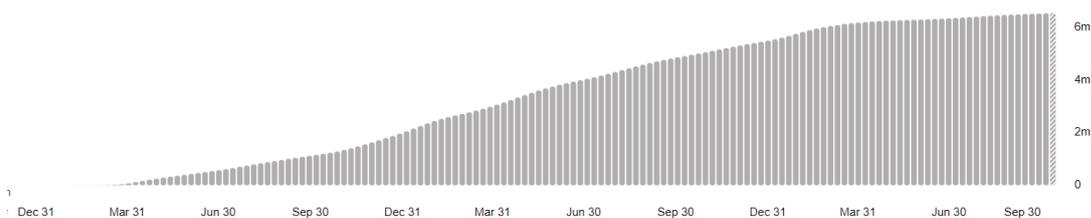


Figura 2: Morti COVID-19 nel mondo. Fonte: [74]

1.1.3 Sintomi e contromisure del COVID-19

I sintomi della pandemia da COVID-19 sono molto simili a quelli dell'influenza, ma compaiono in modo differente nelle persone infette (Hadi et al., 2020).

Infatti, il Centers for Disease Control and Prevention (CDC) afferma che le persone affette da COVID-19 hanno riportato un'ampia gamma di sintomi, da quelli lievi a quelli gravi. Quest'ultimi sono: febbre o brividi, tosse, respiro affannoso, difficoltà respiratorie, stanchezza, dolori muscolari o corporei, mal di testa, perdita del gusto, perdita dell'olfatto, congestione nasale, nausea e diarrea [75]. I sintomi, sopra descritti, sono avvertiti dalle persone in un range che va dai 5-6 ai 14 giorni (Hadi et al., 2020).

L'OMS riporta che la trasmissione di questo virus avviene per via aerea tra persone a stretto contatto, ad esempio a distanza di conversazione. Un individuo può quindi contrarre il virus quando le particelle infettive entrano in diretto contatto con gli occhi, il naso o la bocca. Inoltre, si è rilevato in seguito ad analisi di laboratorio, che le persone infette sono più contagiose prima di sviluppare i sintomi precedentemente enunciati, questo ha reso molto difficile contenere la diffusione dell'infezione [76].

Di seguito, alla novità del virus e quindi all'inesistenza di farmaci e vaccini efficaci i governi e le autorità sono stati obbligati ad attuare misure di contenimento e di mitigazione per limitare l'espansione del virus. Queste includono sia azioni per individuare precocemente i casi e rintracciare i relativi contatti di un infetto che atti di prevenzione, ma questi, come si evidenzierà successivamente, hanno a loro volta portato dei gravi impatti a livello economico.

Le principali azioni di mitigazione sono state [77]:

- *Chiusura scuole*: quest'azione riduce dal 7% al 15% il rischio di trasmissione, ma ha portato rilevanti effetti economici e sociali, perché molti genitori lavorano e quindi hanno difficoltà a chiedere permessi per sorvegliare ai rispettivi figli.
- *Chiusura e distanziamento suoi luoghi di lavoro*: il seguente atto è la misura più efficace; infatti, ridimensiona tra il 23% e il 73% il tasso di attacco della malattia.
- *Eliminare gli incontri di massa*
- *Eliminare i viaggi*: questo diminuisce nettamente il rischio di diffusione del virus in altri paesi.
- *Obbligo di indossare dispositivi di protezione individuale*: la combinazione di maschere e igiene delle mani riduce il rischio di infezione del 27%.
- *Imposizione della quarantena in caso di positività ai test*: è la misura più efficace per ridurre i tassi di attacco nella comunità, ma solo se l'adesione è elevata.
- *Chiusura di attività industriali che non producono beni di prima necessità*: questo è simile alla seconda azione enunciata in precedenza.

Le seguenti contromisure insieme e l'incremento della ricerca per trovare un vaccino efficace hanno comportato delle rilevanti conseguenze sia a livello economico che sociale, queste sono analizzate nel successivo paragrafo 1.1.4.

1.1.4 Impatti

La pandemia da COVID-19 e le susseguenti contromisure adottate dai governi hanno portato delle grandi ripercussioni a livello mondiale influenzando negativamente sulle aspettative future delle persone perché l'economia mondiale ha subito una pressione al ribasso. Infatti, differenti piccole e medie imprese si sono ritirate dal mercato a causa della chiusura imposta per contrastare la diffusione del virus, questo ha indebolito l'offerta totale la quale a catena ha portato successive cessazioni di attività.

Come evidenziato di seguito le restrizioni hanno in primo luogo impattato direttamente sulle imprese operanti nel settore turistico e della ristorazione. In secondo luogo, hanno influito sullo sviluppo del commercio e della logistica poiché sono stati imposti controlli alle frontiere. Si è verificato un aumento significativo dell'instabilità e delle incertezze nell'economia, che ha subito una grave recessione.

Tuttavia, in controtendenza sono emersi nuovi mercati, che hanno permesso di lanciare nuovi prodotti e modelli, come: le consegne online, l'istruzione online (DAD), Smart working, uffici a distanza ecc

In sintesi, l'impatto dell'epidemia sui vari Paesi è completo e complesso e deve essere preso in considerazione sotto molti aspetti, in modo da avere una visione globale dei conseguenti impatti.

Di seguito sono analizzati singolarmente gli impatti più rilevanti:

- *Decrescita del PIL*

PIL è l'acronimo del Prodotto Interno Lordo, questo termine fu inventato da Simon Kuznets, che lo definì secondo il seguente significato: "Il PIL è la somma del valore di tutti i beni e servizi prodotti ogni anno in un paese". Inoltre, esiste una formula per calcolarlo la quale è: $\text{Prodotto interno lordo} = \text{Consumi} + \text{Spesa pubblica} + \text{Investimenti privati} + \text{Esportazioni} - \text{Importazioni}$ [78].

Successivamente alla pandemia nel 2020 il PIL mondiale ha avuto una brusca diminuzione pari al 3,3% (Figura 3), la più forte contrazione dalla Seconda guerra mondiale [79].

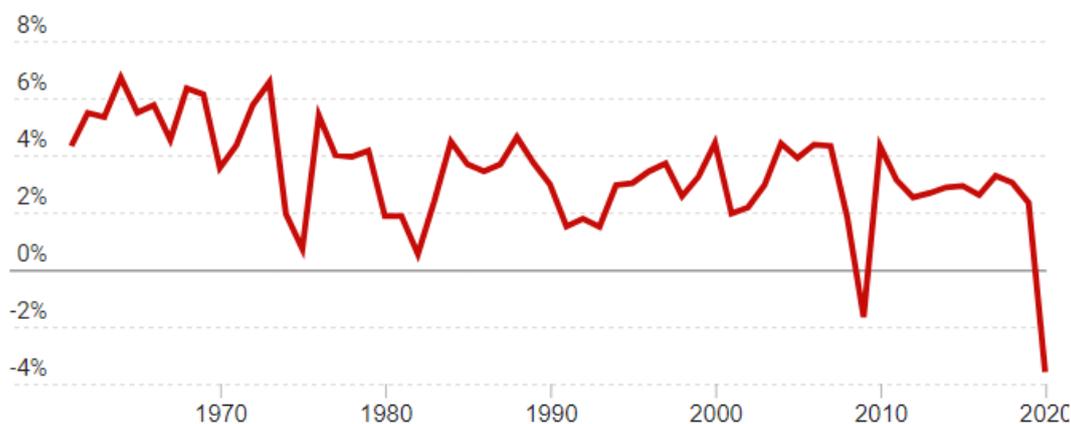


Figura 3: Andamento PIL mondiale (1970-2020. Fonte: [80])

Infatti, come è enunciato successivamente questo virus ha condotto alla chiusura di numerose fabbriche, banche, cambiamenti delle catene di approvvigionamento, calo della domanda di risorse industriali e commerciali, aumento della disoccupazione e annullamento delle attività sociali, come i giochi olimpici di Tokyo che sono stati rinviati.

Tutti questi fattori hanno ridotto i valori degli addendi della formula per calcolare il PIL e di conseguenza si è assistito ad una decrescita (Priya et al., 2021).

- Ambientale

Durante il periodo del COVID-19 più dell'80% delle persone è stata obbligata a rimanere nelle proprie case, portando all'interruzione temporanea di gran parte della produzione industriale che ha ridotto il consumo di energia in tutto il mondo. La maggior parte dell'energia è prodotta utilizzando fonti fossili (petrolio, carbone, gas naturale...ecc) quindi una minor richiesta per via del COVID-19 ha avuto un impatto sui Paesi dell' Medio Oriente dove il petrolio greggio è la spina dorsale del prodotto interno lordo (Priya et al., 2021).

Ciò nonostante, la riduzione del consumo dei carboni fossili ha avuto una conseguenza positiva con la diminuzione dell'inquinamento a livello mondiale. Un'analisi notevole è stata condotta dall'European Space Agency (ESA) che ha rilevato e poi confrontato i livelli di biossido di azoto (NO_2) in diverse regioni d'Europa tra marzo 2019 e marzo 2020 [81].

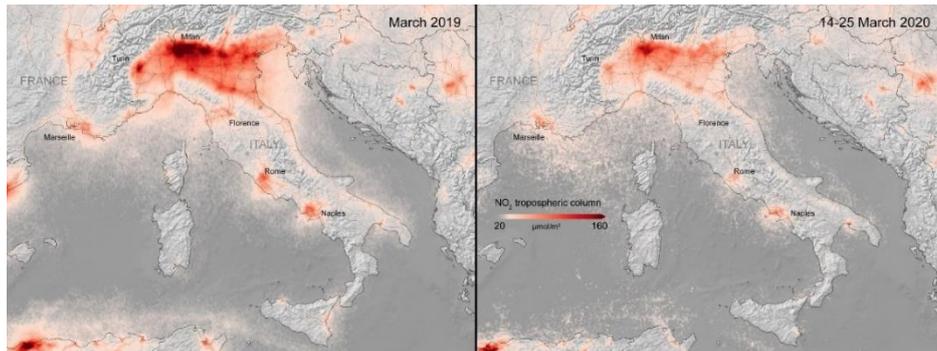


Figura 4: Livelli inquinamento in Italia Marzo 2019-2020. Fonte: [81]

Come si può notare dall'immagine sovrastante (Figura 4) prima del COVID-19 la pianura padana presentava elevati livelli di inquinamento dato che sono situate la maggior parte delle industrie produttive italiane. Gli altri centri d'inquinamento sono localizzati nelle città di Firenze, Roma e Napoli in quanto principali città italiane. Con l'avvento della pandemia la situazione è drasticamente migliorata in tutta Italia. È interessante evidenziare come l'inquinamento a Milano nel 2020 sia comunque maggiore rispetto alle altre città italiane nel 2019.

- *E-commerce e Delivery*

Durante la pandemia, le modalità con cui le persone hanno “fatto” acquisti sono mutate, dovuto principalmente alle rigide linee guida da rispettare durante ogni tipo di spesa. In questo contesto l'e-commerce ha avuto una crescita esponenziale, infatti oltre il 50% delle persone ha intensificato gli acquisti online durante la pandemia. Questo dato è stato consultato da un report del UNCTAD, la Conferenza delle Nazioni Unite sul commercio e lo sviluppo, e di seguito si presentano brevemente alcuni dati salienti emersi dal documento [82].

Nonostante un aumento delle vendite online del circa 10% nella gran parte dei settori, la spesa media è diminuita perché le persone hanno preferito rimandare gli acquisti importanti successivamente focalizzandosi sui beni di prima necessità. La riduzione della spesa non ha interessato tutti allo stesso modo e in base all'età si sono osservati comportamenti diversi:

- *Gli anziani (Boomers)* hanno cambiato poco le loro spese e abitudini, dovuto al fatto che sono cresciuti nel periodo del “boom economico” e quindi non abituati alla mancanza di risorse.
- *La generazione Z* si è mostrata più preoccupata, ma ha ponderato in modo sensato le spese e i risparmi.
- *I giovani* sono i più preoccupati per il futuro e la disponibilità economica, infatti hanno ridotto drasticamente gli acquisti.

Le aziende, di conseguenza, hanno dovuto adattarsi alla situazione e anche quelle reticenti al mondo online si sono evolute per non fallire. In realtà il 77% delle imprese ha aumentato la propria clientela nella transizione verso l'e-commerce migliorando anche l'esperienza del consumatore. Infatti, dato che i nuovi store online sono ancora attivi nel periodo post-pandemia, gli utenti possono avere informazioni aggiuntive come la disponibilità di un prodotto in uno specifico negozio fisico, aggiornamenti su nuovi prodotti ecc. potendolo fare ovunque e in ogni momento [83]. Un fenomeno interessante emerso durante la pandemia è quello della spesa online. Il 37% delle famiglie italiane non aveva mai acquistato beni di largo consumo online prima della pandemia. Inoltre, si è osservato che si tende a spendere maggiormente comprando online, perché il cliente ha meno la percezione fisica della spesa oltre ad essere “stimolato” a comprare prodotti che di persona non comprerebbe, dovuto principalmente al marketing e a come vengono presentati. Nel marzo 2020 questo trend è aumentato così velocemente che i gestori delle piattaforme di distribuzione non sono riusciti a soddisfare totalmente le richieste e il 19% delle famiglie che hanno provato a fare la spesa online non è riuscita [84].

La Figura 5 illustra l'aumento dei consumi online da parte delle famiglie italiane e si evince che gli acquisti tramite piattaforme digitali sono più che raddoppiati nell'anno pandemico (2020) rispetto a quello precedente.

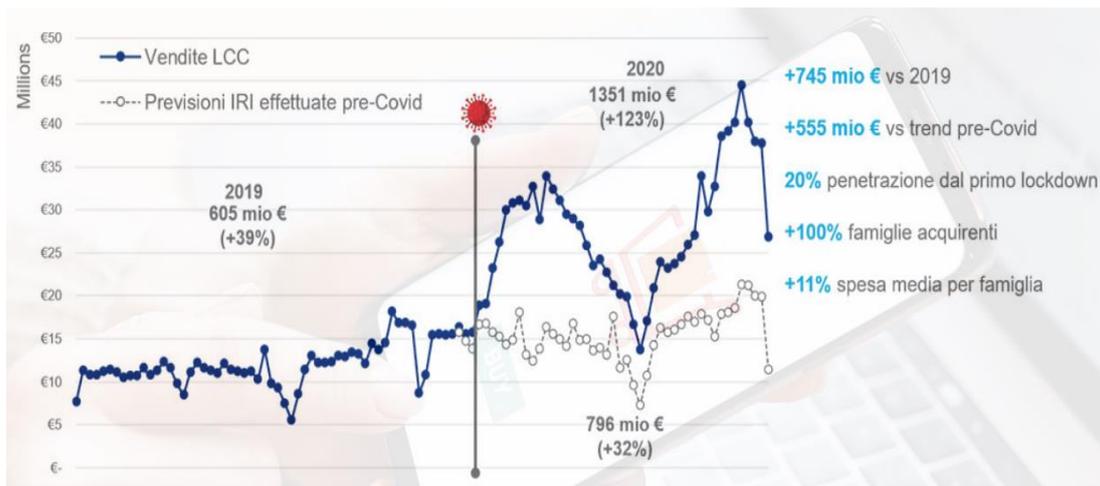


Figura 5: Vendite a valore di largo consumo nell'e-commerce. Fonte: [85]

Di conseguenza, le aziende mondiali sono state obbligate ad orientare le loro modalità di vendita verso l'e-commerce per garantirsi continuità e sostenibilità in questo ambiente commerciale volatile portato dalla pandemia (Priambodo et al., 2021).

Non solo i grandi commercianti, ma anche i piccoli medi hanno investito in canali di vendita online e alcuni di loro hanno addirittura optato di usare solo più la modalità digitale dopo la fase pandemica [86].

Un esempio rilevante per quanto riguarda la grande distribuzione è Inditex, gruppo a cui appartiene Zara, che ha scelto di chiudere 1200 negozi localizzati in tutto il mondo ed investire 2,5 miliardi di euro per migliorare la piattaforma di e-commerce, in modo da coprire il 25% del fatturato con le vendite online [87].

Un effetto simile si era già verificato nel 2003 in seguito alla pandemia di SARS in Cina da cui era nato Alibaba, principale piattaforma di vendita online cinese [86].

Inoltre, molti operatori come caffè, ristoranti, musei, piscine o centri sportivi sono stati obbligati ad interfacciarsi con un'infrastruttura di vendite online, poiché hanno dovuto introdurre un sistema di prenotazione online per controllare il numero di persone presenti nei loro locali in un determinato momento per aderire alle misure anti-Covid [86].

- *Fallimenti e perdite di profitti*

Il fallimento dell'impresa si riferisce a una situazione in cui l'azienda non è più in grado di operare come entità sostenibile ed è quindi costretta a cessare l'attività e a licenziare i dipendenti. Esistono due tipi di fallimento aziendale, uno è in gran parte improvviso, imprevedibile e difficile da mitigare, e l'altro si protrae nel tempo ed è scandito da molteplici eventi, storie, false partenze e azioni che alla fine portano al collasso dell'impresa (Amankwah-Amoah et al., 2021).

Inoltre, affermano sempre Amankwah-Amoah e altri, (2021) che le bancherotte avvenute in seguito al COVID-19 rientrano nella prima tipologia di fallimenti precedentemente specificati, poiché secondo l'Organizzazione per la Cooperazione Economica e lo Sviluppo (2020), la pandemia COVID-19 è stata considerata una delle più grandi crisi economiche e sanitarie dei tempi moderni, culminata in un forte calo dei consumi e della fiducia dei consumatori. Infatti, questa è stata riconosciuta come un importante shock esogeno che ha alterato il panorama competitivo delle piccole e grandi imprese. Di conseguenza, in molti casi, ha condotto a un crollo della domanda e all'interruzione dell'offerta di molti prodotti (come è specificatamente analizzato nel successivo paragrafo) (Amankwah-Amoah et al., 2021). Quindi le insolvenze aziendali avvenute in seguito alla pandemia rientrano nella seconda tipologia di fallimenti prima descritti.

Inoltre, al fine di interrompere la via di trasmissione e frenare la rapida diffusione dell'epidemia, i governi hanno adottato politiche e misure incentrate sull'isolamento e sulla limitazione di assembramenti pubblici (Tan et al., 2022). Come il blocco del traffico, il controllo degli spostamenti e la chiusura momentanea delle aziende per ridurre il rischio di contagio sul luogo di lavoro (Amankwah-Amoah et al., 2021).

Eppure, se da un lato, queste misure hanno tagliato efficacemente le vie di trasmissione del virus, dall'altro hanno condotto ad un enorme impatto negativo sull'economia dei paesi. In particolare, sono stati maggiormente colpiti il settore del turismo, della ristorazione e dei trasporti (Tan et al., 2022). Ad esempio, riporta l'Organizzazione Mondiale del Turismo (OMT) che il turismo internazionale ha subito una perdita di 2.000 miliardi di dollari per il 2020 e il 2021, in quanto nel primo anno della pandemia (2020) ha rilevato un calo del

63% rispetto al 2019 ed invece nel 2021 del 61%, sempre in paragone all'anno pre-pandemico [88].

Anche il settore della ristorazione ha subito gravi deficit economici. Nello specifico lo Stato italiano, la cui economia si basa principalmente su questo settore, ha registrato una perdita pari a 32 miliardi di euro nel 2020 e 24 miliardi nel 2021, i quali sommati danno come risultato complessivo 56 miliardi di euro [89]. Tuttavia, grazie al delivery le perdite sono state leggermente contenute (Türkeş et al., 2021).

Pertanto, come si evidenzia nel punto successivo altri settori hanno subito un drastico aumento della domanda invece che una flessione, però hanno incontrato delle disruptions poiché la quantità offerta è risultata essere inferiore a quella domandata.

- *Espansione della domanda*

Le contromisure adottate dai governi mondiali, enunciate nel precedente paragrafo, hanno anche avuto un effetto positivo su alcuni settori (sanitario, farmaceutico, elettronico ecc). Quest'ultimi hanno riscontrato un aumento della domanda che a catena ha fatto crescere il fatturato. L'immagine sottostante (Figura 6) illustra l'andamento mondiale della domanda di alcuni prodotti. Nello specifico si nota che ad aver subito una significativa accelerazione sono beni tipicamente destinati al consumo domestico. In quanto successivamente alle misure di gestione e contenimento del virus i compratori hanno modificato le proprie filosofie di acquisto. In particolare, nella Figura 6 sono illustrati quattro principali cluster di beni, che nel 2020 sono stati colpiti da un'inaspettata crescita della domanda:

- Attrezzature sportive e prodotti per il tempo libero;
- Prodotti per l'igiene domestica e la cura della persona;
- Elettronica di consumo;
- Beni per la casa.

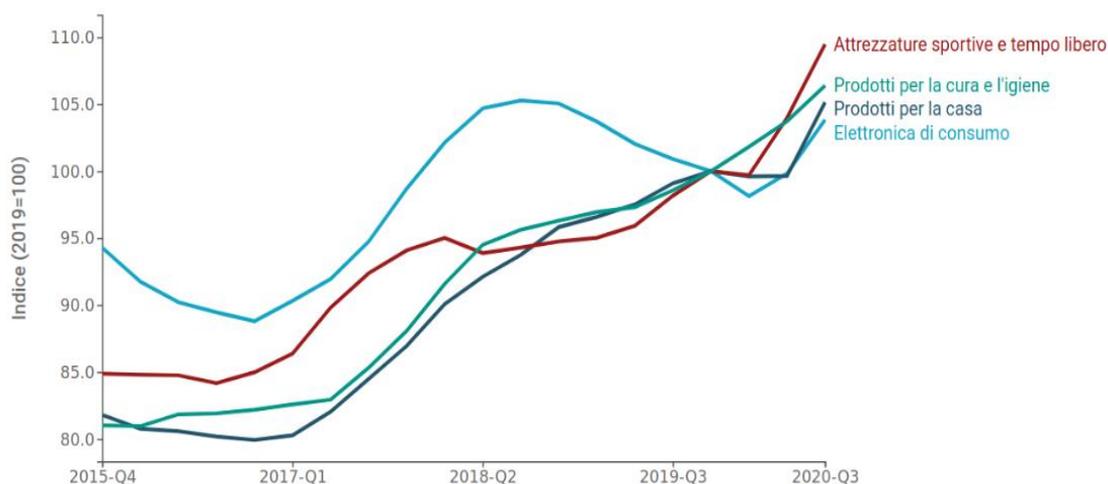


Figura 6: Andamento domanda mondiale di beni nel mondo. Fonte: [90]

In prima analisi, l'elettronica di consumo ha subito un'accelerazione della domanda mondiale, poiché tra le contromisure per contrastare il COVID-19 rientrava la didattica a distanza (DAD) e lo Smart working, i quali richiedono l'uso costante di dispositivi elettronici come i laptop (Althaf et Babbitt, 2021; Tian et al., 2022).

In seconda analisi, i farmaci, i dispositivi di protezione individuale e i prodotti per la cura e l'igiene hanno riscontrato un incremento della richiesta da parte dei consumatori, dato che il loro utilizzo è stato imposto dai governi perché riduce nettamente il rischio di contagio (Neil et John, 2020; Park et al., 2020). Tuttavia, questi due punti sono analizzati più specificatamente nel capitolo 2.

Infine, si è evidenziata una crescita della domanda di attrezzature per lo sport individuale, poiché era l'unica tipologia di attività sportiva concessa durante la pandemia [90]. Ad esempio, si è rilevato un aumento degli acquisti di biciclette, in primo luogo, per il motivo sopra enunciato, ma anche perché molte autorità hanno lavorato per incentivare l'uso di questi prodotti come alternativa al trasporto pubblico, in quanto risolveva il problema dell'allontanamento sociale e minimizzava il rischio di trasmissione di COVID-19 (Fuller et al., 2021). Infatti, I produttori italiani di biciclette, che sono i primi fabbricanti europei, hanno rilevato un incremento di oltre il 20% in seguito alla pandemia [91].

In conclusione, si può affermare che la pandemia da COVID-19 ha comportato gravosi impatti a livello economico, i quali hanno di conseguenza creato delle disruptions nelle supply chain mondiali. Questi problemi sono profondamente analizzati nel capitolo 2.

1.2 Shortage

Il corrispondente paragrafo prima analizza la definizione del vocabolo “*Shortage*” data dall’università di Cambridge. Successivamente esamina le tre principali cause non conseguenti alla diffusione del COVID-19 che hanno condotto alla carenza di materiale prima e dopo la pandemia. In aggiunta, si pone particolare attenzione anche agli scenari di shortage conseguiti dai rispettivi fattori esaminati. Infine, si esamina il legame tra pandemia e carenza di materiale analizzando in maniera approfondita la deviazione della domanda di beni, che a catena ha ulteriormente alimentato lo shortage. Si intende solo dare un’introduzione, poiché la maggior parte di questi concetti saranno ripresi nel capitolo 2 ed approfonditi.

1.2.1 Definizione del termine “*Shortage*” e cause

Il termine shortage letteralmente in italiano significa carenza. Tuttavia, questo vocabolo è utilizzato per indicare una situazione in cui c'è una quantità offerta di qualche bene inferiore a quella desiderata o domandata [92].

Quindi l’offerta non copre la domanda e di conseguenza una percentuale delle richieste di beni non è soddisfatta, poiché le aziende non possiedono la quantità necessaria di componenti o materiali per fabbricare i prodotti finiti.

La carenza di materiale è genericamente causata da diversi fattori economico-sociali, di seguito sono messe in luce le generiche cause non collegate con la pandemia che hanno condotto a scenari di shortage mondiali nella storia.

- *Restrizioni governative*

Le restrizioni governative rappresentano una delle principali cause alla base della carenza di materiale poiché in seguito a controversie tra stati è imposto il blocco delle importazioni o delle esportazioni. Queste scelte dei governi conducono a problemi di carenza di materiali sulle differenti supply chain (Rahman et al., 2017).

Un esempio storico rilevante è la guerra dello Yom Kippur avvenuta nell'ottobre del 1973, in cui il mondo occidentale si trovò coinvolto in una delle più gravi crisi economiche.

Nel giorno dello Yom Kippur, Egitto e Siria lanciano un attacco ad Israele per la riconquista del Sinai e Golan. Dopo un periodo di difficoltà Israele, colto impreparato, riuscì a reagire e a contrastare con successo gli attacchi egiziani e siriani. La guerra ebbe una durata molto breve, di circa venti giorni. L'intervento dell'ONU si fece sentire immediatamente, imponendo il "cessate il fuoco" a Siria ed Egitto e gli USA si proposero come mediatori.

Sin dall'inizio della guerra gli stati arabi facenti parte dell'OPEC (Organizzazione dei Paesi Produttori di Petrolio) nata nel 1960 con l'accordo tra Iran, Iraq, Kuwait, Arabia Saudita, Venezuela, cui negli anni successivi si aggiungono Qatar, Emirati Arabi Uniti, Algeria, Libia, Nigeria, Indonesia, Ecuador e Gabon 27 si schierarono a favore di Egitto e Siria. Cercando di danneggiare i Paesi occidentali filoisraeliani decretarono un embargo in particolare verso gli Stati Uniti e Olanda riducendo progressivamente la produzione di petrolio greggio.

I Paesi europei furono costretti a ricorrere alle loro riserve di petrolio e in pochi mesi le scorte mondiali scesero del 10%, questo causò una forte richiesta che nel mercato implica un aumento dei prezzi. La mancanza di energia portata dalla scarsità o dal prezzo esagerato della materia prima quale il petrolio si tradussero rapidamente in una riduzione generalizzata delle attività di produzione e di trasporto nell'intero Occidente portando un calo del profitto imprenditoriale e a un successivo aumento dei prezzi delle merci, provocando una forte inflazione [93].

- *Problemi di logistica portuale*

La logistica portuale svolge oggi un ruolo cruciale nello sviluppo di un sistema di trasporto multimodale, incrementando le attività commerciali e le reti di carico. Inoltre, gioca un importante compito nell'aumentare la ricchezza della popolazione mondiale, dato che 80% del commercio è trasferito via mare (Sarkar et al., 2022).

Tuttavia, questa modalità di trasporto riporta differenti difficoltà che vanno ad influire direttamente sulla carenza di materiale. Il problema più importante

riporta l'azienda Container Tracking International (CTI) è il disallineamento tra la crescita delle dimensioni dei porti e delle navi, poiché quest'ultime sono state ingrandite, negli ultimi 50 anni, in modo da poter trasportare il 1500% in più di quantità rispetto al passato, sfruttando così le economie di scala [94].

Pertanto, i porti hanno mantenuto le dimensioni del passato e questo ha incrementato la congestione portuale. Infatti, molte infrastrutture risultano inadeguate (Sarkar et al., 2022).

Un recente esempio è la nave Evergreen, la quale il 23 marzo 2021 si è incagliata nel canale di Suez e di conseguenza il 7% del commercio mondiale ha subito un arresto, in quanto transita per quelle acque [95]. Questo ha avuto delle drastiche conseguenze sull'economia mondiale; infatti, il blocco è costato 400 milioni di dollari all'ora. Inoltre, ha alimentato l'inflazione e i ritardi relativi alle catene di approvvigionamento [96].

L'incagliamento delle navi non è l'unico fattore che alimenta lo shortage, ma anche la carenza di personale presso i porti e le elevate tempistiche di controllo della dogana (Sarkar et al., 2022), ma queste cause sono analizzate più specificatamente nel capitolo 2, dato che la pandemia da COVID-19 le ha ulteriormente incrementate.

- *Errata stima della quantità domandata*

La previsione della domanda consiste nel processo di elaborazione di stime future in relazione alla domanda dei clienti in un periodo specifico. L'ipotesi della quantità richiesta considera dati storici al fine di comprendere le condizioni economiche chiave e contribuire a prendere decisioni cruciali in materia di approvvigionamento per ottimizzare la redditività aziendale.

Una stima inadeguata provoca una carenza di offerta o un eccesso di offerta, le quali di conseguenza inducono elevate perdite economiche alle industrie (Rahman et al., 2017). Infatti, nel primo caso questa imprecisione comporta un esaurimento delle scorte, e una conseguente insoddisfazione della domanda e quindi una riduzione dei ricavi [97].

Un famoso esempio di shortage susseguito da un'errata previsione della domanda sono stati nel 2019 i nutella biscuits prodotti dall'azienda italiana Ferrero. L'impresa aveva ipotizzato una velocità di rotazione del prodotto sugli scaffali uguale agli altri alimenti fabbricati sempre dall'omonima fabbrica, ma

inaspettatamente il tempo di ricambio sui ripiani dei supermercati è risultato di 2,2 volte superiore. Di conseguenza, questo ha comportato una carenza di materiale [98]. Anche il COVID-19, evento molto più rilevante, ha colto impreparate le aziende, portando ad un disallineamento tra domanda offerta e da ciò è conseguita un'insoddisfazione della massa. Quest'ultimo sarà analizzato più specificatamente nel capitolo 2.

Le cause enunciate precedentemente non sono le uniche alla base della carenza di materiale; infatti, a queste si aggiungono: tensioni geopolitiche, aumento inaspettato della domanda e carenza di materie prime. Tuttavia, quest'ultime sono affrontate nel successivo capitolo, poiché la pandemia da COVID-19 le ha accentuate.

1.2.2 Legame pandemia da COVID-19 e shortage

L'arrivo della pandemia ha causato rilevanti problemi sulle supply chain mondiali, dato che quest'ultime si stavano ancora riprendendo dalla precedente crisi del 2008.

Quindi esiste una stretta connessione tra COVID-19 e carenza di materiali, in quanto il virus ha interrotto e bloccato le catene di approvvigionamento mondiali.

Il principale fattore conseguito dalla pandemia e dalle relative misure di contenimento, che ha condotto allo shortage è la variazione inaspettata della domanda. In prima analisi, i governi mondiali hanno attuato delle contromisure per limitare il COVID-19, il quale è molto più letale della tipica influenza (Neil et John, 2020), ad esempio hanno imposto di indossare i DPI come le maschere, poiché questo è un metodo efficace per contrastare la trasmissione di malattie inerenti all'apparato respiratorio tra gli individui (Wang et al., 2020).

Inoltre, sono state sviluppate altre soluzioni universali, precedentemente enunciate nel paragrafo 1.1, per prevenire o rallentare la rapida diffusione come il distanziamento sociale. Infatti, la Figura 7 mostra in quale quantità l'attuazione di queste precauzioni riduca il numero di persone infette e di conseguenza la capacità sanitaria riesca a soddisfare la domanda di assistenza.

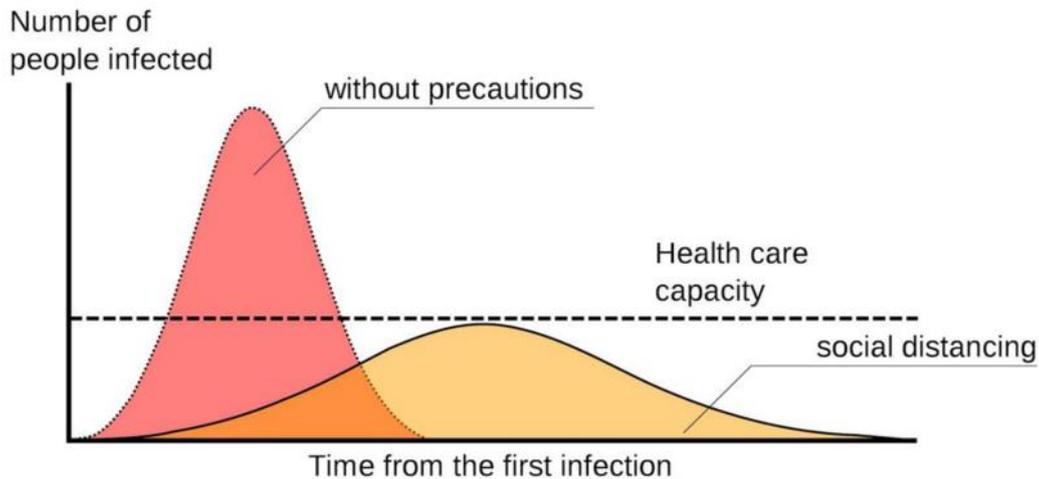


Figura 7: Una curva epidemica campione, con e senza distanziamento sociale. Fonte: (Neil et John, 2020)

Tuttavia, queste misure di contenimento hanno condotto ad una carenza di dispositivi di protezione individuale e farmaci, poiché le scorte nazionali non erano sufficiente ad affrontare quest'aumento inaspettato della domanda (Wang et al., 2020). Questo shortage è stato ulteriormente alimentato da altri fattori sempre conseguenti alla pandemia, come: carenza del componente chiave (propilene non tessuto), concentrazione geografica dei produttori, limitazione delle esportazioni e dei trasporti (Park et al., 2020).

Le precedenti cause enunciate sono studiate specificatamente nel capitolo 2.

Oltre al settore sanitario la pandemia ha anche colpito quello elettronico. In quanto, il COVID-19 ha modificato il modo di lavorare e studiare, poiché ha portato la società ad implementare lo Smart working e la didattica a distanza, in maniera da ridurre il rischio di contagio. La seguente contromisura adottata dai governi ha a sua volta comportato un aumento inaspettato della richiesta di dispositivi elettronici (Althaf et Babbitt, 2021). Quest'ultimo fattore ha rispettivamente condotto ad un disallineamento tra domanda ed offerta non solo di prodotti elettronici, ma anche di semiconduttori perché i telefoni cellulari e i computer non possono essere prodotti senza chip (Wu et al., 2021).

Successivamente a catena l'incremento della domanda di microchip ha anche creato delle disruptions nelle catene di approvvigionamento di terre rare, dato che quest'ultime

sono materie prime che presentano proprietà peculiari, le quali rendono questi elementi indispensabili ed insostituibili per i componenti elettronici (Wenyi et al., 2020).

I seguenti fattori alla base dello shortage sono successivamente analizzati nel capitolo 2. Inoltre, nel successivo capitolo sono anche affrontati gli effetti indiretti che hanno interrotto l'offerta di alcuni prodotti come, ad esempio, le auto elettriche (Vinay et al., 2022).

In seguito a questa prima breve analisi si evince che la pandemia da COVID-19 ha avuto gravi ripercussioni sull'economia mondiale poiché ha condotto a drastici fermi di produzione che a catena hanno creato degli scenari di shortage a livello mondiale. Pertanto, nei conseguenti capitoli (capitoli 2 e 3) sono approfonditamente esaminati i fattori scatenanti successivi alla pandemia che hanno portato alla carenza dell'offerta, gli impatti che il seguente disallineamento ha avuto sul globo ed infine le rispettive azioni di mitigazione.

CAPITOLO 2: Settori colpiti da shortage e cause

In questo capitolo sono prima introdotti i settori che sono stati colpiti da shortage in seguito all'avvento della pandemia di COVID-19 e successivamente sono indagate approfonditamente le cause che hanno portato alla carenza di materiali.

2.1 Settori interessati e introduzione allo shortage

Nel presente paragrafo sono esaminati i diversi settori che stanno subendo lo “shortage” e dunque affrontando uno squilibrio tra domanda ed offerta; ciò è causato, fondamentalmente, dalla pandemia come si può vedere nel paragrafo (2.2). Si pone prima attenzione alle materie prime, poi ai relativi lavorati e solo successivamente ai prodotti finiti. I diversi materiali che presentano carenza sono: particolari componenti delle auto (Wu et al., 2021), principalmente elettriche, le batterie (Wenyi, et al., 2020), i chips (Vinay et al., 2022), i minerali e materie prime (Wenyi, et al., 2020), i dispositivi elettronici (Althaf et Babbitt, 2021), i farmaci (Hisham et Bassam, 2021), i dispositivi di protezione individuale (Park et al., 2020), gli alimenti e i beni di prima necessità (Kouvelis, 2022). Questi possono essere raggruppati a loro volta in due macroaree, come si vedrà di seguito.

2.1.1 Metalli critici, auto elettriche (EV), microchip, batterie e dispositivi elettronici

In primo luogo, si sono verificate delle incongruità tra domanda ed offerta di metalli. Negli ultimi anni i prodotti elettronici sono diventati parte essenziale della società, causa di questo incremento è il COVID-19. In parallelo il settore del trasporto ha subito una svolta, poiché gli individui hanno sviluppato una maggiore sensibilità rivolta all'impatto ambientale; infatti, la domanda si è spostata su veicoli elettrici.

Appartenenti all'insieme dei metalli critici ci sono le terre rare (REE). Quest'ultime sono un gruppo di 17 elementi chimici Lantanio, Cerio, Praseodimio, Neodimio, Samario, Europio, Gadolinio, Terbio, Disprosio, Olmio, Erblio, Tulio, Itterbio, Lutezio, Ittrio, Promezio e Scandio dalle particolari proprietà, che gli permettono di essere

ampiamente utilizzate nel mondo dell'elettronica e delle batterie. Il loro valore strategico cresce di anno in anno, e il monopolio cinese è sempre più invasivo. In realtà, nonostante il nome sia forviante, questi metalli sono presenti in grandi quantità sulla superficie terrestre, ma sono distribuiti principalmente in Cina [1].

Di conseguenza a ciò, la richiesta di metalli e terre rare è aumentata dato che i prodotti prima citati necessitano di queste materie prime per essere fabbricati. Inoltre, si sono aggiunte altre cause alla base della carenza, che sono analizzate nel successivo paragrafo 2.2.

Pertanto, le questioni relative alla disponibilità e alla sostenibilità delle risorse metalliche corrispondenti, che sono strettamente legate alla sopravvivenza a lungo termine dell'industria manifatturiera devono essere risolte in modo efficace.

Infatti, attualmente, molti ricercatori sono impegnati nello sviluppo di un'economia circolare e di tecniche di recupero dei metalli preziosi (Wenyi et al., 2020), anche questi fattori verranno sviluppati nel successivo sottocapitolo 3.2.

In secondo luogo, si è evidenziata una carenza di batterie e chip. Questi due settori hanno riscontrato uno shortage di materiali per tre motivi: aumento della domanda da parte dei clienti, riduzione dell'offerta da parte dei fornitori e problemi logistici dovuti alla pandemia; i seguenti fattori sono indagati in maniera più approfondita nel successivo paragrafo. È importante analizzare la carenza dei seguenti componenti in quanto essa ha gradualmente attaccato altri settori, poiché per produrre automobili, cellulari e ulteriori dispositivi elettronici sono necessari diversi chip e batterie (Wu et al., 2021). Infatti, la mancanza dei seguenti materiali ha avuto differenti impatti (per ulteriori specifiche, vedere il capitolo 3), creando arresti di produzione e arretrati, che hanno portato a perdite di diversi miliardi di dollari. In risposta si sono sviluppate strategie di mitigazione per garantire l'approvvigionamento (Vinay et al., 2022).

In terzo luogo, si osserva un disallineamento tra la domanda di auto e l'offerta. La causa di ciò si riscontra in una divergenza presente al precedente livello della catena. Infatti, le catene delle forniture sono state colpite sia del COVID-19 che dalle frizioni commerciali, di conseguenza la normalità dell'equilibrio della domanda e dell'offerta a lungo termine tra i fornitori a monte e le case automobilistiche a valle si è spezzata. Questo ha creato una carenza di auto sul mercato e in seguito gli acquirenti di autoveicoli hanno dovuto "accontentarsi" (Wu et al., 2021). In risposta si sono

sviluppate strategie di mitigazione come il riciclo (per ulteriori specifiche, vedere il capitolo 3).

In quarto luogo, si è rilevato uno shortage di dispositivi elettronici. Alla base di ciò oltre alle incongruenze riscontrate nei settori precedentemente analizzati, lo stesso Tim Cook ha evidenziato che i limiti di fornitura dei chip hanno influito negativamente sulle vendite [2], c'è stata una domanda esplosiva di questi prodotti, che ha colto il mondo industriale impreparato (Tian et al., 2022).

Queste tensioni lungo l'intera supply chain dell'elettronica hanno portato gli stakeholders a sviluppare strategie a livello mondiale per ridurre gli impatti e rendere la catena più resiliente (Althaf et Babbitt, 2021).

In conclusione, si evince che le carenze rilevate nei diversi settori, prima analizzati, sono sia causa che conseguenza uno degli altri. Questo sottolinea la complessità alla base delle supply chain e la difficoltà a trovare strategie di mitigazione efficaci, poiché non si può guardare al singolo prodotto, ma si deve volgere attenzione all'intero insieme.

2.1.2 Dispositivi di protezione individuale (DPI), farmaci, food e beni di prima necessità

In seguito, ai primi casi di coronavirus, che è uno dei patogeni che colpiscono principalmente il sistema respiratorio umano, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha dichiarato lo stato di pandemia globale. Quindi, sono state intraprese delle azioni di prevenzione per rallentare la rapida diffusione del virus (Neil et John, 2020).

Tra le misure di contenimento imposte, i governi hanno indicato l'obbligo di indossare dispositivi di protezione individuale. Questo ha portato un aumento della domanda, ma l'offerta non era pronta e quindi si è da subito verificata una carenza (Park et al., 2021) che ha condotto a drastici impatti a livello globale (per ulteriori specifiche, vedere il paragrafo 3.1). Al fine di minimizzare i danni seguiti dal seguente shortage, in ambito sanitario, i governi hanno intrapreso azioni di collaborazione e sensibilizzazione allo spreco di DPI (per ulteriori specifiche, vedere il paragrafo 3.2).

Tuttavia, l'aumento della domanda di mascherine ha intaccato un altro settore: quello delle rispettive materie prime. In quanto, il polipropilene non tessuto ha iniziato a subire

una carenza dovuta al rapido incremento della richiesta. Viceversa, lo shortage di quest'ultima materia prima è anche un ostacolo per la produzione di mascherine (Park et al., 2021).

Nel settore sanitario si è rilevato un altro shortage, quello riguardante i farmaci necessari per contrastare il virus in questione, dal momento che la richiesta è aumentata nettamente, la stessa Food and Drug Administration (FDA) degli Stati Uniti definisce le carenze di farmaci come il periodo di tempo in cui la domanda supera l'offerta del farmaco. Questo ha avuto ulteriori conseguenze nel mondo (per ulteriori specifiche, vedere il paragrafo 3.1) (Hisham et Bassam, 2021).

Anche il settore alimentare e quello dei beni primari hanno subito dei colli bottiglia, nonostante questi siano sempre stati abituati ad avere una domanda relativamente elevata, dato che soddisfano la base delle necessità. Il coronavirus ha generato una corsa all'acquisto di prodotti essenziali in seguito alla percezione distorta della situazione sanitaria da parte dei cittadini. Ad ogni modo, questa corsa sfrenata agli acquisti è durata solamente il primo periodo della pandemia.

2.2 Cause

Nel presente paragrafo sono esaminate le differenti origini che hanno condotto allo shortage di materiali, l'attenzione si concentra principalmente sul fattore COVID-19, poiché quest'ultimo ha portato con sé diverse tendenze che hanno sconvolto l'intera economia globale. In prima analisi sono studiate le cause più influenti, successivamente quelle con rilevanza minore.

2.2.1 Aumento della domanda

Nell'ultimo periodo, in seguito al verificarsi della pandemia, si è registrato uno spostamento con relativo aumento della domanda di alcuni prodotti. Questo incremento inaspettato ha portato diverse disruptions nelle supply chain mondiali, tra cui il disequilibrio tra domanda ed offerta, con conseguente insoddisfazione da parte dei consumatori e inflazione dei prodotti critici.

L'aumento della domanda ha, inizialmente, toccato settori come l'elettronica, l'alimentare e il sanitario, solo successivamente si è evidenziata un'espansione della

conversione alla mobilità elettrica che ha fatto accrescere la richiesta di veicoli ibridi o elettrici. In seguito, l'incremento di questi è analizzato separatamente per i differenti settori.

I prodotti elettronici sono divenuti l'ancora di salvezza dell'interazione umana, durante la pandemia globale di COVID-19 (Althaf et Babbitt, 2021). Quando si è reso necessario un "allontanamento" fisico, gli individui e le organizzazioni si sono rivolti alle tecnologie elettroniche per la comunicazione, l'istruzione e il lavoro da casa. Gli smartphone e i computer hanno ospitato aule online e connessioni familiari, mentre i dispositivi di streaming media hanno registrato tassi di visione dei contenuti senza precedenti (Sarkis et al., 2020). Conseguentemente, la domanda di prodotti come computer, smartphone e console per videogiochi è cresciuta repentinamente; appunto un'analisi del IDC riporta che le spedizioni del mercato mondiale dei pc nel 2020 sono aumentate del 44% dal 2019 [3]. Questa crescita è, inoltre, rappresentata dalla Figura 8 in cui sono mostrate le spedizioni dei primi cinque produttori di laptop al mondo, complessivamente queste rappresentano il 78,5% delle spedizioni di PC nel 2020 [4]. Come si evince dalla Figura 8 l'incremento si inizia a vedere dal secondo trimestre del 2020, in quanto le misure anti-COVID-19 imposte dai governi hanno iniziato ad essere messe in atto da marzo del rispettivo anno. Lenovo presenta una crescita del 29% rispetto all'anno precedente, ciò gli ha permesso di ottenere il primo posto a livello mondiale, HP ha conquistato il secondo posto nella classifica annuale, con spedizioni nel quarto trimestre pari a 19,1 milioni di unità, con una crescita del 10% circa rispetto al 2019. Dell, al terzo posto, ha chiuso il 2020 con le spedizioni del quarto trimestre (Q4) aumentate del 27%. Infine, Apple e Acer si sono piazzate al quarto e quinto posto, con una crescita del 45% e 39% rispettivamente, di dispositivi spediti.

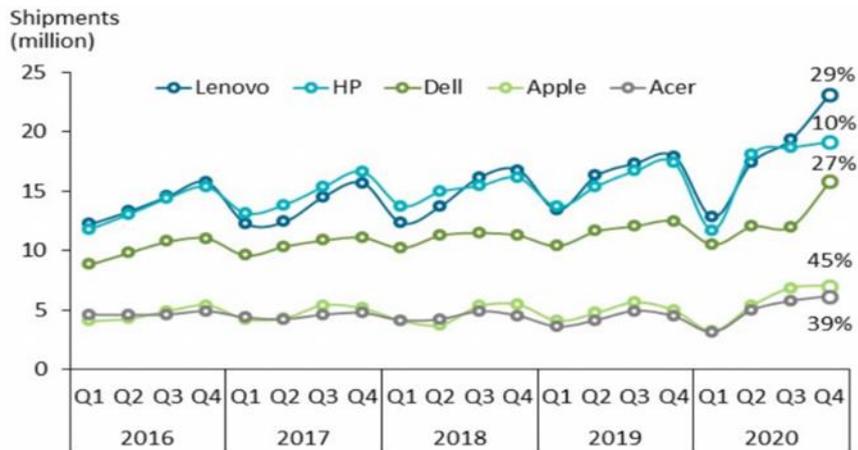


Figura 8: Spedizioni dei cinque principali fornitori di pc. Fonte: [4]

Inoltre, in questo periodo in cui i combustibili fossili sono in esaurimento e l'inquinamento atmosferico ha raggiunto livelli senza precedenti, l'umanità sta volgendo maggiore attenzione alla mobilità elettrica. Infatti, i dati raccolti dalla IEA mostrano una tendenza in crescita (Figura 9). Come si può ricavare dall'analisi della Figura 9 nel 2021 il numero totale di auto elettriche sulle strade è circa 16,5 milioni, il triplo se si paragona questo dato con quello del 2018. In aggiunta, le vendite di auto elettriche, comprese le ibride elettriche (BEV) e le plug-in (PHEV), nel 2021 sono raddoppiate rispetto all'anno precedente, raggiungendo il nuovo record di 6,6 milioni e sempre nel rispettivo anno il 10% degli acquisti mondiali di auto erano elettriche, 4 volte la quota di mercato nel 2019 [5].

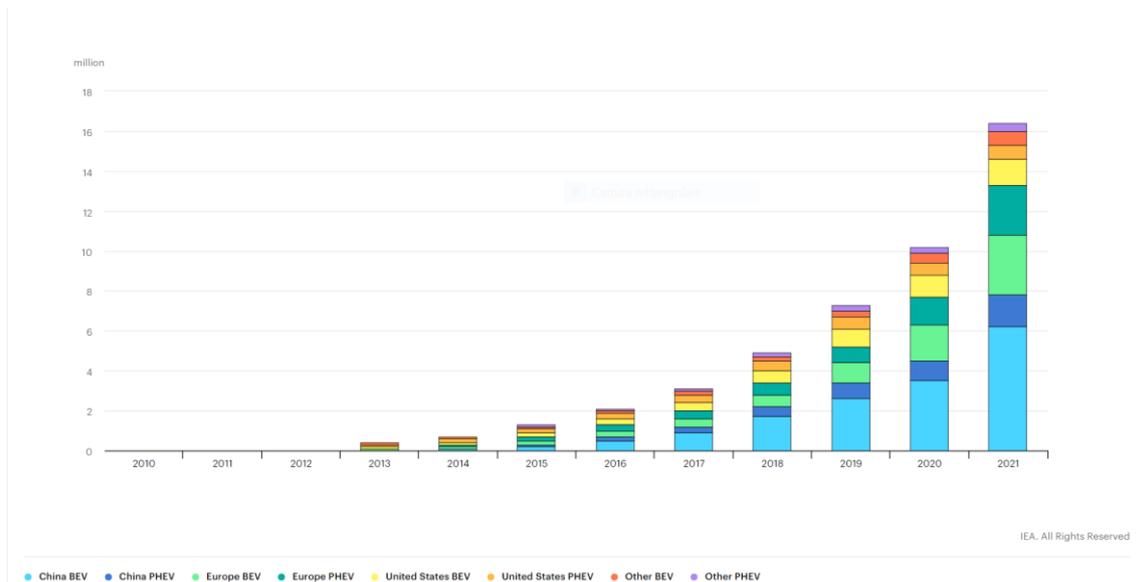


Figura 9: Oltre 16,5 milioni di auto elettriche in circolazione nel 2021, valore triplicato rispetto a tre anni prima. Fonte: [6]

La crescita di domanda di dispositivi elettronici e di mezzi di trasporto elettrici ha di conseguenza intaccato le rispettive catene di fornitura, creando diversi disagi nell'economia mondiale come analizzato di seguito.

In seguito a quanto descritto sopra, si è verificato un aumento della richiesta di batterie e semiconduttori, poiché questi sono parti indispensabili per la produzione dei prodotti tecnologici. Un primo problema si è riscontrato nelle batterie agli ioni di litio, che dominano la scelta per l'immagazzinamento di energia perché mostrano eccellenti proprietà elettrochimiche e alta densità energetica rispetto ad altre (Wenyi et al., 2020), ma ciò ha portato alcune conseguenze sui materiali metallici di cui sono composte.

Il litio ed il cobalto sono i due metalli fondamentali e in seguito all'aumento della domanda di batterie sono entrati nella zona di criticità, e questo dato viene identificato come significativo per il sistema energetico. Quindi, il rapido tasso di crescita della produzione di LIB solleva problemi relativi all'approvvigionamento di materie prime e alla circolazione delle risorse per tutto il mondo, portando allo shortage di diversi materiali.

Wenyi e altri (2020) valutano, considerando gli effetti dell'innovazione tecnologica, la sostenibilità dell'approvvigionamento cinese di litio e cobalto per produrre batterie. I risultati del loro studio indicano che la domanda crescerà notevolmente nel periodo dal

2015 al 2030 con un (+ 27,1%) per il cobalto e un (+ 43,8%) per il litio. Questo indica un grave rischio di carenza per il futuro se non si adotteranno misure strategiche.

Tuttavia, i dispositivi elettronici comprese le auto elettriche sono composti da altri minerali, oltre a quelli sopra citati, anche se in quantità inferiori, tra cui gli elementi delle terre rare (REE), dato che possiedono proprietà peculiari quali resistenza al calore, comportamento elettrico, magnetico e catalitico (Knobloch et al., 2018). Questo li rende essenziali per molte tecnologie high-tech e future, poiché la sola assenza di un materiale blocca la produzione complessiva e di conseguenza l'intero mercato mondiale. Quanto detto è illustrato nella Figura 10 che mostra la concentrazione di massa relativa di elementi specifici contenuti in uno smartphone rapportandoli ai relativi rischi di approvvigionamento (i valori più bassi corrispondono a rischi più elevati). Inoltre, la dimensione dei cerchi illustrati in Figura 10 corrisponde alla percentuale di consumo del materiale legato al settore dell'elettronica (da 1 a 100).

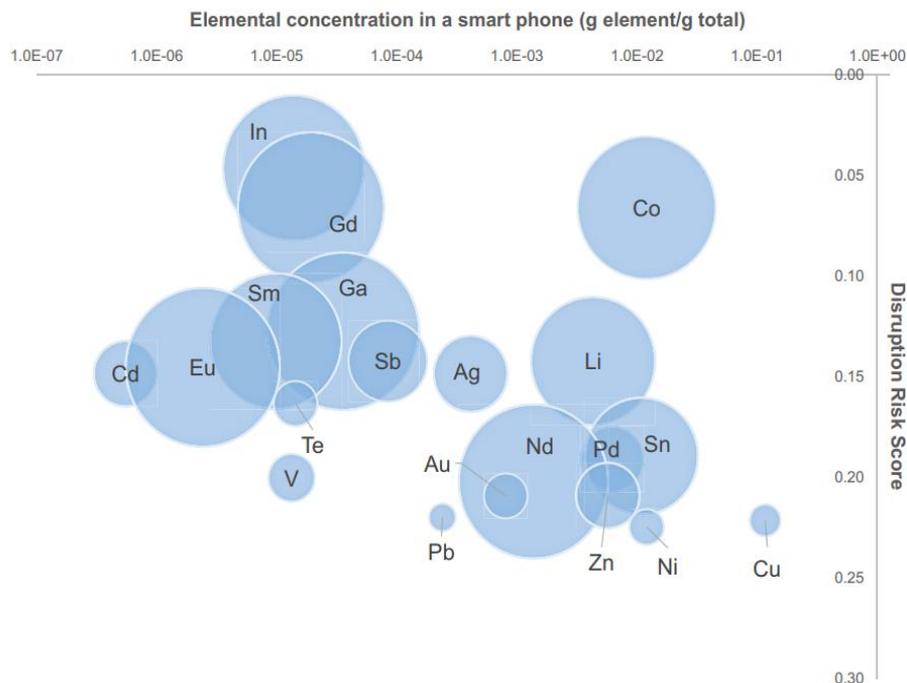


Figura 10: Confronto tra i rischi di materiale nello scenario di perturbazione Supply-Demand Mismatch e le concentrazioni di materiali in uno smartphone. Fonte: (Althaf et Babbitt, 2021)

In aggiunta, Valero e altri (2018) hanno calcolato la domanda cumulativa di materiali per la diffusione globale dei veicoli elettrici dal 2016 al 2050 e sono risultati “ad alto rischio” altri metalli oltre al cobalto e al litio, quali: argento, cromo, rame, gallio, indio, e nichel.

Inoltre, si è ricavato che la riduzione delle emissioni delle tecnologie verdi è accompagnata da domanda aggiuntiva di risorse metalliche che porta a conseguenze critiche nel mercato; infatti, Alonso e altri (2012) hanno valutato la domanda di elementi di terre rare, tra cui il disprosio e il neodimio da tecnologie chiave, come l'eolico e i veicoli elettrici, nei prossimi 25 anni e Habib et Wenzel (2014) hanno confermato che l'approvvigionamento primario di disprosio e neodimio non potrebbe soddisfare la domanda.

Dunque, l'aumento della domanda di prodotti elettronici, tra cui le auto, causa non solamente il disequilibrio tra domanda e offerta di questi prodotti domandati, ma anche dei loro componenti insostituibili (Figura 11), ed a loro volta delle materie prime di quest'ultimi creando una situazione di “shortage” generale di diversi materiali che va ad avere, indirettamente, conseguenze negative anche su altri settori. Ad esempio, il ritardo della consegna carte di credito, poiché i produttori stanno incontrando difficoltà crescenti nell'ottenere chip, quest'ultimi sono appunto componenti fondamentali di prodotti elettronici. In Figura 11 è illustrata la crescita della domanda di metallo per i veicoli e si evince che questa aumenterà notevolmente in futuro; infatti, le cifre tra parentesi accanto alla legenda indicano gli indici di crescita previsti della domanda di metalli nel 2030 rispetto all'anno base 2015 (fissato a 100).

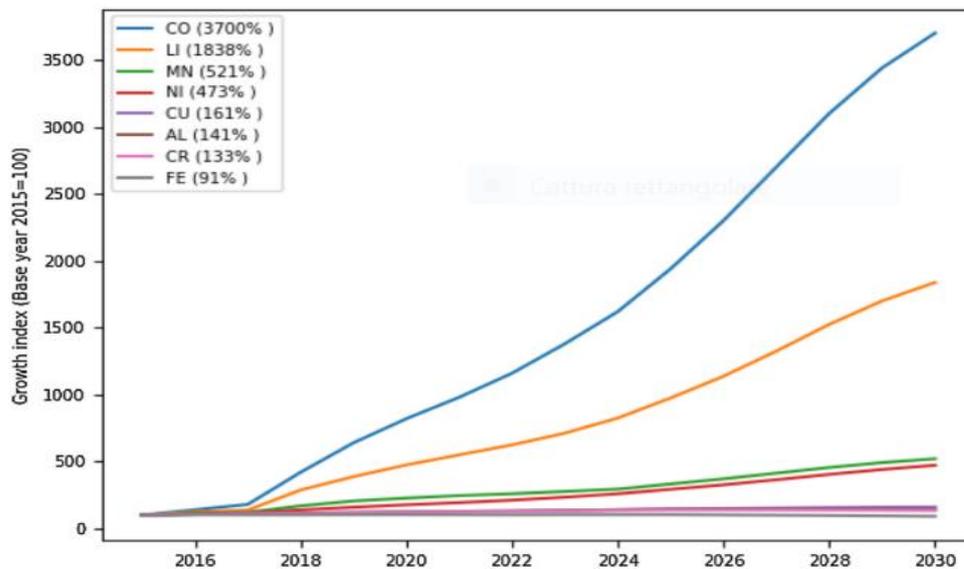


Figura 11: La crescita della domanda di metallo per i veicoli. Fonte: (Ben et al., 2020)

Come detto nel paragrafo 2.2.1 l'aumento della domanda si è verificato in altri due settori ed uno di questi è quello sanitario. Durante la pandemia questa è stata la zona maggiormente colpita da una crescita della richiesta, dato che il problema era appunto medico. Infatti, successivamente alla prima diffusione del virus i leader del governo hanno emanato delle norme per rallentare il tasso di trasmissione, una di queste era l'obbligo di indossare dispositivi di protezione individuale per ridurre il rischio di contagio. Le maschere facciali sono utilizzate per bloccare la trasmissione respiratoria della malattia da uomo a uomo (Wang et al., 2020). Un altro consiglio era quello di lavarsi ripetutamente le mani per controllare la diffusione del virus, ma se non era possibile avere a disposizione acqua si poteva sostituire con disinfettanti per mani a base di alcol (Jairon et al., 2021). Queste regole hanno fatto aumentare la domanda di consumo di questi prodotti da parte di tutta la popolazione mondiale e di conseguenza l'offerta ha iniziato ad essere inferiore alla domanda, dato che l'intero mondo era impreparato a questa situazione. Ad esempio, un'indagine nazionale, condotta a fine marzo 2020 tra gli operatori ospedalieri, riporta che un terzo degli ospedali non aveva quasi più maschere facciali e il 13% aveva esaurito le protezioni facciali in plastica (Cohen et Rodgers, 2020). Sotto è mostrata la Figura 12, che dimostra il repentino aumento della domanda dei due prodotti sopra citati. Si osserva che la richiesta di questi era contenuta e stabile prima dell'avvento della pandemia (metà di gennaio 2020).

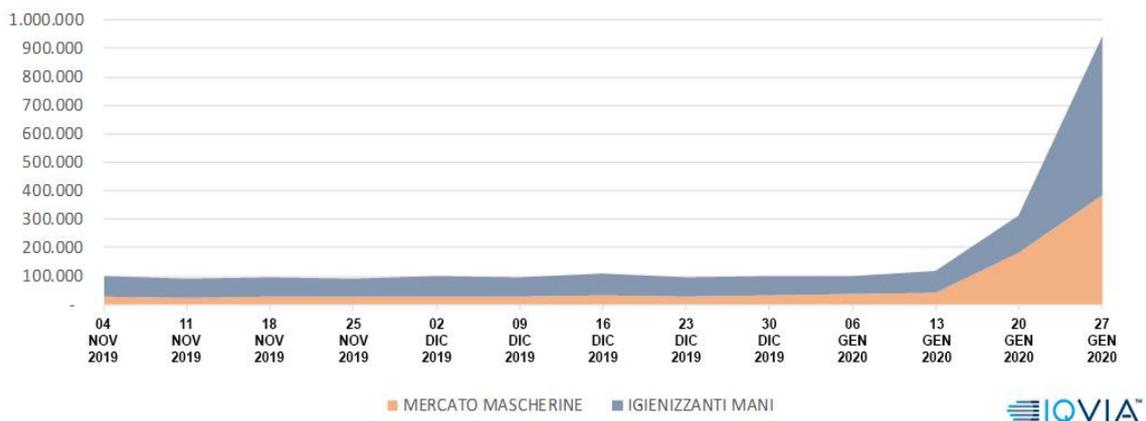


Figura 12: Andamento della domanda di mascherine e igienizzanti mani. Fonte: [24]

In parallelo agli aumenti sopra descritti si è anche verificata una crescita della domanda di determinati farmaci. In prima linea si evidenzia rispetto al 2019, riporta l’Agenzia Italiana del Farmaco (AIFA), un aumento generalizzato degli stimolanti cardiaci iniettabili utilizzati nelle terapie intensive e subintensive (+127%). Oltre a questo si rileva un più 60% dell’acquisto di ansiolitici, dovuto alla situazione instabile che molte persone si sono trovate ad affrontare.

Inoltre, come anche il settore tecnologico, l’inaspettato aumento della domanda ha portato a una conseguente crescita della richiesta di materie prime usate per produrre DPI e farmaci. Questo ha successivamente portato un ulteriore shortage di quest’ultimi. Ad esempio, il polipropilene, appartenente alle materie polimeriche, il cui uso nella produzione di mascherine ha dato origine a colli di bottiglia per diversi processi di produzione, creando notevoli disagi.

L’ultimo settore in analisi in cui si verifica un incremento dei consumi è quello alimentare. La pandemia ha modificato il rapporto tra l’individuo e gli alimenti. Le persone costrette a stare a casa hanno deciso di cimentarsi nella sperimentazione di nuovi piatti, invece di acquistarli già pronti al consumo; da ciò è conseguito un notevole aumento della domanda di farina e lievito, la richiesta si è triplicata. Questa crescita inaspettata ha condotto ad avere gli scaffali vuoti nei centri commerciali e ad esaurirne le scorte (Kouvelis, 2022). La medesima azione è stata adottata dai consumatori per la carta igienica, dove i venditori degli USA hanno registrato un aumento di vendite record del 734% il 12 marzo, rispetto allo stesso giorno di un anno fa.

2.2.2 Blocco e concentrazione della produzione

Una delle misure più efficaci per contrastare la diffusione del COVID-19 è stata la limitazione di interazione tra le persone inizialmente nella vita sociale e poi successivamente i governi hanno optato per la chiusura temporanea di aziende produttrici di beni secondari. Questa scelta ha comportato differenti conseguenze nelle catene di produzione mondiali, portando ad un disallineamento tra domanda ed offerta.

Un caso degno di nota è quello verificatosi a Taiwan, che in seguito ad alcuni casi di COVID-19 all'interno degli stabilimenti della Tsmc ha dovuto fermare la produzione; questo ha avuto conseguenze drastiche sull'intera economia mondiale, come domande insoddisfatte e blocco di produzione per aziende a valle, poiché quest'azienda detiene oltre il 50% dello share globale dei chip [7]. Inoltre, nello stesso periodo si sono aggiunte altre interruzioni dovute a fattori diversi dal COVID-19, le quali hanno colpito aziende differenti da quella sopra citata, ma che giocano un ruolo fondamentale a livello mondiale nella produzione di semiconduttori: un'ondata di freddo in Texas, all'inizio del 2021, ha avuto un impatto sulla produzione di Samsung, Infineon Tech e NXP, un incendio presso l'impianto di Renesas Electronics Corp in Giappone ha danneggiato quasi due terzi dell'impianto di produzione di chip per autoveicoli (Vinay et al., 2022). Questi blocchi hanno portato ad una drastica carenza di chips nel mondo industriale, creando conseguenti problemi nel settore dell'elettronica e dell'autoveicolo, in cui i semiconduttori sono un componente indispensabile per il loro funzionamento, ma il fermo della produzione non è un problema che si sostiene da solo perché la mancanza di chip provenienti da un'azienda potrebbe essere sopperita da altre che svolgono la stessa attività.

Tuttavia, così non è. Un esempio rilevante è il settore automobilistico, in cui i chip sono elementi di fornitura indispensabili per la produzione di auto, ma la complessa natura delle catene di fornitura ha ulteriormente aggravato il problema delle carenze, in quanto è strutturata come segue negli esempi sottostanti. General Motors (GM) si rifornisce di componenti per auto da circa 250 fornitori, i quali a loro volta si procurano i chip da 11 diversi produttori di semiconduttori. Quindi nel livello successivo la catena di fornitura, che inizialmente era costituita da 250 attori è drasticamente diminuita. Un altro esempio è quello di Continental AG e Bosch, che effettuano i loro ordini a fornitori come NXP Semiconductors, Infineon Technologies AG e STMicroelectronics (STM), ma quest'ultimi sapendo che potrebbero non essere in grado di evadere tutti gli ordini

utilizzando la loro capacità esistente, effettuando ordini a grandi produttori di semiconduttori come TSMC concentrando tutta la produzione a loro (Vinay et al., 2022). Di conseguenza, questa concentrazione della produzione nel continente asiatico ha creato diversi problemi, poiché questo è stato il primo continente a verificare innumerevoli casi di COVID-19 e ha dovuto bloccare la produzione per limitare i contagi. Quindi, la capacità dei fornitori di procurarsi chip è stata gravemente compromessa, in quanto nessun altro stato è capace di soddisfare la domanda come il continente in questione.

Una situazione analoga a quella precedentemente descritta è stata rilevata nelle industrie di estrazione e lavorazione di terre rare e di metalli tecnologicamente critici come: gallio, cobalto e indio. I fermi in queste aziende hanno portato conseguenze gravi all'interno dei settori a valle, poiché questi elementi sono materie prime indispensabili per la produzione di pc, laptop, auto, batterie e altri oggetti elettronici.

Questo problema della catena sottolinea, nuovamente, un fattore importante alla base dello shortage di materiale. La maggior parte delle industrie di lavorazione ed estrazione di queste materie è storicamente concentrata nel continente asiatico (Figura 13), in particolare in Cina (80%), che è stato uno dei paesi maggiormente colpiti dalla pandemia (Althaf et Babbitt, 2021). Dunque, il blocco della produzione di questo stato ha portato conseguenti carenze sugli altri continenti, in quanto la sua distribuzione delle riserve si estende ad un'ampia gamma di paesi appartenenti nello specifico a Europa e America, i quali non hanno le risorse e le capacità per auto-sostenersi.

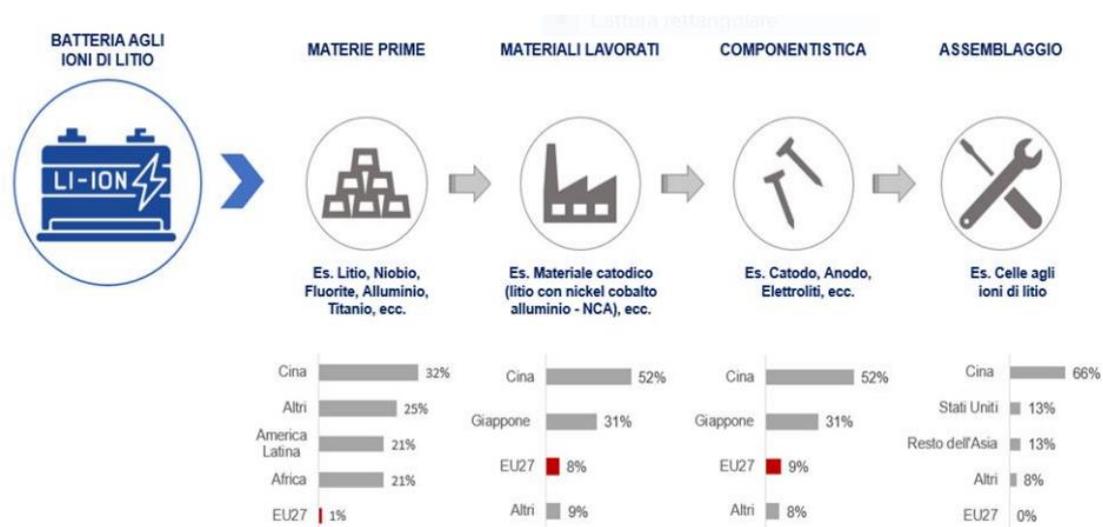


Figura 13: Suddivisione mondiale della lavorazione delle batterie. Fonte: [8]

Il problema dell'approvvigionamento è ulteriormente rimarcato da Tian e altri (2022) che definiscono la catena di approvvigionamento come una struttura a rete, dove la produzione di materie prime e componenti provengono quasi da tutto il mondo, soprattutto nel settore delle tecnologie elettroniche, ma gli stati coinvolti presentano principalmente un'unica fornitura; quindi, una carenza in una regione può, a catena, causare una carenza in un'altra. Questo afferma quanto il sistema sia fragile.

Inoltre, anche le industrie a valle della catena hanno subito un fermo, come i loro fornitori, e questo ha esponenzialmente aumentato i problemi all'interno delle diverse supply chain.

La stessa situazione si è creata per il settore sanitario, poiché la Cina è il maggior produttore di farmaci e ne rappresenta il 70%. (Zhu et al. 2020). Pertanto, quando è stato imposto il blocco della produzione e dell'esportazione (per ulteriori specifiche, si veda paragrafo 2.2.5) si è rilevato un rallentamento dell'offerta sia di farmaci che di DPI, questo ha portato una carenza di beni, i quali in quel dato periodo storico erano indispensabili per ridurre il rischio di contagio.

In conclusione, il problema principale alla base di questo fattore non è tanto il blocco della produzione, ma il fatto che quest'ultima sia concentrata in pochi paesi. Come anticipato precedentemente questa concentrazione crea problemi, poiché se un paese subisce un fermo si blocca l'intera catena di approvvigionamento mondiale.

2.2.3 Gestione scorte Just in Time (JIT)

Negli ultimi anni la maggior parte delle aziende hanno adottato una gestione “Just in Time”, che letteralmente significa “appena in tempo”.

Il modello JIT si sviluppò in Giappone nella seconda metà del 900. La metodologia appena descritta segue la filosofia pull, dall’inglese “tirare”, che prevede l’ingresso dei prodotti in produzione o in magazzino solo in seguito ad uno specifico ordine da parte del cliente. In questo modo si riescono a minimizzare le scorte a magazzino, i conseguenti costi di stoccaggio e ad aumentare l’efficienza [9].

Diverse aziende, compreso il settore sanitario, hanno da subito abbracciato questa filosofia poiché il loro principale obiettivo è quello di massimizzare i profitti e ridurre i costi, in particolare quelli operativi che non aggiungono valore come il mantenimento delle scorte a magazzino.

Tuttavia, questo sistema per funzionare al meglio necessita che la produzione e la domanda agiscano in sincronia, in modo da coordinare i vari flussi, ma questa simultaneità è venuta a mancare durante la pandemia, in quanto è stata un evento imprevisto; quindi, hanno avuto luogo diverse disruptions all’interno delle supply chains in seguito ad un’inaspettata variazione della richiesta di acquisto (per ulteriori specifiche, vedere il paragrafo 2.2.1). Infatti, dopo poche settimane dall’inizio della diffusione del virus differenti aziende, nello specifico sanitarie e i rispettivi fornitori, hanno terminato le loro scorte e questo ha creato una carenza di materiale. Nel primo periodo si è rilevata una mancanza di farmaci e dispositivi di protezione individuale, in particolare mascherine, e solo in un secondo periodo in altri settori.

Di conseguenza, le aziende hanno deciso di rivoluzionare la logistica, ponendo maggiore attenzione ai rischi oltre che al taglio dei costi. Così hanno abbandonato il JIT e sono tornate ad applicare il vecchio metodo just-in-case (JIC) che segue la logica opposta, cioè non mira all’efficienza assoluta e all’eliminazione di ogni tipo di spreco, ma alla sicurezza della fornitura. Questo metodo prevede di stoccare materia prima e prodotti finiti in anticipo, conservando la parte in eccesso nei magazzini, in modo da evitare problemi in caso di interruzioni delle catene di approvvigionamento e inaspettato aumento della domanda [10].

In conclusione, si evidenzia che il JIT, il quale fino all'epoca pre-Covid pareva essere la miglior filosofia di gestione delle scorte, ha diverse criticità che portano ad un aumento dello shortage di materiale.

2.2.4 Shift di produzione

Il presente fattore ha colpito principalmente la produzione di chip, che di conseguenza si è riversata sulla carenza di autoveicolo, poiché come già enunciato sono un componente fondamentale per la produzione di auto elettriche.

Le statistiche hanno mostrato che la richiesta di chip da parte del settore automobilistico rappresenta una percentuale relativamente bassa della produzione globale, infatti come si può vedere dalla Figura 14 solo il 12% della capacità è utilizzata per produrre semiconduttori per l'automotive, mentre la maggior parte dell'offerta è indirizzata a sopperire la domanda proveniente da: computers (29%), consumatori elettronici (13%) e smartphone (33%), che se sommati rappresentano tre quarti della richiesta mondiale. Questo è riferito a quanto avveniva prima della pandemia (2019).

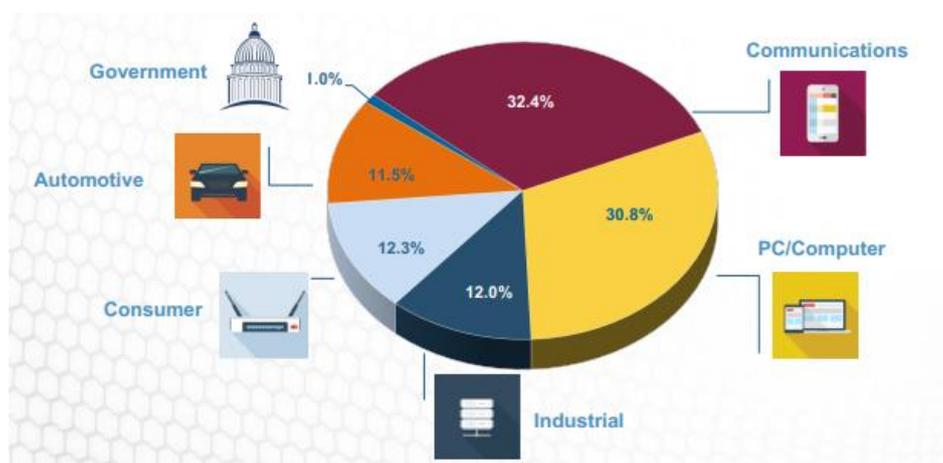


Figura 14: Percentuale della capacità di produzione globale di chip per uso finale nel 2019. Fonte: [23]

Con l'avvento del COVID-19 queste percentuali si sono modificate a seguito della domanda quasi inesistente da parte delle aziende di auto. Quanto enunciato in precedenza è conseguenza delle misure di contenimento per la lotta alla diffusione del

virus; dato che imponevano di stare in casa, sospendendo, per tutto il periodo del lockdown, la maggior parte delle attività economiche e sociali.

Quindi le persone sono state obbligate a sospendere ogni tipo di spostamento e conseguentemente anche gli acquisti di mezzi per spostarsi, in particolare di auto, hanno subito una decrescita mai vista. Questo è dimostrato dalla Tabella 1, in cui sono confrontati i numeri delle auto immatricolate in Italia nei rispettivi anni 2019 2020 2021. In quanto, si vede dalla quinta e dalla sesta colonna della tabella, nelle quali sono messi a confronti prima i dati del 2020-2021 e successivamente i dati del 2019-2021, che i valori sono per la maggior parte negativi. Ciò vuol dire che il numero di auto vendute è sceso drasticamente. Inoltre, se si mettono a confronto i numeri del 2020 e del 2019 si evidenzia un crollo, nello specifico nei mesi di marzo (-85,4%) e di aprile (-97,5%). Infatti, è proprio verso la seconda metà del primo trimestre del 2020 che hanno iniziato a presentarsi in Italia i primi casi di COVID-19 e di conseguenza sono state adottate le contromisure sopra descritte.

Tabella 1: Immatricolazioni auto anni 2019 2020 2021, dati a confronto. Fonte: [16]

IMMATRICOLAZIONI					
2021, 2020 e 2019 a confronto					
Mese	Anno 2021	Anno 2020	Anno 2019	Var.% '21/'20	Var.% '21/'19
Gennaio	134.194	155.861	165.259	-13,90	-18,80
Febbraio	143.168	163.111	178.485	-12,23	-19,79
Marzo	169.843	28.406	194.299	497,91	-12,59
1° Trimestre	447.205	347.378	538.043	28,74	-16,88
Aprile	145.211	4.294	174.925	3.281,72	-16,99
Maggio	142.873	99.835	197.876	43,11	-27,80
Giugno	149.661	132.685	172.305	12,79	-13,14
2° Trimestre	437.745	236.814	545.106	84,85	-19,70
1° Semestre	884.950	584.192	1.083.149	51,48	-18,30
Luglio	110.496	136.755	153.332	-19,20	-27,94
Agosto	64.754	88.972	89.184	-27,22	-27,39
Settembre	105.287	156.348	142.525	-32,66	-26,13
3° Trimestre	280.537	382.075	385.041	-26,58	-27,14
Ottobre	101.091	157.190	157.255	-35,69	-35,72
Novembre	104.506	138.603	150.996	-24,60	-30,79
Dicembre	86.662	119.612	140.439	-27,55	-38,29
4° Trimestre	292.259	415.405	448.690	-29,64	-34,86
2° Semestre	572.796	797.480	833.731	-28,17	-31,30
Totale	1.457.746	1.381.672	1.916.880	5,51	-23,95

In seguito, agli avvenimenti descritti precedentemente la normalità della catena industriale, rappresentata dallo stretto equilibrio di domanda e offerta a lungo termine tra i fornitori di chip a monte e i produttori di auto a valle, è venuta a mancare. I produttori di auto hanno, appunto, dovuto ridurre la loro capacità produttiva e a catena la domanda di forniture ai produttori di chips è diminuita.

D'altra parte, la pandemia ha modificato altre tendenze; ad esempio, ha fatto insorgere la domanda da parte dei consumatori in uno specifico settore: quello elettronico a causa delle lezioni online e dello Smart working (per ulteriori specifiche vedere il paragrafo 2.2.1). Questi prodotti per essere pronti all'uso necessitano anche di chip. Quindi, l'industria dei semiconduttori non ha subito perdite, poiché ha riallocato le risorse. Infatti, a tal fine, i produttori di chip hanno colto l'opportunità e hanno spostato le loro risorse su prodotti di elettronica di consumo altamente necessari, in quel periodo storico, come telefoni cellulari e computer, per far fronte alla crisi dovuta all'insufficienza degli ordini di chip da parte del settore automobilistico (Wu et al., 2021).

Tuttavia, come anche mostra la Tabella 1, dopo il primo anno (2020) di andamento negativo della domanda di auto, questo ha iniziato prima a stabilizzarsi attorno al (20-30%) e poi a subire un'evoluzione inversa. Infatti, l'ultima riga della quinta colonna, che mette a confronto il totale delle immatricolazioni del 2020 e del 2021 presenta un valore positivo (+5,51%). Questo aumento della domanda ha successivamente portato dei disguidi, poiché i fornitori di semiconduttori non solo hanno spostato la produzione, ma hanno anche rilevato che ottengono un margine più elevato sui chip ad alta tecnologia utilizzati dai produttori di elettronica. Di conseguenza, i produttori di chip prediligono soddisfare l'aumento della domanda di smartphone, tablet, console per videogiochi e piattaforme di gioco (Vinay et al., 2022).

Questo è uno dei tanti motivi per cui si sta verificando una carenza di chip nel settore dell'autoveicolo.

2.2.5 Problemi logistici

Negli ultimi anni la globalizzazione ha aumentato gli scambi tra le nazioni e i continenti, in parallelo anche la quota di utilizzo dei container nell'industria del commercio globale delle materie prime, che ha contribuito a innovare il commercio internazionale, è aumentata ogni anno, in quanto questi contenitori svolgono un ruolo chiave nel garantire un commercio globale a basso costo (Toygar et al., 2022). Tuttavia, con l'avvento del COVID-19 le misure e i provvedimenti emanati dai vari Stati, con l'obiettivo di contenere la diffusione dell'epidemia, hanno generato un urto significativo sul trasporto della merce e di conseguenza sull'offerta di materiali [17]. In particolare, hanno aumentato i tempi di consegna, influenzando direttamente la manodopera, e i container sono stati tenuti per periodi più lunghi nelle aree portuali, nei magazzini o a bordo delle navi.

In primo luogo, in seguito alle infezioni avvenute tra il personale dei porti si è verificata una carenza di lavoratori. Di conseguenza, i container sono stati tenuti fermi per lunghi periodi nelle aree portuali, nei magazzini o addirittura sulle navi, perché non c'era personale disponibile; quindi, i tempi di consegna sono aumentati ed hanno ulteriormente aggravato la carenza di materiale (Toygar et al., 2022).

In secondo luogo, per garantire maggiore sicurezza, sono stati incrementati i controlli sulla merce trasportata, i posti di blocco, sono state aggiunte ulteriori limitazioni al trasporto, i controlli di frontiera sono divenuti più severi e sono state imposte quarantene ai prodotti in arrivo per contenere la diffusione del virus (Zhu et al., 2020). Tutto questo, come il punto precedente, ha portato al fermo di diversi containers nei porti, poiché le ispezioni sulla merce richiedono svariato tempo, e a catena si sono rilevati dei ritardi nelle spedizioni, i quali hanno peggiorato la situazione dello shortage a livello mondiale.

In terzo luogo, successivamente alla sospensione dei voli passeggeri, per ridurre la circolazione delle persone in tutto il mondo e i conseguenti contagi, le merci che tipicamente sono trasportate con questi voli hanno dovuto trovare alternative (Zhu et al., 2020). Ciò ha portato ad aumentare la richiesta del trasporto via nave o tramite modalità differenti, ma ciò ha avuto dei risvolti negativi poiché si stavano già presentando degli intoppi per i motivi sopra descritti.

Le azioni che hanno messo in crisi la continuità della catena di approvvigionamento, come prima anticipato, portano a diverse conseguenze principali: carenza di contenitori vuoti, perdita di volume di trasporto, incertezza della catena di approvvigionamento e aumento dei tempi e costi di trasporto dei container. Queste sono analizzate successivamente in maniera più dettagliata.

- *Congestione nei porti*: le contromisure adottate dalle società e dai governi hanno aumentato il traffico navale nelle zone di prua e la densità dei vettori di carico nelle zone interne, questo ha causato la congestione dei porti e l'allungamento dei tempi di trasporto. Infatti, molte navi sono state tenute ferme nei porti in attesa di essere caricate o scaricate, ad esempio al largo dei porti cinesi ci sono 477 navi da carico alla rinfusa che aspettano di essere scaricate, di queste 222 sono in attesa presso il porto di Shanghai (Toygar et al., 2022). Questo fattore ha un elevato livello di inefficienza all'interno degli stessi porti e ne consegue un disagio generale.
- *Inefficienza e carenza di container vuoti*: queste sono conseguenze dovute alla congestione. I container vuoti, usati per trasportare merce, sono stati posizionati in maniera inefficiente all'interno dei porti, rendendoli inutilizzabili, questo ha creato notevoli incertezze nelle attività industriali e nei rapporti commerciali.
- *Aumento costi e tempi*: i carichi disponibili e i container pieni e vuoti sono conservati all'interno dei magazzini aziendali o portuali. Questi fermi causano perdite di tempo e di costo sia per le aziende che per le compagnie marittime, in quanto si presenta un costo di stoccaggio, del personale e delle attrezzature per movimentare la merce. Inoltre, va sottolineato che i container vuoti presentano costi di ugual grandezza a quelli pieni, di conseguenza, le perdite sono ingenti.
- *Diminuzione del traffico*: Toygar e altri (2022) hanno messo a confronto i dati quantitativi sul numero di prestazioni del periodo COVID-19 e quelli relativi all'era pre-pandemica ed hanno rilevato una diminuzione dei volumi di carico (meno 20-50%) e del numero di scali. Infatti, nel 2021 le compagnie di navigazione hanno deciso di sospendere temporaneamente gli scali delle navi,

dato che 919 navi portacontainer sulle rotte Transpacific e Asia-Europa erano vuote [21].

La dimostrazione di quanto detto è riportata nella Figura 15 che mostra il numero di partenze in bianco delle navi, inoltre si rileva che il picco di queste si presenta nel mese di marzo, in concomitanza con la diffusione della pandemia.

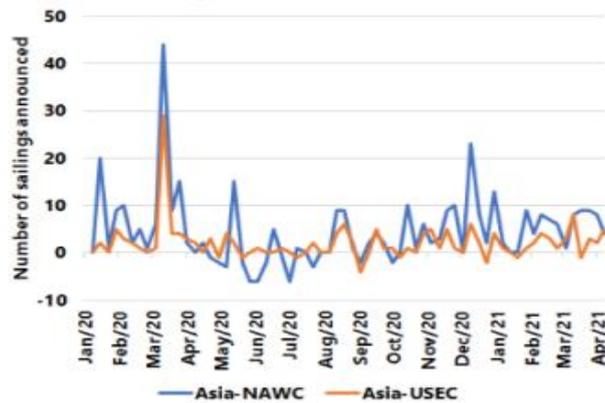


Figura 15: Numero di annunci di viaggi in bianco (viaggi di navi vuote) nel Pacifico. Fonte: [21]

Quanto esposto precedentemente ha portato delle perturbazioni nei collegamenti della catena di fornitura globale.

Le aziende non hanno potuto preparare le materie prime e/o pianificare la produzione, poiché hanno dovuto affrontare perdite impreviste nei processi della catena di approvvigionamento, a causa dell'incertezza dei tempi di consegna [19]. Infatti, è stato riportato che il 94% delle aziende della classifica Fortune 1000 ha avuto grossi problemi nelle connessioni della catena di fornitura [20].

Infine, la comparsa COVID-19 in Cina, riconosciuta come il centro di esportazione del mondo, ha comportato un aumento dello shortage di materiale insieme agli altri fattori descritti nei precedenti e successivi paragrafi.

2.2.6 Questione Geopolitica Cina-Usa

Un ulteriore fattore complice della carenza di materiale è la questione geopolitica.

In prima analisi, si sono verificate delle guerre commerciali che vedono al centro dell'attenzione Cina e USA. Il governo statunitense ha imposto un divieto di esportazione di attrezzature per la produzione di chip ad alcune aziende in Cina [11]. Questo perché gli USA temono che quest'ultimi gli possano rubare quote di mercato, poiché il settore dei semiconduttori è stato messo al centro del programma di sviluppo cinese [12].

Ciò ha avuto un impatto sul più grande produttore cinese di chip: Semiconductor Manufacturing International Corporation (SMIC). La seguente azienda, per produrre semiconduttori, utilizza macchinari forniti da ASLM, quest'industria offre ai propri clienti del mondo dispositivi che permettono di produrre in massa modelli su silicio, consentendo così di ridurre il costo di produzione [13]. Di conseguenza, a questa decisione i clienti di SMIC hanno iniziato a fare incetta di chip [14]. Ciò ha portato una reazione a catena che ha visto ridursi l'offerta di semiconduttori.

Inoltre, il governo degli Stati Uniti ha imposto sanzioni a Huawei Technologies e si è coordinato con TSMC per impedire la vendita di chip a Huawei e ZTE (azienda di telecomunicazioni cinese). Huawei ha risposto iniziando a immagazzinare scorte di chip e di conseguenza questa scelta da parte dell'azienda ha contribuito a sottolineare la capacità limitata di TSMC, in quanto è il principale fornitore di Huawei (Vinay et al., 2022).

In conclusione, si evince la carenza è stata esacerbata dalla doppia prenotazione da parte degli acquirenti di chip, che hanno voluto assicurarsi le scorte in seguito all'incertezza della catena di approvvigionamento creata dalla guerra tecnologica tra Stati Uniti e Cina.

In seconda analisi, si sono disegnati nuovi equilibri in seguito al monopolio di alcuni paesi su importanti materie prime, che hanno reso critica la fornitura. Il grado di concentrazione dell'offerta di forniture critiche e della dipendenza dell'Europa da Paesi terzi in termini di approvvigionamento è molto elevato. Infatti, solo il 20% delle materie prime critiche è fornito da Paesi membri dell'UE, invece la restante proviene da paesi terzi come la Cina. Quest'ultima produce oltre il 98% della fornitura di terre rare per l'Europa. Quindi attualmente detiene il primato come principale Paese fornitore di

materie prime critiche. Questo rende l'UE particolarmente vulnerabile a eventuali restrizioni sull'export o ad altre decisioni di tipo strategico da parte di Pechino. Inoltre, la Cina ha ridotto le esportazioni di magnesio, metallo che risulta indispensabile per la produzione di componenti di veicoli. Questo ha avuto delle ricadute catastrofiche sul settore dell'automotive europeo, visto che il 95% di magnesio proviene dalla Cina [15].

In conclusione, si evince che l'oligopolio della produzione di materie prime sta causando differenti situazioni di carenza di materiali all'interno delle supply chain mondiali.

2.2.7 Altre cause

Le cause alla base della carenza di materiale in seguito alla pandemia non si esauriscono con quelle precedentemente analizzate. Infatti, ci sono altri fattori non meno importanti, ma ai quali gli studi hanno posto minore attenzione perché indirettamente influenzavano lo shortage o sono derivati di quelli prima esaminati. Questi sono successivamente indagati.

- *Sensibilità all'impatto ambientale*: la popolazione mondiale è divenuta maggiormente sensibile all'impatto ambientale ed ha iniziato a modificare la produzione e lavorazione di diversi materiali, riducendola o in casi estremi eliminandola totalmente. Questo è il caso delle terre rare, il cui principale paese estrattore ed esportatore è la Cina, che soddisfa l'85% della domanda globale e detiene il 31% delle riserve di questi materiali (Wübbecke, 2013; Han et al., 2016). Tuttavia, l'estrazione di questi metalli presenta un problema non trovandosi in forma pura nell'ambiente. Le seguenti materie prime richiedono processi di produzione ad alta intensità energetica che generano quantità significative di inquinamento e alti livelli di radiazioni. Ad esempio, la produzione di una tonnellata di ossido di terre rare da argille con adsorbimento ionico richiede la rimozione di 300 m² di copertura del suolo e di terreno, la creazione di 2000 tonnellate di tailing e il rilascio nell'ambiente di 1000 tonnellate di acque reflue contenenti metalli pesanti e soluzione di lisciviazione concentrata (Packey et Kingsnorth, 2016). Infatti, si è verificato che la produzione di terre rare può alterare le condizioni ambientali originarie e creare gravi problemi ambientali, tra cui distruzione ecologica, erosione del suolo e

disastri geologici. Ne consegue che la Cina, in quanto maggior produttore mondiale, è particolarmente soggetta ai gravi problemi ambientali sopra citati.

Di conseguenza, la Cina ha deciso di limitare la produzione di questi metalli, poiché “L'estrazione dei metalli e delle terre rare comporta notevoli costi ambientali con ripercussioni sulle foreste, sul suolo e sui terreni coltivati” ha dichiarato un funzionario del ministero delle Risorse. La seguente decisione ha generato delle problematiche nell'industria mondiale poiché questi metalli, di cui la Cina detiene il monopolio, sono importanti risorse minerarie strategiche ampiamente utilizzate per la generazione di componenti necessari per un'ampia gamma di applicazioni, in particolare prodotti di consumo high-tech, come smartphone, tablet, pc, hard disk, batterie ricaricabili, veicoli elettrici e ibridi, monitor, luci a led e televisori a schermo piatto (Lee et Wen, 2017).

In seguito, si è generata una carenza di forniture a cui è seguito uno shortage di dispositivi elettronici, questo ha creato diverse disruptions da cui hanno conseguito importanti impatti a livello mondiale (per ulteriori informazioni, vedere paragrafo 3.1).

- *Evoluzione*: la tecnologia si sta evolvendo e questo sta spostando la domanda verso prodotti che presentano un elevato tasso di innovazione. Ad esempio, i cellulari 5G richiedono un numero di chip di gestione dell'alimentazione da due a quattro volte superiore a quello dei telefoni 4G, a causa della complessità della tecnologia wireless. Un ulteriore esempio è l'aggiunta di un numero sempre maggiore di fotocamere agli smartphone; questo, di conseguenza, richiede un'elevata quantità di chip di visualizzazione [22].

Quindi questo aumento della domanda di semiconduttori da parte del mercato, che è causata da motivi differenti rispetto a quanto specificato nel paragrafo (aumento della domanda), comporta un ulteriore disallineamento dell'equilibrio tra domanda ed offerta, poiché i fornitori di chip non dispongono della capacità necessaria per soddisfare la richiesta. In conclusione, questo fattore impatta sulle supply chain portando ad ulteriore carenza di materiali.

- *Carenza di opportune attrezzature*: questa è una causa rilevante, la quale ha colpito i paesi in via di sviluppo. Quest'ultimi non disponendo di attrezzature adeguate dove conservare il cibo hanno visto uno shortage di alimenti e di beni

di prima necessità. Un esempio è quello esposto da Kumar e altri (2021) che rilevano un calo dell'offerta di beni alimentari in seguito alla pandemia in India.

- *Ispezione*: i controlli di omologazione per quanto riguarda farmaci e DPI hanno portato ad un'estensione delle carenze nella catena. I farmaci e i DPI affinché si verificano essere efficienti devono sottostare a determinati requisiti normativi. Di conseguenza, sono stati effettuati controlli e quando il materiale risultava non essere idoneo veniva rispedito a destinazione. Ciò ha incrementato i tempi di produzione ed esportazione, aumentando i livelli di shortage, in particolare in ambito medico (Miller et al. 2021).
- *Costruzione di impianti produttivi*: è stato impossibile costruire impianti che sostenessero la produzione dei materiali affetti da carenza, in quanto i tempi e i costi d'investimento, in seguito ad un'analisi di fattibilità, risultavano troppo elevati e quindi sconvenienti.

Tutti i seguenti fattori analizzati in questo paragrafo e in quelli precedenti hanno in differente misura portato alla carenza di materiali nel mercato mondiale. A sua volta la mancanza di prodotti ha scatenato rilevanti impatti, come esplicitato nel paragrafo 3.1, che a loro volta hanno condotto gli studi a cercare azioni di mitigazione efficaci (per ulteriori specifiche, vedere il paragrafo 3.2).

CAPITOLO 3: Impatti e azioni di mitigazione

In questa parte dell'elaborato si intende proseguire l'analisi della letteratura sullo shortage di materiale durante il COVID-19. Nel capitolo 2 è stata posta profonda attenzione sui settori coinvolti e sulle cause che hanno portato al verificarsi della carenza di materie prime. Invece, nel presente capitolo sono prima esaminati i relativi shock e in seguito sono indagate le azioni di mitigazione che riducono e risolvono in parte l'effetto negativo di questi impatti a cui la scarsità di materiali ha condotto.

3.1 Impatti

Nel corrispondente paragrafo 3.1 è posta singolare attenzione sull'influenza che il fattore "shortage di materiali" ha avuto. Sono, appunto, esposti non solo gli sviluppi verificati tra i consumatori di questi beni, ma anche i contraccolpi, causati da questa carenza, a livello ambientale ed economico, che indirettamente colpiscono gli acquirenti e l'economia globale.

3.1.1 Domanda non soddisfatta

Nell'epoca pre-Covid i settori analizzati hanno sempre riscontrato un equilibrio tra domanda e offerta (Ahiakpor, 2018).

Questo è mostrato in Figura 16 dove la curva di domanda incontra quella di offerta. Il punto di incrocio è chiamato punto di equilibrio e ad esso corrispondono una quantità e un prezzo di equilibrio.

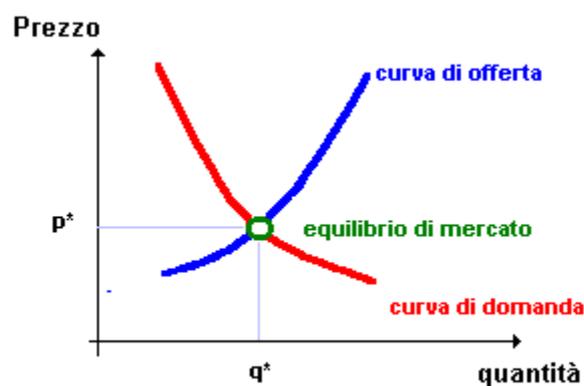


Figura 16: Curva di domanda e curva di offerta. Fonte: [25]

La domanda di uno specifico bene è da sempre determinata da alcuni fattori: preferenze dei consumatori, reddito dei consumatori, numero dei consumatori e prezzo di beni complementari. Anche l'offerta di un prodotto presenta degli elementi che vanno a definirla: costi di produzione e fattori geopolitici (Luo et al., 2021 and Han, 2015).

La crisi sanitaria globale di COVID-19 scoppiata all'inizio del 2020, essendo una perturbazione molto ampia ed inattesa, ha innescato una brusca contrazione delle attività a livello mondiale ed ha modificato i fattori precedentemente enunciati portando ad uno disequilibrio tra domanda ed offerta (Kollmann, 2021). Infatti, una delle conseguenze più rilevanti a cui lo shortage di materiale ha condotto è la discrepanza tra offerta e domanda, in quanto la produzione di beni ha subito dei blocchi (per ulteriori specifiche, vedere il capitolo 2) e quindi non è riuscita a soddisfare l'intera richiesta dei consumatori. Questo impatto si è riscontrato in tutti i settori affetti da carenza di materiali.

3.1.2 Domanda insoddisfatta settore sanitario

Il settore sanitario è stato intaccato da un aumento inaspettato della domanda. I farmaci che hanno subito maggiore carenza durante il periodo pandemico in seguito al boom di consumo per contrastare il virus sono: eparina, anestetici, ansiolitici e oncologici [27]. Questi prodotti generici nominati dagli ospedali come i tre farmaci più frequentemente in carenza sono rappresentati in Figura 17 con le rispettive percentuali. Gli agenti antimicrobici (63%) sono in cima alla lista delle categorie terapeutiche di farmaci con

fornitura interrotta, seguiti dai farmaci oncologici (47%) e infine gli agenti anestetici (38%).

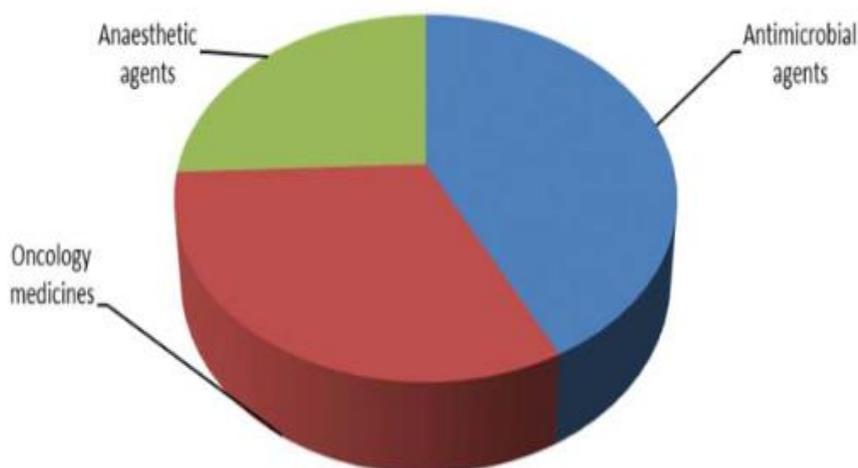


Figura 17: Medicinali affetti da shortage. Fonte: (Dey et al., 2021)

L'American Society of Health-System Pharmacists (ASHP) definisce la carenza come "un problema di approvvigionamento che influisce sul modo in cui le farmacie formulano e distribuiscono un farmaco o che ha un impatto sulla cura del paziente quando i prescrittori devono trovare un trattamento alternativo a causa di problemi di approvvigionamento" (Fox et al., 2009). Successivamente, a questa definizione si comprende facilmente che le carenze di farmaci hanno avuto un forte impatto negativo sulla salute dei pazienti, in quanto hanno condotto alla sostituzione di terapie sicure ed efficaci con trattamenti alternativi meno adeguati o meno tolleranti, i quali hanno compromesso o ritardato le procedure mediche o causando errori terapeutici (Dey et al., 2021). Nello specifico gli impatti, derivanti dalla carenza di farmaci sui pazienti, sono illustrati in Figura 18, nella seguente immagine sono riportati i risultati in seguito ad un sondaggio, condotto dall'European Association of Hospital Pharmacists (EAHP), ai pazienti che hanno subito cure alternative o ritardi [26]. Dall'immagine si può vedere che: il 30% degli intervistati ha risposto che le cure sono state ritardate a causa della carenza di farmaci, il 12% ha subito un fallimento del trattamento, l'11% ha avuto un aumento della durata della degenza in ospedale, il 10% ha subito l'annullamento del trattamento, mentre l'8% ha sperimentato eventi avversi o una tossicità più significativa, il 7% la riammissione al precedente trattamento per fallimento di quello alternativo, il

6% ha avuto l'aumento del monitoraggio, il 3% è stato trasferito in una struttura dove si poteva fornire il farmaco, il 2% degli intervistati ha risposto di essere a conoscenza di casi in cui il decesso è avvenuto a causa della carenza di farmaci e infine un rilevante 11% ha dichiarato di non conoscere il tipo di impatto che la carenza di farmaci ha avuto sul loro trattamento.

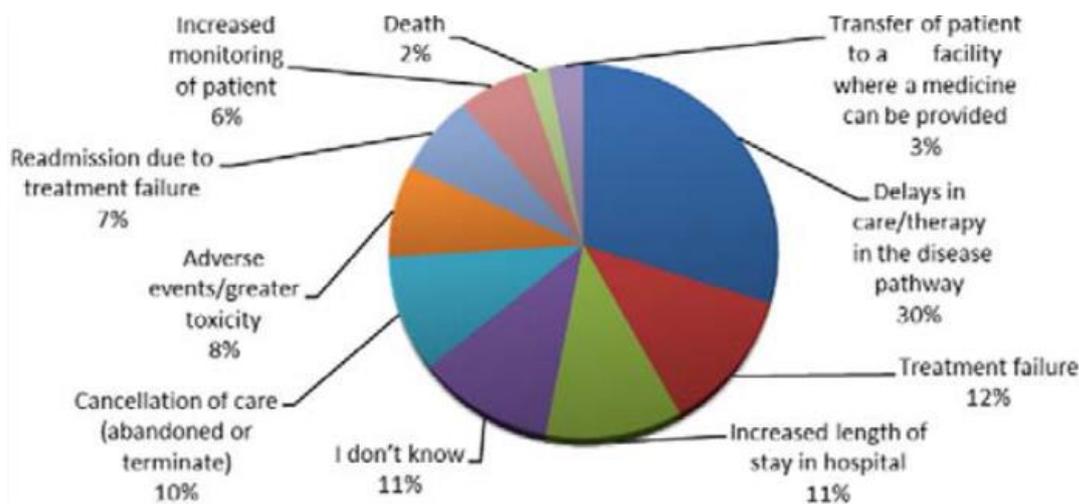


Figura 18: Impatti susseguiti all'uso di farmaci alternativi. Fonte: [26]

In conclusione, al seguente sondaggio si evince che i farmaci alternativi possono essere meno efficaci oltre a presentare un'alta probabilità della comparsa di effetti indesiderati e un elevato rischio di overdose a causa dei cambiamenti nella potenza e nella formulazione del farmaco (Dey et al., 2021).

Inoltre, affermano Hisham e Bassam, (2021) la sostituzione di un farmaco istituzionale, che sta sperimentando una carenza, con un altro farmaco non formulato comporta la creazione di un nuovo sistema computerizzato e quindi la familiarizzazione dei medici con il nuovo sistema di inserimento degli ordini, nonché dei farmacisti e degli infermieri con la preparazione e la somministrazione. Di conseguenza, tutti questi passaggi aggiuntivi comportano un rischio di errore più elevato, che aggrava gli impatti dovuti alla carenza di farmaci.

Durante la pandemia di COVID-19 nell'ambito sanitario è stata evidenziata la carenza non solo di farmaci, ma anche di dispositivi di protezione individuale (DPI), che durante

il periodo pandemico hanno subito un aumento della domanda senza precedenti, poiché fondamentali per ridurre il rischio di contagio. Tuttavia, il mondo industriale non è riuscito a soddisfare appieno e in tempi rapidi la domanda di DPI e questo ha portato dei contraccolpi (Dey et al., 2021). In particolare, è conseguito un aumento dei tassi di contagio all'interno e fuori le strutture sanitarie poiché alcune persone si sono trovate costrette a riutilizzare il materiale monouso, come mascherine facciali e guanti (Rubio-Romero et al., 2020).

Per di più, quanto riportato, ha condotto il personale sanitario a lavorare in una situazione di elevato stress, che ha causato diversi disagi nell'area medico sanitaria (Bou Sanayeh et al., 2022).

3.1.3 Domanda insoddisfatta in altri settori

Si è rilevata una richiesta inesaudita nel settore dell'elettronica, sia per quanto riguarda i componenti che costituiscono i dispositivi elettrici (livello intermedio di assemblaggio) sia per la domanda di prodotti finiti da parte dei consumatori. Di seguito sono analizzati prima gli impatti susseguiti dalla carenza di materie prime quali: metalli critici e terre rare, necessari per ottenere il prodotto e successivamente sono indagati gli effetti a cui la carenza di smartphone, laptop e simili hanno condotto (Althaf et Babbitt, 2021).

La carenza di metalli critici, dovuta principalmente alle sedi di estrazione collocate nel continente asiatico, come precedentemente specificato nel paragrafo 2.2, ha portato con sé diversi impatti che hanno colpito altri settori che necessitano della fornitura di queste materie. Althaf e Babbitt, (2021) hanno eseguito un'analisi multi-criteriale per valutare i rischi della catena di approvvigionamento di questi materiali e cogliere i principali effetti economici, sociopolitici e ambientali. Questa ricerca conduce alla conclusione che i seguenti metalli hanno un rischio particolarmente elevato, ma concentrazioni estremamente basse nei prodotti elettronici, però esistono pochi sostituti in grado di fornire prestazioni paragonabili in caso di un'interruzione della fornitura. Quindi la domanda insoddisfatta di minerali preziosi impatta negativamente sull'intera supply chain dell'elettronica in quanto i produttori di questi dispositivi non possono produrre, senza approvvigionamenti, per soddisfare la richiesta di mercato.

Alcuni esempi di metalli indispensabili riportati da Althaf e Babbitt, (2021) per la costruzione dei relativi componenti sono:

- *L'europio* un minerale appartenente al gruppo delle terre rare necessario per i fosfori rossi e blu utilizzati nella retroilluminazione dei diodi a emissione di luce (LED) nei televisori e nei monitor a schermo piatto;
- *Il samario* ampiamente usato nei magneti permanenti necessari per i dischi rigidi e gli altoparlanti audio, nonché per i motori dei veicoli elettrici e delle turbine eoliche;
- *L'indio* impiegato nei display a schermo piatto (strato di ossido di indio-stagno);
- *Il gallio* adoperato principalmente nei circuiti integrati;
- *Il cobalto*, che è un'eccezione alla tendenza generale dei metalli prima presentati, poiché presenta rischi elevati e una concentrazione relativamente alta come componente critico dei catodi delle batterie agli ioni di litio. Il seguente materiale è inoltre soggetto alla concorrenza di diversi settori, dal momento che le batterie sono fondamentali sia per i dispositivi elettronici mobili, che hanno svolto e stanno svolgendo una funzione essenziale durante la crisi sanitaria (per ulteriori specifiche, si veda il capitolo 2), sia per i veicoli elettrici e per le applicazioni di accumulo dell'energia. Quindi la domanda è molto più elevata rispetto agli altri materiali prima presentati.

Questi materiali a rischio, come specificato nel precedente capitolo 2, forniscono funzionalità uniche per le tecnologie elettroniche ed è difficile trovare sostituti all'altezza. Di conseguenza, le interruzioni della catena di fornitura dei componenti fondamentali per la costruzione di dispositivi elettronici hanno limitato la capacità di continuare a fornire questi prodotti ai consumatori. Un esempio eclatante è stata la Playstation 5 che in seguito alla carenza di chip non è riuscita a soddisfare la domanda ed ha esaurito l'intero stock di magazzino (Smith et Pesce, 2021). Inoltre, in seguito al collo di bottiglia della fornitura di semiconduttori Sony ha scelto di tornare a produrre la vecchia versione, Playstation 4, poiché questa richiede una quantità meno elevata di chip [35]. Di conseguenza, questi impatti hanno in parallelo incentivato sempre più verso il riciclaggio dei componenti al termine del loro ciclo di vita e la ricerca di possibili sostituti come, ad esempio, magneti permanenti privi di terre rare (Althaf et Babbitt, 2021).

Queste azioni di mitigazioni per ridurre gli impatti sono analizzate nel successivo paragrafo 3.2.

In terza analisi, il settore dell'automotive in seguito all'avvento del COVID-19 ha registrato un crollo del fatturato a livello mondiale [36].

Tuttavia, nella seconda metà del 2020 la domanda di automobili ha ripreso a crescere grazie all'aumento dei tassi di vaccinazione e alla riapertura delle attività (Vinay et al., 2022).

Ad ogni modo, lo shortage di chips e dei relativi metalli ha creato delle disruptions anche all'interno del settore dell'autoveicolo (per ulteriori specifiche, si veda il capitolo 2), poiché per produrre un'automobile sono necessari centinaia di chip (Wu et al., 2021), che aiutano a controllare elementi quali: motori e trasmissioni, cruise control, airbag, freni e sedili elettrici. Quindi, negli ultimi anni il numero di chip richiesto dal settore dell'auto veicolo è aumentato, in quanto le auto sono diventate più digitali, in seguito all'introduzione di sistemi di intrattenimento, come gli schermi [37].

Di conseguenza a quanto analizzato precedentemente si è creato un effetto domino (Vinay et al., 2022), in cui si è evidenziata una limitazione dell'offerta da parte delle case automobilistiche. Infatti, quest'ultime hanno potuto produrre solamente particolari modelli di veicoli, nello specifico quelli più costosi e redditizi [38].

Questo ha avuto una ripercussione sui consumatori, i quali hanno riscontrato una proposta limitata di modelli (Vinay et al., 2022). Ad esempio, alcuni prototipi di Jeep come Cherokee e Compass o la Passat e la Atlas appartenenti alla Volkswagen erano meno disponibili sul mercato [39].

In seguito alle possibilità di scelta limitate gli acquirenti hanno iniziato a prediligere il mercato secondario (Vinay et al., 2022). Per dimostrare quanto detto è stato analizzato il tempo di permanenza in magazzino dello stock di vetture usate: dal 2012 al 2014 era mediamente di 84 giorni, dal 2015 al 2020 si è rilevata una riduzione a 73 giorni, infine nel 2021 si sono ridotti a 59. Quindi la rotazione di magazzino è passata da 4,4 volte all'anno a 6,2 [40]. Questo appunto sottolinea l'aumento di richiesta dell'usato da parte del mercato.

Inoltre, le agenzie di autonoleggio per generare liquidità, che durante la pandemia si sera ridotta, e per sopperire la carenza di veicoli hanno prorogato il noleggio del proprio parco auto [41].

In conclusione, si evince che lo shortage di materiale conduce principalmente ad un disallineamento tra quantità richiesta e offerta e crea diverse problematiche nel mondo industriale. Nel paragrafo successivo (3.2) sono sviluppate alcune azioni di mitigazione per cercare di ridurre questi impatti.

3.1.4 Inflazione

L'inflazione è definita dalla Banca Centra Europea (BCE) [42]. Come il fattore che riduce il valore della moneta nel tempo, poiché si evidenzia un aumento dei prezzi dei beni; quindi, con la stessa quantità di denaro si possono acquistare meno prodotti.

L'economista capo della Camera di Commercio degli Stati Uniti d'America ha rilevato due cause fondamentali che portano al verificarsi di questo evento [43]:

- *Disallineamento tra domanda ed offerta*: Come già enunciato nel paragrafo 3.1.1, l'incontro tra la curva di domanda ed offerta stabilisce il prezzo e la quantità d'equilibrio, ma quando questo non avviene si evidenzia un innalzamento o un abbassamento del costo. Pertanto, nel caso la quantità richiesta superi quella disponibile s'individua un incremento dei prezzi e dunque ha luogo l'inflazione.
- *Incremento costi produttivi*: Le imprese sono obbligate ad aumentare i prezzi per evitare di andare incontro a perdite di denaro, poiché i costi della produzione e delle materie prime subiscono un'espansione. Quindi questo fenomeno, come quello precedente, conduce ad un accrescimento dei prezzi.

Questi due elementi che portano all'inflazione sono riscontrati nello shortage di materiale. Quest'ultimo ha recato dei problemi sulla catena di approvvigionamento, i quali hanno limitato l'offerta dei fattori produttivi di cui le imprese hanno bisogno; di conseguenza, si è rilevata una pressione inflazionistica. Ad esempio, i prezzi delle batterie sono aumentati in seguito all'incremento del costo delle rispettive materie prime, avvenuto dall'inizio del 2021 a fine ottobre dello stesso anno: carbonato di litio (+233%), idrossido di litio (+200%), cobalto (+60%) e fosfato di ferro e litio (+85%) (Liu et al., 2022). Questo ha comportato conseguenti oneri economici per le imprese di autoveicoli elettrici a valle della catena industriale.

Un ulteriore esempio è quello riportato da Vinay e altri (2022), i quali evidenziano come l'impatto dell'aumento del costo dei chip, in seguito allo shortage, ha indotto una crescita del prezzo delle auto. Infatti, i consumatori statunitensi hanno dovuto pagare 5000 dollari in più rispetto al prezzo di listino di un nuovo veicolo, a causa della carenza di chip a livello globale, che ha portato ad una riduzione dell'offerta in un momento in cui la domanda di automobili era in aumento [44].

Inoltre, lo stesso Elon Musk ha affermato che i prezzi stavano aumentando “a causa di un'importante pressione sui prezzi della catena di approvvigionamento in tutto il settore” [45]. Infatti, anche il mercato secondario, che ha subito un aumento della domanda (per ulteriori specifiche sottoparagrafo 3.1.1), è stato sottoposto ad una crescita dei prezzi pari al 33% [46].

Infine, la carenza di chip a livello globale ha portato anche alla crescita dei prezzi dell'elettronica di consumo, tra cui lavatrici e frigoriferi, indicando ulteriormente le pressioni inflazionistiche intersettoriali causate dalla mancanza di semiconduttori (Vinay et al., 2022).

Nella Tabella 2 sono illustrati i generali aumenti delle materie prime dal 2020 al 2022, che hanno di conseguenza portato ad una crescita dei prezzi dei rispettivi prodotti finiti che derivati da essi, poiché quest'ultimi hanno evidenziato un aumento dei costi operativi.

Tabella 2: Variazione prezzi nei rispettivi scenari pre e post Covid. Fonte: [47]

	Ultimo valore rispetto al pre Covid (13 giugno 2022 / media gennaio 2020)
Gas naturale europeo	+646,8%
Elettricità (Italia)	+360,1%
Urea (UAN)	+337,5%
Olio di soia	+155,7%
Cobalto	+138,6%
Cotone	+120,0%
Olio di semi di girasole	+118,6%
Mais	+111,8%
Nichel	+106,8%
Petrolio (Brent)	+104,1%
Frumento	+101,2%
Molibdeno	+88,1%
Olio di palma	+82,7%
Acciaio	+82,0%
Rame	+63,1%
Zinco	+62,5%
Alluminio	+55,2%
Ferro	+51,6%
Legno	+35,9%
Argento	+26,0%
Piombo	+15,9%

In aggiunta a quanto riportato, è stata verificata un'altra motivazione alla base dell'aumento dei prezzi, susseguita dalla carenza di materiale: il costo dei noli di container da 40 piedi, nei primi tre trimestri del 2021, sono aumentati del 477% sulla rotta Cina-USA e del 243% sulla rotta Cina-Europa (Toygar et al., 2022). Questo incremento è dimostrato nell'immagine (Figura 19) sottostante che riporta l'aumento dei noli marittimi nelle diverse tratte.

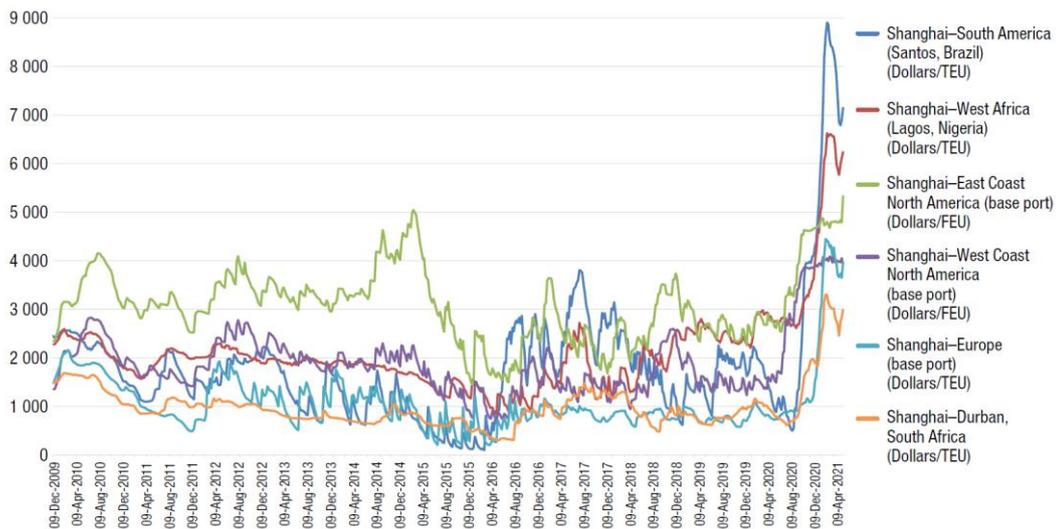


Figura 19: Indice dei noli containerizzati di Shanghai, tariffe dal 18 dicembre 2009 al 9 aprile 2021 Fonte: [48]

Abbreviazioni relative all'immagine: FEU, unità equivalente a container da 40 piedi; TEU, unità equivalente a container da 20 piedi.

Questo incremento delle tariffe ha creato un ulteriore effetto a catena che ha comportato un aumento dei prezzi di prodotti finiti. Infatti, l'United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) ha valutato che durante la pandemia l'aumento delle tariffe di trasporto dei container ha accresciuto i prezzi al consumo globali dell'1,5 punti percentuali [49].

Dunque, il seguente fenomeno, precedentemente descritto, causato dallo shortage di materiale aumenta solamente il livello di povertà della collettività, in quanto i salari non hanno subito pari incrementi [50].

3.1.5 Aumento dell'inquinamento

Nel 2015 in seguito ad una conferenza sul clima tenutasi a Parigi le nazioni appartenenti all'UE hanno siglato un accordo in cui stabilivano di annullare l'impatto ambientale entro il 2050 [51].

Per raggiungere quest'obiettivo sono necessarie alcune azioni come l'uso di energie rinnovabili e l'elettrificazione del trasporto su strada. Di conseguenza gli stati hanno fortemente incoraggiato queste politiche, ma ciò ha riscontrato delle incongruità in seguito all'avvento dello shortage di materiali (Ben et al., 2020). Infatti, diversi studi hanno rilevato che la riduzione di emissioni e la sostituzione delle risorse di petrolio e gas è direttamente proporzionale all'aumento della domanda di metalli critici e terre rare, in quanto l'eolico, il fotovoltaico e i veicoli elettrici richiedono quest'ultimi elementi per essere prodotti interna (De Koning et al., 2018).

Liu e altri (2022) hanno integrato l'approccio della programmazione lineare in un quadro di analisi dinamica (2022-2050) dello stock-flow per computare gli impatti della carenza di risorse metalliche sull'offerta delle EV e quantificare le conseguenti emissioni causate dall'uso di veicoli a combustione interna.

I risultati dell'analisi sono illustrati in Figura 20. La seguente immagine mostra prima l'afflusso annuale dal 2022 al 2050 di veicoli a nuova energia e poi le corrispondenti emissioni totali, entrambi rappresentati nei relativi quattro scenari:

- NMC (Non-metal-constraints): non sono considerati vincoli imposti dalla carenza di metalli
- HS (High metal supply): alta offerta di metalli critici
- LS (Low metal supply): bassa offerta di metalli critici
- BCM (Benchmark): questo scenario corrisponde all'anno 2022 quello di inizio dell'analisi

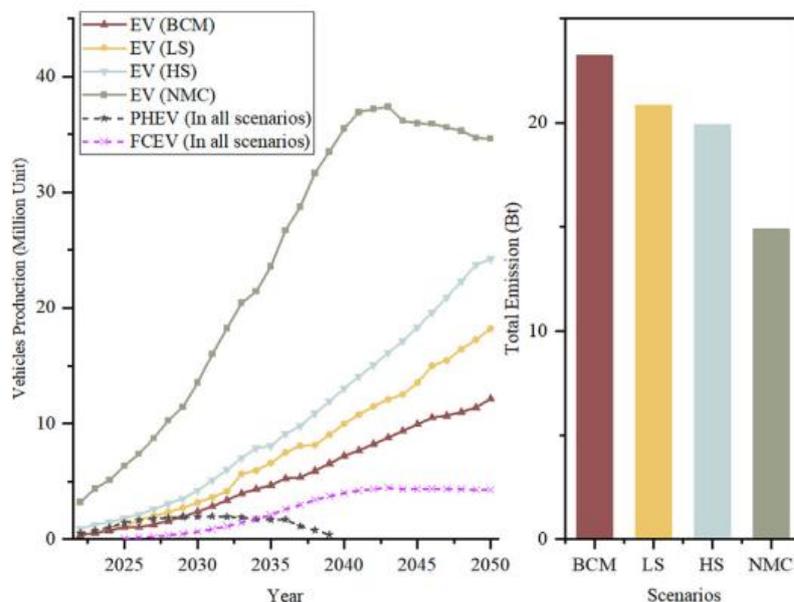


Figura 20: Produzione di veicoli elettrici (2022-2050) e relative emissioni. Fonte: (Liu et al., 2022)

Dall'immagine si evince che nello scenario dove non è considerato l'impatto della carenza di metalli (NMC), la produzione di veicoli elettrici è maggiore rispetto agli altri contesti dove lo shortage è compreso. Tuttavia, lo scenario di alta offerta (HS) evidenzia una più elevata quantità di EV in paragone ai due successivi sfondi di bassa offerta (LS) e BCM. Di conseguenza in relazione alla quantità di veicoli a nuova energia sono state rilevate le emissioni di gas serra in miliardi di tonnellate, rispettivamente pari a: 14,88 (NMC), 19,9 (HS), 20,83 (LS) e 23,22 (BCM). Dunque, Liu e altri (2022) hanno rilevato dal loro studio che il contesto con maggior offerta di auto elettriche riporta un minor impatto ambientale. In seguito, si evince che la criticità di questi metalli ha limitato la transizione ecologica verso un'economia a minor intensità di carbonio (Ben et al., 2020). Questo sottolinea l'importanza di adottare un'economia circolare volta al riciclo per attenuare il problema della scarsità di materiali (Liu et al., 2022) (per ulteriori specifiche, si veda il paragrafo 3.2).

3.1.6 Licenziamenti e chiusura degli impianti

Lo shortage di materiali ha portato gravi conseguenze nelle aziende manifatturiere, poiché a seguito della carenza di fornitura le imprese non hanno potuto pianificare la produzione e questo le ha condotte a subire ingenti perdite; infatti, nel 2021 l'industria automobilistica ha rilevato una perdita pari a 50 miliardi di euro [52] per mancata produzione in seguito allo shortage.

Il settore dell'autoveicolo è stata la principale vittima dello shortage globale di semiconduttori [52], in quanto i produttori di quest'ultimi hanno riallocato le risorse verso prodotti elettronici, perché in seguito alla pandemia la domanda di auto è scesa e quindi anche quella di chip per autoveicoli (Wu et al., 2021) (per ulteriori specifiche, vedere il paragrafo 2.2). Quando nella seconda metà del 2020 la domanda di automobili si è ripresa hanno iniziato ad esserci delle disruptions nella catena di fornitura dei chips [52], poiché questi operavano già al massimo della capacità produttiva e costruire un impianto per la fabbricazione di semiconduttori richiedeva dai 4 ai 20 miliardi di dollari [53] e diversi anni per la costruzione di esso e l'apprendimento da parte del personale (Vinay et al., 2022). Quindi i fornitori delle case automobilistiche non erano in grado di soddisfare la domanda proveniente da queste ultime.

Di conseguenza, diverse industrie appartenenti al settore dell'autoveicolo hanno dovuto chiudere le proprie linee di produzione poiché si sono verificati i problemi di fornitura precedentemente descritti (Wu et al., 2021).

In risposta, diversi produttori di auto, come Tesla, hanno annunciato di aver effettuato pagamenti completi in anticipo per assicurarsi le forniture, provocando così il blocco del capitale, creando ulteriori problemi (Vinay et al., 2022).

Tuttavia, in seguito alla chiusura degli impianti di produzione sono susseguiti altri problemi: licenziamenti e sospensioni dal lavoro.

Infatti, le interruzioni temporanee della produzione nel settore dell'autoveicolo ha comportato la necessità di ridurre le ore dei turni di lavoro e, in alcuni casi più estremi, di licenziare i lavoratori. Ad esempio, Ford ha annunciato che i tagli alla produzione avrebbero avuto un impatto su circa 2000 lavoratori [61]. Inoltre, Jaguar Land Rover ha sospeso la produzione in due dei suoi stabilimenti [62], causando l'inattività di migliaia di lavoratori e anche Volkswagen ha licenziato diversi lavoratori (Wu et al., 2021).

In aggiunta a quanto enunciato la mancanza di materiali e componenti ha causato la rottura delle scadenze per la fornitura dei prodotti ai clienti o ai rivenditori. Ciò ha di conseguenza comportato ingenti penali e tasse alle imprese, le quali a loro volta hanno subito elevate perdite finanziarie (Melnychuk et al., 2022).

Quanto evidenziato nel seguente paragrafo e in quelli precedenti sottolinea l'importanza di diversificare le catene di approvvigionamento e finanziare la ricerca per lo sviluppo di prodotti sostitutivi a minor rischio di approvvigionamento (Liu et al., 2022), dato che lo shortage impatta principalmente sulle performance delle imprese e ne consegue il benessere economico, sanitario e ambientale della popolazione mondiale.

Questi risultati sottolineano l'importanza di diversificare le catene di approvvigionamento con la ricerca per lo sviluppo di prodotti sostitutivi e incrementare la percentuale di riciclaggio in modo da mitigare il rischio. Eventuali strategie di riduzione del rischio sono affrontate nel successivo paragrafo.

3.2 Azioni di mitigazione

Nei prossimi sotto-paragrafi sono analizzate separatamente le differenti contromisure che, se adottate, possono portare ad un netto aumento dell'offerta diversificandola, come si vede di seguito; ciò conduce alla riduzione della percentuale di domanda insoddisfatta e degli ulteriori impatti negativi indagati nel paragrafo precedente.

Prima di analizzare le eventuali azioni di mitigazione è opportuno specificare il significato della gestione dei rischi di interruzione, che comprendono differenti rischi operativi (malfunzionamenti delle attrezzature, interruzioni impreviste delle forniture, questioni umane come scioperi e frodi) e rischi derivanti da eventi naturali, terrorismo, instabilità politica e pandemie. Negli ultimi anni a questi rischi è stata rivolta particolare attenzione, poiché con percorsi più lunghi di fornitura ci sono più opportunità di interruzione della catena (Kleindorfer et Saad, 2005).

In primo luogo, è necessario definire in maniera adeguata il concetto di risk management e le opportune fasi. Il risk management, il quale tradotto indica gestione del rischio, è un insieme di attività, metodologie e risorse coordinate per guidare e controllare un'organizzazione con riferimento ai rischi [54].

Dunque, l'obiettivo principale di questa funzione è quello di minimizzare le perdite e accrescere il valore degli asset aziendali, tramite un utilizzo ed un'allocazione efficace delle risorse e del capitale e prevenendo possibili situazioni problematiche. Infatti, il Risk Management consente di stimare il potenziale impatto delle diverse tipologie di rischio sui processi, sulle attività, sugli operatori, sui prodotti e sui servizi dell'impresa.

Il seguente processo aziendale per essere attuato in modo efficiente deve seguire cinque fasi principali (Kasap et Kaymak, 2007):

1- *Risk management planning* (Pianificazione della gestione del rischio)

Questa è la fase iniziale del processo di gestione del rischio. Nel seguente stadio si definiscono i ruoli, le responsabilità e il metodo da seguire nell'identificazione del rischio. In aggiunta, si comprendono anche gli obiettivi del progetto. È fondamentale che la seguente funzione sia svolta prima di intraprendere l'identificazione del rischio.

2- *Risk identification* (Identificazione del rischio)

Il secondo stadio serve a determinare cosa potrebbe accadere che influenzi gli obiettivi del progetto. Il risultato della seguente fase è un elenco completo dei possibili rischi che compromettono il successo del progetto.

3- *Risk analysis* (Analisi dei rischi)

Successivamente all'identificazione dei rischi questi devono essere analizzati e valutati in termini di probabilità di accadimento e gravità dell'impatto. In seguito, si ottiene una classificazione per ogni rischio, la quale fornisce una misura dell'esposizione del progetto al rischio.

4- *Risk response planning* (Pianificazione della risposta al rischio)

Questa quarta fase serve ad evolvere risposte appropriate, realizzabili, efficaci e sostenibili ai rischi identificati precedentemente.

Le contromisure sviluppate sono solitamente raccolte in quattro gruppi in base all'effetto che intendono avere sul rischio da trattare.

- *Evitare*: rendere impossibile che il rischio si verifichi, eseguendolo in modo da raggiungere gli stessi obiettivi, ma isolandolo dal pericolo.

- *Trasferire*: affidare ad uno stakeholder esterno la responsabilità e la gestione del rischio
- *Mitigare*: ridimensionare la probabilità e/o l'impatto del rischio, rendendolo maggiormente accettabile per il progetto
- *Accettare*: accogliere il rischio cercando di limitarlo monitorandolo

5- *Risk monitoring & control* (Monitoraggio e controllo del rischio)

In questa fase si svolge un monitoraggio continuo del rischio, rivalutando la probabilità di accadimento, l'impatto e identificando nuovi elementi di rischio.

Le fasi, sopra descritte, permettono di gestire in modo efficace i rischi. Tuttavia, il quarto stato è quello più importante poiché le decisioni prese in esso influiscono direttamente sull'esposizione al rischio dell'intero sistema.

Di seguito sono evidenziate le seguenti azioni che hanno l'obiettivo di abbassare la gravità dei rischi provenienti dallo shortage di materiale, i quali affliggono l'economia e la salute globale portando gravi disruptions all'interno delle differenti supply chains.

3.2.1 Circular economy

L'avvento del COVID-19 e le relative misure di restrizione hanno modificati i modelli di consumo in tutto il mondo, portando ad una crescente domanda di prodotti appartenenti al settore sanitario, elettronico e dell'autoveicolo, questo ha in seguito condotto ad una carenza di materiale nel mondo industriale. Di conseguenza le aziende hanno provato a sviluppare azioni di risposta allo shortage, poiché quest'ultimo gli ha inflitto ingenti perdite di denaro.

La miglior strategia per attenuare questo problema è stata trovata nell'applicazione del riciclaggio, che si è dimostrato essere la misura più efficace per alleviare il rischio di scarsità di materiali, in linea con il concetto di economia circolare (Wenyi et al., 2020).

L'economia circolare è definita da Nobre e Tavares (2021) come un sistema che mira ad azzerare i rifiuti e l'inquinamento lungo l'intero il ciclo di vita dei materiali. In quanto, a differenza del processo lineare che consiste nell'estrarre i materiali dalla Terra, trasformarli in prodotti attraverso processi industriali e quando quest'ultimi giungono al

fine vita gettarli via [28], l'economia rigenerativa estende il ciclo di vita dei prodotti perché una volta che questi hanno terminato la loro funzione al posto di trasformarli in rifiuti sono scomposti nelle rispettive materie prime che sono reintrodotti, laddove possibile, nel ciclo economico; in modo da generare ulteriore valore [29].

Dunque, l'applicazione dell'economia circolare porta differenti benefici a livello ambientale, economico e sociale, ma in particolare, sostiene la Fondazione Ellen MacArthur, disaccoppia l'attività economica dal consumo di risorse limitate [28]; infatti, assicura maggiore sicurezza nell'approvvigionamento di materie prime, in quanto crea una seconda fonte di forniture.

Diversi studi hanno indagato l'impatto del riciclaggio nell'industria e analizzato i corrispondenti effetti positivi.

Il primo aspetto su cui è stata posta particolare attenzione è l'applicazione dell'economia circolare alle batterie agli ioni di litio. Queste sono composte principalmente da litio e cobalto (Wenyi et al., 2020), le quali sono materie prime che presentano un elevato livello di criticità elevato per i motivi descritti nel paragrafo 2.2.

Tuttavia, esistono due classificazioni di batterie che entrano nel flusso dei rifiuti in un determinato momento, quelle a fine vita e quelle ancora riutilizzabili (Richa et al., 2014).

È dunque necessario sottolineare nuovamente che l'economia circolare include il concetto di riuso e il riciclo; in quanto il suo obiettivo principale è il prolungamento della vita utile delle materie prime già estratte dall'ecosfera. In seguito, Gaustad e altri, (2018) definisce il processo di riciclaggio, che si applica alla prima tipologia, come quell'azione che comporta la separazione delle singole componenti da un prodotto integrato a fine vita per fornire a quest'ultime un approvvigionamento secondario. Nel caso delle LIB significa adottare una combinazione di metodi chimici e fisici di pirometallurgia e idrometallurgia, grazie ai quali è possibile riciclare le materie prime (litio e cobalto) e di conseguenza s'incrementa il livello di resilienza di quest'ultime (Wenyi et al., 2020).

La seconda tipologia di batterie fa riferimento al riuso, poiché sono quelle che si trovano nei veicoli che raggiungono la fine del loro ciclo di vita prima delle rispettive batterie,

probabilmente per guasto o incidente precoce. Di conseguenza possono essere riutilizzate in altre applicazioni per lo stoccaggio di energia (Richa et al., 2014).

Dunque, si evince che l'adozione di queste azioni comporta l'aumento di offerta non solo delle batterie agli ioni a litio, ma anche delle corrispondenti materie prime.

Infatti, Althaf e Babbitt, (2021) hanno valutato il potenziale di riduzione del rischio di approvvigionamento dei metalli preziosi inseguito all'applicazione del riciclaggio ed hanno concluso che l'introduzione di quest'azione migliora fino al 30% dei punteggi di rischio. Ad esempio, sostengono sempre gli stessi Althaf e Babbitt, (2021) che l'indio può essere estratto dai rifiuti elettronici con un'elevata efficienza.

In aggiunta, uno studio condotto da Erion (il più importante Sistema Italiano di Responsabilità Estesa del Produttore per la gestione dei rifiuti associati ai prodotti elettronici) ha calcolato che qualora l'Italia raggiungesse il tasso di riciclo pari al 70-75%, si potrebbero recuperare 7,6 mila tonnellate di materie prime critiche, che sono pari all'11% di quelle importate dalla Cina. Quindi, il riciclaggio ridurrebbe anche la dipendenza dal continente asiatico per le forniture [30]

Infine, Liu e altri, (2022) hanno verificato come il riciclaggio aumenti la quantità di auto elettriche in commercio, in quanto l'applicazione dell'economia circolare incrementa significativamente l'offerta di risorse minerarie. Di conseguenza, all'ampliamento del mercato della mobilità elettrica hanno rilevato una riduzione delle emissioni.

I risultati della loro analisi sono illustrati nella Figura 21, questa illustra quattro scenari e valuta la quantità di auto che possono essere messe in circolazione in base ai diversi livelli di riciclo dal 2022 al 2050 e le conseguenti emissioni.

Lo scenario più rilevante è FRC che rappresenta il recupero completo dei rifiuti (100%). Infatti, in questo sfondo si constata il minor grado di emissioni e la più alta quantità di auto elettriche disponibili. Inoltre, confrontando (Figura 21) il rispettivo scenario (FRC) con quello CST (politica conservativa) si evince che con il riciclaggio completo si possono produrre 43,4 milioni di unità di veicoli elettrici in più dal 2022 al 2050, e questo comporta una conseguente riduzione delle emissioni di 0,48 miliardi di tonnellate. Quindi, una netta diminuzione dell'impronta ambientale indotta dal parco auto circolante.

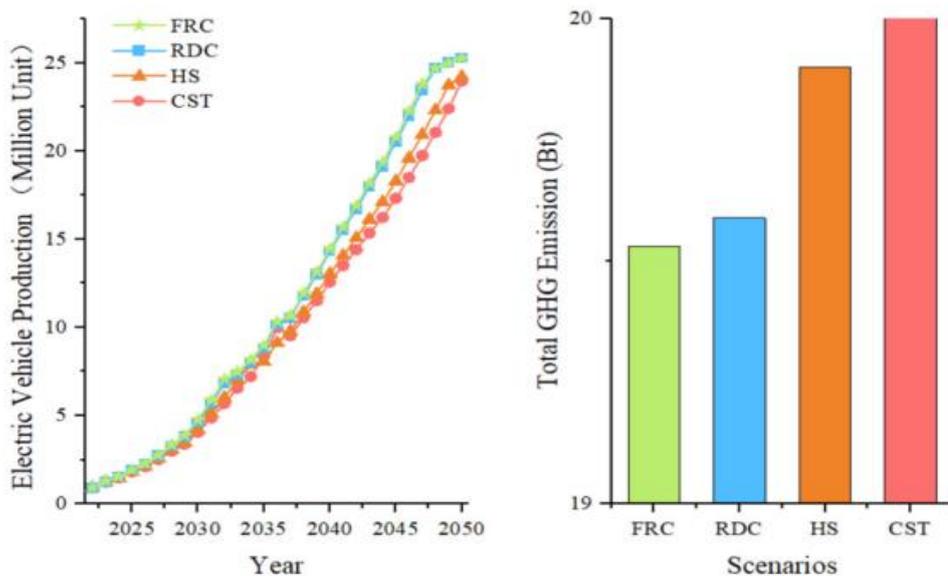


Figura 21: la capacità di produzione di EV e le emissioni di gas serra in diversi scenari di riciclaggio.

Fonte: (Liu et al., 2022)

Tuttavia, è stato accertato che i benefici del riciclo non sono elevati per le terre rare poiché il rischio di approvvigionamento è fortemente legato ad altri fattori come l'elevato utilizzo dell'elettronica (Althaf et Babbitt, 2021).

Inoltre, è stato dimostrato confrontando la domanda soddisfatta in caso di offerta illimitata di metalli e quella in condizione riciclo totale (100% dei materiali sono riciclati) che il riciclaggio non riesce a sopperire totalmente la carenza di materiali, ma ad esso devono essere affiancate ulteriori azioni di mitigazione (Liu et al., 2022). Queste sono analizzate di seguito.

3.2.2 Diversificare i fornitori

Come sottolineato nel paragrafo precedente 2.2.2 uno dei fondamentali problemi che ha condotto allo shortage di materiale è stata la concentrazione delle forniture provenienti per la maggior parte dal continente asiatico, che è risultato essere quello maggiormente colpito dalla pandemia e di conseguenza ha subito diversi fermi produttivi che a catena hanno creato degli arresti dell'offerta a livello globale.

Differenti studi hanno dimostrato come la diversificazione della catena di fornitura risulti essere una delle vie principali per ridurre i rischi di interruzione.

Althaf e Babbitt, (2021) hanno esaminato l'impatto sul rischio di approvvigionamento in seguito all'estrazione di terre rare da fonti geografiche alternative. Poiché questo gruppo di materiali ha creato delle interruzioni lungo diverse catene di fornitura. Tuttavia, la fattibilità dello spostamento delle catene di rifornimento si basa sulla disponibilità fisica dei giacimenti minerali o dalla presenza di materiale estraibile in altre località differenti dalla Cina. Infatti, il nome stesso di terre rare è un termine improprio per questi elementi, in quanto sono piuttosto abbondanti ed esistono in molti depositi lavorabili in tutto il mondo: Australia, Brasile, India, Kazakistan, Malesia, Russia, Sudafrica e Stati Uniti estraggono e raffinano quantità significative di questi materiali [31].

Quindi non solo la Cina detiene le miniere di questi elementi, ma anche altri paesi. Ad ogni modo il maggior produttore risulta essere la Cina come si può vedere dalla Figura 22, questo perché estrarre e raffinare questi elementi ha altissimi costi ambientali e sociali (Packey et Kingsnorth, 2016).

Country	Mine production (tons)	Percentage
China	95,000	86.3%
United States of America	7000	6.3%
Australia	2500	2.2%
India	3000	2.7%
Russia	2500	2.2%
Thailand	1100	1.0%
Vietnam	220	0.2%
Malaysia	200	0.2%
Total	110,000	
Total percentage external to China		13.7%

Figura 22: Tonnellate di produzione di terre rare nel mondo. Fonte: (Packey et Kingsnorth, 2016)

Ciononostante, negli Stati Uniti negli ultimi anni sono stati compiuti notevoli progressi. Difatti riporta United States Geological Survey (USGS) dal 2017, quando la produzione statunitense di ETR era pari a zero, è divenuta pari al 12% della produzione globale nel 2019 (Althaf et Babbitt, 2021).

Di conseguenza, Althaf e Babbitt, (2021) hanno rilevato un miglioramento dei punteggi di rischio di approvvigionamento delle terre rare del 16% e del 35% rispettivamente in entrambi gli scenari di perturbazione, sociale e geopolitica come illustrato in Figura 23.

REEs	Baseline			Government Overreach Scenario			Geopolitical Tensions Scenario		
	Original Risk Score	Supply Diversity Scenario Score	Improvement	Original Risk Score	Supply Diversity Scenario Score	Improvement	Original Risk Score	Supply Diversity Scenario Score	Improvement
Nd	0.61	0.63	3%	0.54	0.63	16%	0.45	0.60	35%
Eu	0.59	0.60	3%	0.53	0.61	16%	0.43	0.58	35%
Sm	0.60	0.61	3%	0.55	0.64	16%	0.46	0.62	36%
Gd	0.60	0.62	3%	0.54	0.63	16%	0.45	0.60	35%
Tb	0.60	0.62	3%	0.54	0.63	16%	0.45	0.60	35%
Dy	0.61	0.63	3%	0.53	0.62	16%	0.44	0.59	34%

Figura 23: Risultati dell'analisi multicriteriale per la riduzione del rischio di REE attraverso la diversità di approvvigionamento. Fonte: (Althaf et Babbitt, 2021)

In aggiunta, un problema simile si è riscontrato tra i produttori di chips che sono ubicati principalmente a Taiwan [32].

Di conseguenza, differenti paesi hanno iniziato a fare investimenti in ricerca e sviluppo per ovviare alla carenza di semiconduttori. La Federazione dell'Industria Automobilistica Tedesca ha invitato il governo tedesco a prendere misure pertinenti per insistere affinché le imprese risolvano la crisi di approvvigionamento di chip (Wu et al., 2021).

Successivamente, la Commissione Europea ha emanato il Chips Act, il quale è una proposta di legge sui semiconduttori, che prevede di stanziare 43 miliardi di euro per raddoppiare entro il 2030 la produzione di chip, creando una filiera europea di design e produzione per semiconduttori [33].

Infatti, gli investimenti saranno indirizzati a: rafforzare la leadership europea nella ricerca e nella tecnologia verso chip più piccoli e più veloci, creare la capacità di innovazione nella progettazione, nella produzione e nel confezionamento di chip avanzati, affrontare la carenza di competenze, attrarre nuovi talenti e sostenere l'emergere di una forza lavoro qualificata e sviluppare una comprensione approfondita delle catene di fornitura dei semiconduttori a livello mondiale [34].

Anche la Cina ha iniziato ad investire nella produzione di semiconduttori, perché sebbene la fabbricazione automobilistica cinese occupi un terzo del totale mondiale,

quella di chip per auto occupa solo il 5% del totale mondiale e questo la rende totalmente dipendente dall'importazione (Wu et al., 2021).

Un ulteriore fattore che ha spinto il paese asiatico negli investimenti in semiconduttori è stato anche la tensione con gli Stati Uniti per quanto riguarda l'azienda Huawei [11].

Il Ministero dell'Industria e della Tecnologia dell'Informazione della Repubblica Popolare Cinese ha dunque proposto di contribuire con maggiori sforzi alla ricerca sulla tecnologia dei semiconduttori, in modo da rompere il dilemma della "carenza di chip"; migliorando la capacità di produzione di semiconduttori (Wu et al., 2021).

Infine, la diversificazione delle importazioni andrebbe applicata anche al settore sanitario. In quanto, la Cina è il più grande esportatore mondiale di maschere facciali, protezioni oculari e guanti medici (Cohen et Rodgers, 2020). Questo implica che gli stati importatori sono estremamente vulnerabili alle interruzioni di esportazioni dalla Cina.

Infatti, la seguente tematica è stata particolarmente rilevante durante la pandemia, poiché la Cina è stata l'epicentro della diffusione del COVID-19; quindi lo stato asiatico ha attuato misure di protezione che hanno causato fermi di produzione e di seguito blocco delle esportazioni (Sharma et al., 2020).

Per rispondere a questo problema i governi soggetti all'importazione dovrebbero prendere in considerazione una politica industriale che incentiva la produzione di DPI utilizzando la tecnologia esistente interna ai rispettivi paesi (Cohen et Rodgers, 2020).

Dunque, si evince che la diversificazione dell'approvvigionamento è fondamentale per i materiali i cui rischi derivano dalla concentrazione della produzione, in quanto provenienti da Paesi con elevata vulnerabilità sociale o soggetti ad elevati rischi di interruzione a seguito di tensioni geopolitiche e sociali. Inoltre, è importante sottolineare come la bilancia commerciale dei paesi risulti possedere un esito positivo solamente se il numero di esportazioni è superiore a quello delle importazioni (Sharma et al., 2020). Quindi aumentare la produzione interna favorisce anche un'efficiente ripresa economica.

3.2.3 Materiali sostituiti

Un'ulteriore azione che si può attuare per ridurre gli effetti susseguiti allo shortage di materiale è l'uso di materie prime alternative, rispetto a quello comunemente adottate che riportano elevati indici di carenza.

In prima analisi le batterie agli ioni di litio presentano differenti soluzioni, essendo queste componenti fondamentali della maggior parte degli strumenti utilizzati oggi. Tuttavia, le varie opzioni che sono: batterie al litio-zolfo, metallo-aria, ioni di magnesio e sodio e le celle a combustibile a idrogeno sono attualmente in fase di produzione e presentano vari stadi di maturità, ma ci vorranno ancora per tutte quindici o venti anni prima di essere messe in commercio (Wenyi et al., 2020).

Di seguito sono analizzate alcune delle differenti opzioni enunciate precedentemente:

Batterie ad idrogeno: queste batterie presentano un buon livello di stoccaggio di energia sia a livello di tempistiche che di quantità (Stenina et Yaroslavtsev, 2017).

Infatti, Stellantis ha sviluppato una soluzione a celle a combustibile a idrogeno, che richiedono solamente tre minuti di tempo per il rifornimento ed hanno un'autonomia di 400 chilometri [55].

In aggiunta, uno studio ha dimostrato la fattibilità dell'uso delle batterie ad idrogeno in ambiente domestico (Fernandez et al., 2019).

Questa tipologia di accumulatori risulta essere una buona alternativa, in quanto l'idrogeno è molto presente in natura e la sua combustione non rilascia agenti inquinanti, ma è altamente infiammabile quindi è molto elevato il rischio (Crowl et Jo, 2007).

Batterie al sodio (Na): il sodio si trova al di sotto del litio (Li) nella tavola periodica, quindi riporta proprietà chimiche simili. Di conseguenza, può essere una valida alternativa. Inoltre, è molto abbondante ed il costo per reperirlo dalla terra è relativamente basso. Tuttavia, ha una minor efficienza rispetto al litio e questo riduce il livello di scelta (Kim et al., 2012).

In seconda analisi, si sono ricercati sostituti delle terre rare che sono componenti fondamentali dei magneti permanenti (Althaf et Babbitt, 2021), in quanto mantengono le proprietà magnetiche anche ad alte temperature. Infatti, date le problematiche nel trovare materiali alternativi con le medesime proprietà (Eggert et al., 2016) si stanno

studiando macchine elettriche (motori, trasformatori ecc) con configurazioni che riducono l'utilizzo di magneti permanenti come, ad esempio, sistemi a riluttanza commutata [56].

Infine, si stanno studiando altre alternative ancora in piena ricerca come le batterie senza cobalto (Muralidharan et al., 2022).

3.2.4 Shift di produzione e near sourcing

Altri due importanti atti di mitigazione adottati sono lo shift di produzione e il near sourcing

La prima azione è già stata precedentemente analizzata nelle cause, ma rappresenta anche un'attenuazione in quanto va ad aumentare l'offerta di uno specifico bene e quindi mitiga la carenza di materiali. Il caso più eclatante è quello riguardante la produzione di dispositivi di protezione individuale. Infatti, diverse aziende tessili in seguito alla pandemia hanno riadattato i loro sistemi produttivi ed hanno iniziato a produrre mascherine, come il gruppo Miroglio ubicato in Italia, Gucci e Prada [57].

Inoltre, anche aziende non operanti in ambito tessile hanno adattato i propri impianti industriali come il produttore di smartphone Xiaomi che ha iniziato a produrre termometri o le aziende del Regno Unito Airbus, Jaguar Land Rover e Rolls-Royce che hanno fornito fino a 20 000 ventilatori o una joint venture della General Motors Co. che ha costruito 14 linee di produzione per maschere con una capacità giornaliera di 1,7 milioni di maschere [59].

Tuttavia, la prima impresa che ha modificato i rispettivi stabilimenti per intraprendere la fabbricazione di maschere facciali e gel disinfettante è la BYD (Build Your Dreams). Quest'ultima prima della pandemia era conosciuta per essere il settimo costruttore automobilistico cinese, ma in seguito alla propagazione del COVID-19 ha riconvertito i propri stabilimenti ed oggi produce diversi milioni di dispositivi di protezione individuale. Ciò permette all'azienda di contribuire ad alleviare le gravi carenze di materiale, poiché ne aumenta l'offerta [58].

La seconda azione attuata per ovviare alla carenza di materiali è il near sourcing. Il seguente vocabolo indica l'iniziativa intrapresa da parte di un'azienda nel collocare tutte le sue attività operative vicino al luogo di vendita dei prodotti finiti. Questo termine è

contrapposto all'Offshoring che significa esternalizzare le rispettive fabbriche produttive in paesi che presentano un costo di manodopera inferiore.

Negli anni pre-pandemici la maggior parte delle imprese aveva abbracciato la filosofia dell'offshoring, ma con l'avvento del COVID-19 questa strategia non è risultata essere la migliore; infatti, catene logistiche molto "lunghe" ovvero che comprendono Paesi distanti tra loro sul pianeta, si sono rilevate essere molto più vulnerabili alla probabilità di interruzioni o ritardi [17].

Come già evidenziato nel paragrafo precedente i seguenti problemi logistici hanno aumentato il livello di shortage. Di conseguenza, differenti multinazionali hanno avviato un processo di near sourcing per creare percorsi più contenuti lungo la filiera, avvicinando la propria produzione [17].

In analogia a quello anticipato nel sottoparagrafo diversificazione dei fornitori differenti stati hanno emanato politiche di sostegno chiave per aiutare le imprese nazionali nella ricerca e nella realizzazione di innovazioni, in modo da superare costantemente i colli di bottiglia tecnici, espandendo e perfezionando le catene industriali interne, così da aumentare gradualmente il tasso di autosufficienza (Wu et al., 2021).

Ad esempio, il governo degli Stati Uniti ha avviato una revisione di cento giorni delle catene di approvvigionamento critiche, che comprendono chip di semiconduttori, apparecchiature mediche, batterie e minerali di terre rare, per ridurre la dipendenza da fornitori stranieri. Inoltre, il Congresso degli Stati Uniti ha approvato una legge di finanziamento d'emergenza per un importo di 52 miliardi di dollari per incrementare la fabbricazione della catena di approvvigionamento nazionale e attirare i migliori produttori stranieri di semiconduttori ad aprire nuovi impianti di produzione avanzata negli Stati Uniti (Vinay et al., 2022).

Un esempio estremo è quello di Tesla che sta valutando l'acquisto di un impianto di semiconduttori per assicurarsi le forniture (Vinay et al., 2022).

In questo caso si tratterebbe di reshoring (fenomeno aziendale, che consiste nel riportare la produzione all'interno della propria impresa), infatti anche quest'ultima è stata una delle principali azioni di mitigazione adottate dalle imprese, poiché andrebbe ad aumentare la resilienza e la garanzia per quanto riguarda i trasporti Caballini ed inoltre differenti analisi hanno dimostrato che la delocalizzazione della produzione delle

forniture, in particolare quelle critiche, andrà ad aumentare la robustezza e la solidità della supply chain nel medio lungo periodo (Grzelakowski, 2019).

3.2.5 Collaborazione e contratti

Differenti studi hanno evidenziato in seguito a molteplici ricerche che se si aumentasse il numero di contratti e se si stabilissero collaborazioni si evidenzerebbe una netta riduzione del rischio di carenza di materiali.

In primo luogo, Wu et al. (2021) hanno rilevato che una delle prime cause di shortage che si potrebbe elidere attuando la collaborazione è la tensione tra Cina e USA (per ulteriori specifiche paragrafo 2.2). Infatti, quest'ultime due, poiché rappresentano le più grandi economie del mondo, dovrebbero rafforzare la cooperazione e la comunicazione internazionale e affrontare congiuntamente il rischio di sospensione della fornitura. Questo renderebbe più rapido il superamento delle problematiche relative all'approvvigionamento susseguite dalla pandemia. Successivamente sempre, Wu e altri (2021) evidenziano come anche le collaborazioni tra Cina, Giappone e la Corea del Sud e tra Stati Uniti e Paesi europei possano essere delle efficaci azioni di mitigazione.

In secondo luogo, è analizzata la collaborazione attuata nell'ambito del trasporto marittimo. In particolare, Toygar e altri (2022) esaminano come l'incremento della cooperazione tra le compagnie di navigazione e gli operatori di terminal container renda possibile utilizzare in maniera più efficiente la capacità esistente e ridimensioni i tempi di stoccaggio dei container vuoti e conseguentemente riduca la congestione nei porti e nelle linee di trasporto terrestri. Quindi, questo approccio di sistema integrato oltre a ridurre le tempistiche di importazione elimina in parte l'inflazione, poiché i costi di trasporto sono maggiormente sostenibili [17].

In terzo luogo, è stato rilevato come la collaborazione tra le imprese e i relativi fornitori mitighi la carenza di materiale. Ad esempio, Wu e altri (2021) sostengono che la Cina deve rafforzare la cooperazione internazionale e che le differenti imprese debbano collaborare con i propri supplier a monte per affrontare congiuntamente il rischio di sospensione della fornitura di semiconduttori. Inoltre, la visibilità dei piani operativi tra le case automobilistiche e i rispettivi fornitori rende più accurata la stima delle scorte, poiché le informazioni sono rintracciabili dall'intera catena (Vinay et., 2022).

Inoltre, anche per le organizzazioni farmaceutiche la trasparenza dei dati è una delle migliori azioni per garantirsi la continua fornitura di farmaci essenziali, questa cooperazione avviene condividendo le risorse limitate (Chen et al., 2021).

Tuttavia, anche gli accordi contrattuali si sono rivelati essere un'efficace strategia di mitigazione per ridurre gli impatti della carenza di materiali. Un esempio a dimostrazione di ciò è riportato da Toygar e altri (2022) che affermano come l'istituzione contratti a lungo termine tra le compagnie di navigazione e i clienti, sia un'ottima tattica per ovviare al continuo aumento del costo dei noli e a catena riduca l'inflazione (per ulteriori specifiche paragrafo 3.1).

Infine, un ulteriore accordo esemplare è quello stabilito tra il governo statunitense e l'azienda taiwanese (TSMC) produttrice di semiconduttori. In cui gli USA si garantiscono il primato della fornitura di chips con TSMC, in modo che le catene produttive statunitensi non subiscano blocchi in seguito alla carenza di componenti (Vinay et., 2022).

Dunque, tutti questi fattori sottolineano l'importanza della collaborazione tra imprese simili e tra fornitori per ridurre i blocchi delle supply chains relativi allo shortage. Infatti, condividere la capacità di coprodurre per chi fabbrica prodotti simili con una domanda altamente incerta comporta la creazione un patrimonio comune, sia privato tra aziende che pubblico per l'industria in generale, che sarà utile non solo in caso di rare pandemie, ma anche per migliorare le capacità in tempi normali, non soggetti a particolari crisi o a eventi dirompenti [60].

3.2.6 Aumento delle scorte

L'accumulo di scorte è una importante soluzione, perché garantisce una resilienza alle interruzioni di approvvigionamento nel breve periodo (Althaf et Babbitt, 2022). Questa filosofia è contraria alle metodologie adottate negli ultimi anni dalle imprese, in quanto quest'ultime abbracciavano il just in time [10]; infatti l'adozione di questo modello permette di ridurre il più possibile le scorte e conseguentemente la quantità di liquidità immobilizzata per gestire quest'ultime (Gereffi, 2020).

Tuttavia, in seguito all'avvento della pandemia, che ha provocato una brusca interruzione delle catene logistiche e un conseguente disallineamento tra domanda ed

offerta, il JIT è entrato in crisi. Inizialmente la fragilità del just in time è stata evidenziata nelle imprese produttrici di dispositivi di protezione individuale o di prodotti necessari per contrastare la diffusione del virus e tra i consumatori dei seguenti prodotti come ospedali, in quanto seguivano la stessa filosofia dei produttori di DPI in ambito di gestione scorte per risparmiare (Gereffi, 2020), solo successivamente la debolezza del modello ha colpito l'offerta di microchip e in seguito i relativi consumatori (dal settore dell'autoveicolo a quello digitale) (per ulteriori specifiche, vedere il paragrafo 2.2). Successivamente a quanto enunciato le aziende hanno deciso di tornare al tradizionale just in case, che implica la presenza di un'elevata quantità di scorta [9] e questo serve a mitigare l'impatto della carenza di materiale, poiché la riduzione delle scorte può essere considerata una pratica commerciale efficiente solamente quando gli ordini sono costanti (Gereffi, 2020).

Infatti, un esempio è l'azienda automobilistica Toyota, la quale ha fondato il modello JIT e lo ha sempre sostenuto, ma in seguito alla pandemia e ai conseguenti effetti si è approvvigionata una scorta di chip in grado di soddisfare quattro mesi di produzione [60].

Tuttavia, le scorte possano facilitare una risposta immediata a una crisi non sono sufficienti a superare eventi estremi come il COVID-19, poiché i costi e le difficoltà di acquisto, stoccaggio e manutenzione rendono inefficienti gli approvvigionamenti per soddisfare la domanda in caso di un'interruzione rara ma massiccia [60]. Di conseguenza, la capacità di backup raffigura una valida contromisura, la quale consiste nel fatto che un acquirente paghi un costo unitario anticipato e non rimborsabile per "riservare" la capacità e successivamente se necessario dia una somma di denaro aggiuntiva per produrre fino alla capacità riservata [60].

3.2.7 Altre azioni di mitigazione

Nel seguente sottoparagrafo sono analizzate ulteriori azioni di risposta al rischio di shortage, le quali sono derivate da quelle precedentemente enunciate o la letteratura gli ha posto minor interesse.

- *Investimenti*

Gli investimenti sono uno degli atti che maggiormente riduce l'impatto proveniente dalla carenza di materiale. Infatti, dimostrano Park e altri (2020) che

grazie ai finanziamenti pervenuti dalla Banca asiatica di sviluppo (ADB) l'offerta di DPI è incrementata e questo ha ridotto il rischio di shortage. Un'ulteriore affermazione favorevole agli investimenti è quella della Caballini, la quale sostiene che Gli impieghi di denaro in logistica e portualità hanno infatti un elevato fattore moltiplicativo, poichè una unità di moneta d'investimento ne genera quasi tre di domanda aggiuntiva [17]. Inoltre, dimostrano Althaf e Babbitt (2022) la vera resilienza della catena di approvvigionamento, riguardante i metalli critici, può essere raggiunta solo attraverso investimenti in tutte le fasi di produzione del materiale, compresa l'estrazione, la separazione, la raffinazione e la fabbricazione. Aggiuntivi esempi d'investimento sono riportati nei precedenti sottoparagrafi come l'UE che ha in programma di collocare diversi miliardi di dollari per rilanciare la produzione nazionale di chip (Vinay et al., 2022) e l'America che ha investito 2000 miliardi di dollari per stimolare la produzione di oltre un milione di maschere mediche (Gereffi, 2020).

- *Sensibilizzazione dell'uso dei prodotti affetti da carenza.*

L'azione di sensibilizzazione dei prodotti affetti da carenza per essere sviluppata necessita del sostegno dei governi. Il rapido aumento della domanda da parte del settore sanitario e della popolazione ha contribuito alla carenza di dispositivi di protezione individuale. In particolare, durante l'epidemia di COVID-19 i consumatori affetti dal panico hanno acquistato grandi quantità di maschere facciali, guanti e gel igienizzante data la portata della crisi e la gravità della malattia, questo ha ulteriormente alimentato la scarsità di materiale (Cohen et Rodgers, 2020). Di conseguenza, l'OMS in collaborazione con i governi ha iniziato a promuovere un uso razionale di DPI, in modo da conservare le scorte per salvaguardare principalmente gli operatori sani ed evitare l'acquisto non necessario di questi beni, che sono diventati di prima necessità (Sharma et al., 2020). Infatti, monitorare l'uso e la distribuzione dei DPI e centralizzare la visibilità degli ordini effettuati contribuisce a salvaguardare e a consentire una corretta ripartizione dei dispositivi di protezione individuale, portando ad una minore diffusione dei contagi (Sharma et al., 2020).

Inoltre, anche nel settore elettronico diversi autori hanno esaminato la promozione di acquisti limitati per mitigare lo shortage. Un esempio è quello riportato da Tian et al. (2022), i quali sostengono che ponendo una soglia sulla

quantità acquistata di dispositivi elettronici si possa rendere il prodotto disponibile a più persone.

- *Assemblaggio parziale*

Diverse case automobilistiche hanno pianificato di costruire veicoli senza i componenti affetti da carenza, come i chip, per poi completare successivamente l'assemblaggio quando la fornitura sarà disponibile (Vinay et al., 2022).

- *Adottare la tecnologia meccanizzata*

La carenza di personale all'interno degli impianti produttivi è stata una delle principali cause alla base dello shortage. Infatti, l'automazione può sostituire ampiamente la manodopera, migliorare l'efficienza e far fronte alla carenza della catena di approvvigionamento (Tian et al., 2022).

Quanto enunciato è ulteriormente dimostrato da Migalska et Pawlus (2020), poichè in seguito ad un modello di programmazione lineare integrale illustrano come l'utilizzo di sistemi meccanizzati in caso di carenza possa ottimizzare i profitti aziendali.

- *Servizi di consegna E2E (End-to-end)*

E2E è un modello di gestione del trasporto che include tutti gli step che fanno parte della gestione della merce: dalla ricezione delle materie prime alla consegna del prodotto finito nelle mani del cliente. Questo è il miglior metodo per affrontare il problema della carenza di container, la quale comporta ritardi nelle spedizioni e quindi conseguente shortage di materiale, come enunciato precedentemente (Toygar et al., 2022). Infatti, la fornitura di servizi end-to-end, piuttosto che solo da porto a porto, da parte delle compagnie marittime per tutti i processi contribuisce la capacità di gestire meglio le prenotazioni, eliminando così l'incertezza della domanda e mitigando il rischio di carenza di materiale derivante dai ritardi dei trasporti [17].

- *Negozi online*

La strategia dell'adozione di negozi online è sempre proposta da Tian e altri (2022), i quali sostengono che l'adozione di un modello di business orientato

all'e-commerce abbassi i prezzi finali dei beni e quindi contrasti l'inflazione, in quanto le imprese possono omettere l'affitto del negozio e parte delle spese di vendita e conduca anche ad una riduzione del rischio di esposizione al virus nel momento dell'acquisto.

- *Flessibilità*

In ultima analisi è opportuno sottolineare che tutte queste azioni precedentemente descritte vanno ad aumentare la flessibilità dell'intero sistema produttivo. Infatti, il maggior livello di flessibilità favorisce risposte tempestive e di rapido adattamento al verificarsi di eventuali interruzioni o di eventi dirompenti (Vinay et al., 2022). Inoltre, Caballini afferma che i sistemi di distribuzione e trasporto, i quali seguono modelli dinamici sono maggiormente capaci di rispondere in modo idoneo a qualsiasi perturbazione del sistema [17].

Di conseguenza si osserva come il grado di resilienza è direttamente proporzionale a quello di flessibilità, in quanto quest'ultima facilita risposte efficaci e tempestive ad avvenimenti anche imprevisti come l'attuale pandemia globale. Questo è affermato da Melnychuk e altri (2022), i quali sostengono, in seguito al loro studio, che i processi di assemblaggio dovrebbero essere progettati tenendo conto della flessibilità operativa per consentire maggiore resilienza al sistema in caso di carenza di materiale e facilitare una migliore reazione ai crescenti problemi della supply chain. Infatti, dimostrano che un modello operativo flessibile ha una reazione migliore in caso ad un blocco della supply chain in quanto i tempi aumenta solamente di 21 minuti invece di 174, poiché l'ordine dei processi di assemblaggio può essere modificato e di conseguenza il tempo che sarebbe stato di attesa può essere trasformato in tempo produttivo. Inoltre, evidenziano come un maggior livello di scorta, azione precedentemente analizzata, aumenti nettamente la flessibilità dell'intero sistema.

In conclusione, nonostante le azioni di mitigazione enunciate gli esperti si stanno ancora interrogando su quale strategia intraprendere per garantire la sopravvivenza delle catene di approvvigionamento e renderle resilienti, così da essere in grado di far fronte a nuove interruzioni che potrebbero verosimilmente ripresentarsi in futuro, in quanto lo scenario

globale è sempre più caratterizzato da volatilità, incertezza, complessità e ambiguità come enunciato precedentemente.

CAPITOLO 4: Conclusioni

Nel corso di quest'ultimo capitolo verranno discussi i benefici che il lavoro di classificazione della letteratura sullo shortage di materiale durante il COVID-19 apporta allo stato dell'arte della conoscenza sull'argomento. Successivamente, saranno analizzati i limiti del lavoro di tesi ed infine i passi futuri che la ricerca a riguardo del tema precedentemente citato dovrebbe affrontare.

4.1 Benefici del lavoro

In questa sezione sono illustrati i principali benefici che il lavoro di tesi ha portato alla letteratura scientifica.

Innanzitutto, il presente studio ha permesso di individuare i principali settori colpiti da shortage durante il COVID-19, le cause che hanno condotto o alimentato questo fattore, i conseguenti impatti ed infine le potenziali azioni di mitigazione. Questo obiettivo è stato raggiunto grazie all'analisi e alla classificazione della letteratura esistente.

Inizialmente è stata investigata l'imprevedibilità del sorgere della pandemia associandola al concetto di Black Swan, in seguito è stata studiata l'origine e le misure restrittive per limitare la diffusione. Inoltre, sono stati rilevati gli impatti finanziari e sociali susseguiti della diffusione del COVID-19, ponendo particolare attenzione sulle conseguenze a livello economico, le quali hanno condotto indirettamente ad una situazione di carenza, poiché hanno modificato le modalità di commercio rispetto all'epoca pre-Covid. In aggiunta, grazie alla letteratura esistente è stato possibile definire il vocabolo "shortage", evidenziare scenari passati e identificare il nesso con la pandemia.

Successivamente a questo primo inquadramento dello sfondo, per mezzo degli articoli si sono identificati i principali settori che direttamente o indirettamente hanno riscontrando il problema del disallineamento tra domanda ed offerta. I due mercati che hanno incontrato la maggiore criticità sono stati quello elettronico e quello sanitario, in quanto l'evento pandemico ha inaspettatamente aumentato la domanda.

In seguito, sono state evidenziate le principali cause collegate alla pandemia che hanno creato divario tra domanda ed offerta. È risultato che la variazione della richiesta da

parte dei consumatori è stato il fattore che maggiormente ha inflitto delle disruptions nelle catene di approvvigionamento mondiali. Infatti, quest'ultimo ha a catena alimentato ulteriori fenomeni, i quali hanno incrementato il livello di carenza del materiale.

Infine, è stato raggiunto il vero fine della ricerca, ovvero individuare gli impatti conseguenti dalla domanda insoddisfatta e le relative azioni di mitigazione. In prima analisi è stato rilevato in che misura lo shortage porti ad aumento della povertà, poiché è stato identificato un elevato tasso di inflazione e una chiusura di differenti impianti con conseguenti perdite di lavoro. Inoltre, è anche stato analizzato come l'insoddisfazione della domanda in ambito sanitario comporti un aumento dei decessi e dei contagi. In prosieguo è risultato dall'analisi che una maggiore flessibilità delle supply chains mondiali porti il sistema ad essere più resiliente. In particolare, tramite il riciclaggio, che sembra essere la misura più efficace, poiché porta alla creazione di un mercato secondario, il quale oltre a ridurre l'impatto ambientale conduce anche ad un incremento dell'offerta. Inoltre, è stato dimostrato in che modo un aumento della scorta e l'abbandono del modello Just In Time permettano di affrontare in maniera più elastica futuri scenari critici. Infine, è stato rilevato come le collaborazioni tra imprese e governi siano la contromisura più adatta per affrontare la carenza di materiali, in quanto permettono una condivisione delle scorte, che rende il sistema più elastico, e un abbattimento delle barriere imposte da scenari geopolitici ostili.

4.2 Limiti del lavoro

Nel presente paragrafo sono discussi i limiti dello studio dovuti alla semplificazione nella raccolta delle informazioni della letteratura esistente riguardo alle cause, agli impatti e alle azioni di mitigazione dello shortage di materiale.

In primo luogo, nel paragrafo 2.2 è stata omessa l'analisi del labour shortage, questo fattore rappresenta una causa fondamentale alla base della mancanza di materiale, poiché la diffusione del virus ha condotto ad una carenza di personale, per decesso o isolamento, presso i siti produttivi. Quest'ultima carenza ha a sua volta portato ad un'ulteriore riduzione della quantità di prodotti offerti. In secondo luogo, nel capitolo 2 e 3 non è stato specificatamente affrontato lo shortage di materiali come il legno e la plastica, ma l'attenzione è stata focalizzata principalmente sulle materie prime

necessarie per la produzione di componenti elettronici come le terre rare. Quindi, non sono stati identificati tutti i mercati che hanno incontrato disruptions sulle catene di approvvigionamento. In terzo luogo, sempre nel secondo e nel terzo capitolo non sono messe in luce le cause e gli impatti alla base dello shortage nel settore alimentare e in quello dei beni di prima necessità, poiché la letteratura scientifica ne risulta ancora scarsa.

In quarto luogo, non è stata evidenziata alcuna divergenza tra gli scenari di carenza, prima e dopo il primo lockdown, infatti la carenza di microchip per auto, la quale a sua volta ha portato ad una riduzione dell'offerta di autovetture, è avvenuta in un periodo differente rispetto a quella dei dispositivi di protezione individuale verificatasi durante la prima ondata (prima metà del 2020). Infatti, per semplificazione, nel seguente elaborato sono state considerate nulle le differenze di shortage tra le diverse ondate. Di conseguenza a quest'ultimo limite, nel primo capitolo, che delinea lo sfondo in cui si attua l'analisi, non è stata delineata alcuna distinzione tra i differenti periodi pandemici.

4.3 Spunti per il futuro

Nel presente paragrafo sono esposti i potenziali spunti per studi futuri, concentrandosi su come potrebbe essere proseguito il lavoro qui esposto, in modo da originare nuovi testi scientifici.

In prima analisi, integrare tutte le limitazioni descritte nel precedente paragrafo (4.2), in questo modo, probabilmente, si otterrebbe un'analisi più accurata. In seconda analisi, si potrebbero studiare in maniera più approfondita le cause indirette, le quali probabilmente permetterebbero una maggior comprensione degli impatti e delle azioni di mitigazione. In terza analisi, sarebbe interessante valutare come l'introduzione del vaccino abbia portato ad un allentamento delle contromisure e dunque ad una modifica della domanda e di conseguenza ad una variazione degli scenari di shortage. In quarta analisi, si potrebbe approfondire lo studio, confrontando le carenze di materiale che si sono rilevate nelle precedenti pandemie, ad esempio l'epidemia di SARS. Questo permetterebbe di ottenere una visione maggiormente completa e di identificare sia ulteriori fattori che hanno condotto alla carenza di materiale, che aggiuntive azioni di mitigazione del rischio. Infine, si potrebbe ampliare l'arco temporale e portarlo fino ad oggi, in modo da introdurre nell'analisi la guerra in Ucraina, un evento dirompente

dell'ultimo anno che ha ulteriormente alimentato lo shortage di materiale, colpendo altri settori, i quali a loro volta hanno intensificato il livello di carestia nei mercati analizzati nel seguente elaborato. Infatti, sarebbe interessante analizzare i settori colpiti da carenza a seguito di eventi, differenti dalla pandemia da COVID-19, ma di uguale portata, in quanto questo permetterebbe di ottenere una maggiore comprensione.

Bibliografia

Ahiakpor J.C.W., (2018), “Keynes, Mill, and Say’s Law: A Comment on Roy Grieve’s Mistaken Criticisms of Mill”, *Journal of the History of Economic Thought*, Vol. 40, pp. 267-273

Alonso, E., Sherman, A.M., Wallington, T.J., Roth, R. and Kirchain, R.E., (2012) “Evaluating rare earth element availability: A case with revolutionary demand from clean technologies”, *Environmental Science and Technology*, Vol. 46, pp. 3406-3414

Althaf, S. and Babbitt, C.W., (2021) “Disruption risks to material supply chains in the electronics sector”, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 167, No. 105248

Amankwah-Amoah, J., Khan, Z. and Wood, G., (2021), “COVID-19 and business failures: The paradoxes of experience, scale, and scope for theory and practice”, *European Management Journal*, Vol. 39, pp. 179-184

Aven, T., (2013), “On the meaning of a black swan in a risk context”, *Safety Science*, Vol. 57, pp. 44-51

Ben, J., Elliott, R.J.R. and Viet, N.T., (2020) “The EV revolution: The road ahead for critical raw materials demand”, *Applied Energy*, Vol. 280, No. 115072

Bou Sanayeh, E., El Chamieh, C., Saade, M.C., Maalouf, R.G. and Bizri, M., (2022), “Post-traumatic stress symptoms experienced by healthcare workers in Lebanon four months following Beirut’s ammonium nitrate explosion: a survey-based study”, *Archives of Public Health*, Vol. 80, No. 156

Bratianu, C., (2020), “Toward understanding the complexity of the COVID-19 crisis: a grounded theory approach”, *Management and Marketing*, Vol. 15, pp. 410-423

Chen, E., Goold, S., Harrison, S., Kent, S.S. and Shuman, A.G., (2021), “Drug shortage management: A qualitative assessment of a collaborative approach”, *PLoS ONE*, Vol. 16, No. 0243870

Cohen, J. and Rodgers, Y.V.D.M., (2020), “Contributing factors to personal protective equipment shortages during the COVID-19 pandemic”, *Preventive Medicine*, Vol. 141, No. 106263

Crowl, D.A. and Jo, Y.-D., (2007), “The hazards and risks of hydrogen”, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 20, pp. 158-164

De Koning, A., Kleijn, R., Huppel, G., Van Engelen, G. and Tukker, A., (2018), “Metal supply constraints for a low-carbon economy?”, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 129, pp. 202-208

Dey, B.K., Myrsing, E., Amin, R., Alam, F., Rahman, M., Gogoi, P. and Afroz, T., (2021), “A ripple effect of COVID-19 on shortage of medicinal products and its impact on patient care”, *International Journal of Applied Pharmaceutics*, Vol. 13, pp. 364-370

Domingo, J.L., (2022), “An updated review of the scientific literature on the origin of SARS-CoV-2”, *Environmental Research*, Vol. 215, No. 114131

Eggert, R., Wadia, C., Anderson, C., Meinert, L. and Taylor, P., (2016), “Rare Earths: Market Disruption, Innovation, and Global Supply Chains”, *Annual Review of Environment and Resources*, Vol. 41, pp. 199-222

Fernandez, S.D., Lucena, F.J.P. and Iglesias; M.F.R., (2019), “Feasibility study of the use of a hydrogen-based storage system as an alternative to battery storage of a standalone photovoltaic installation to supply a house’s electric demand”, *International Conference on Smart Energy Systems and Technologies*, No. 8849003

Fox, E.R., Birt, A., James, K.B., Kokko, H., Salverson, S. and Soflin, D.L., (2009), “ASHP guidelines on managing drug product shortages in hospitals and health systems”, *America Journal of Health-System Pharmacy*, Vol. 66, pp. 1399-1406

Fuller, G., McGuinness, K., Waite, G., Buchanan, I. and Lea, T., (2021), “The reactivated bike: Self-reported cycling activity during the 2020 COVID-19 pandemic in Australia”, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Vol. 10, No. 100377

Gaustad, G., Krystofik, M., Bustamante, M. and Badami, K., (2018), “Circular economy strategies for mitigating critical material supply issues”, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol.135, pp. 24-33

Gereffi, G., (2020), “What does the COVID-19 pandemic teach us about global value chains? The case of medical supplies”, *Journal of International Business Policy*, Vol. 3, pp. 287-301

- Grzelakowski, A.S., (2019), “The Covid 19 Pandemic – Challenges for Maritime Transport and Global Logistics Supply Chains”, *TransNav*, Vol. 16, pp. 71-78
- Habib, K. and Wenzel, H., (2014) “Exploring rare earths supply constraints for the emerging clean energy technologies and the role of recycling”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 84, pp. 348-359
- Hadi, A.G., Kadhom, M., Hairunisa, N. and Mohammed, S.A., (2020), “A Review on COVID-19: Origin, Spread, Symptoms, Treatment, and Prevention”, *Biointerface Research in Applied Chemistry*, Vol. 10, pp. 7234-7242
- Han, A., Ge, J. and Lei, Y., (2016), “Vertical vs. horizontal integration: Game analysis for the rare earth industrial integration in China”, *Resources Policy*, Vol. 50, pp. 149-159
- Han, M., (2015), “Influencing factors of the development of producer services under demand–supply framework”, *International Journal of Sustainable Development and Planning*, Vol. 10, pp. 120-127
- Hisham, A.B., and Bassam, A., (2021) “Global drug shortages due to COVID-19: Impact on patient care and mitigation strategies”, *Research in Social and Administrative Pharmacy*, Vol. 17, pp. 1946-1949
- Jairoun, A.A., Al-Hemyari, S.S. and Shahawan, M., (2021), “The pandemic of COVID-19 and its implications for the purity and authenticity of alcohol-based hand sanitizers: The health risks associated with falsified sanitizers and recommendations for regulatory and public health bodies”, *Research in social and Administrative Pharmacy*, Vol. 17, pp. 2050-2051
- Kim, S.-W., Seo, D.-H., Ma, X., Ceder, G. and Kang, K., (2012), “Electrode Materials for Rechargeable Sodium-Ion Batteries: Potential Alternatives to Current Lithium-Ion Batteries”, *Advanced Energy Materials*, Vol. 2, pp. 710-721
- Kleindorfer, P.R. and Saad, G.H., (2005), “Managing disruption risks in supply chains”, *Production and Operations Management*, Vol. 14, pp. 53-68
- Kasap, D. and Kaymak, M., (2007), “Risk Identification Step of the Project Risk Management”, *Portland International Conference on Management of Engineering and Technology*, No. 4349543, pp. 2116-2120

- Knobloch, V., Zimmermann, T. and Göbbling-Reisemann, S., (2018) “From criticality to vulnerability of resource supply: The case of the automobile industry”, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 138, pp. 272-282
- Kollmann, R., (2021), “Effects of Covid-19 on Euro area GDP and inflation: demand vs. supply disturbances”, *International Economics and Economic Policy*, Vol. 18, pp. 475-492
- Kouvelis, P., (2022), “Paradoxes and mysteries in virus-infected supply chain: Hidden bottlenecks, changing consumer behaviors, and other non-usual suspects”, *Business Horizons*, Vol. 65, pp. 469-479
- Kumar, P., Singh, S.S., Pandey A.K., Ram, K.S., Prashant K.S., Manoj K., Shantanu K.D., Uma, S., Rajiv, N., Susheel, K.S., Priyanshi, A., Akanksha, K., Meenu, R., Jayanta, K.B. and Martin, D., (2021), “multi-level impacts of the COVID-19 lockdown on agricultural systems in India: The case of Uttar Pradesh”, *Agricultural Systems*, Vol. 187, No. 103027
- Lee, J.C.K. and Wen, Z., (2017), “Rare Earths from Mines to Metals: Comparing Environmental Impacts from China's Main Production Pathways”, *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 21, pp. 1277-1290
- Liu, B., Zhang, Q., Liu J., Tang, Y. and Li, Y., (2022), “The impacts of critical metal shortage on China’s electric vehicle industry development and countermeasure policies”, *Energy*, Vol. 248, No. 123646
- Luo, W., Wang, J., Wang C., and Li, Z., (2021), “Redesign of Glasses Customization Service Process Based on Analysis of Influencing Factors in Customer Purchase Decision-making Process”, *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, pp. 1164-1168
- Melnychuk, O., Rachner, J., Kaven, L., Schmitt, R.H. and Tolio, T., (2022), “Evaluation of Material Shortage Effect on Assembly Systems Considering Flexibility Levels”, *Procedia CIRP*, Vol. 107, pp. 966-971
- Migalska, A. and Pawlus, W., (2020), “Supply Chain Optimization to Mitigate Electronic Components Shortage in Manufacturing of Telecommunications Network Equipment”, *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, No. 152216, pp. 474-479

- Miller F.A., Young S.B., Dobrow M., Shojania K.G. (2021), “Vulnerability of the medical product supply chain: The wake-up call of COVID-19.”, *BMJ Quality and Safety*, Vol. 30, pp. 331-335
- Muralidharan, N., Self, E.C., Dixit, M., Nanda, J. and Belharouak, I., (2022), "Next-Generation Cobalt-Free Cathodes – A Prospective Solution to the Battery Industry's Cobalt Problem”, *Advanced Energy Materials*, Vol. 12, No. 2103050
- Neil, R. and John, G.L., (2020) “Challenges and solutions for addressing critical shortage of supply chain for personal and protective equipment (PPE) arising from Coronavirus disease (COVID19) pandemic – Case study from the Republic of Ireland”, *Science of The Total Environment*, Vol. 725, No. 138532
- Nobre, G.C. and Tavares, E., (2021), “The quest for a circular economy final definition: A scientific perspective”, *Journal of Cleaner Production*, Vol.314, No. 127973
- Packey, D. and Kingsnorth, D., (2016), “The impact of unregulated ionic clay rare earth mining in China”, *Resources Policy*, Vol. 48, pp. 112-116
- Park, C.Y., Kim, K., Roth, S., Beck, S., Kang, J.W., Tayag M.C. and Griffin M., (2020) “Global Shortage of Personal Protective Equipment amid COVID-19: Supply Chains, Bottlenecks, and Policy Implications” *Asian Development Bank*, No. 130
- Petrosillo, N., Viceconte, G., Ergonul, O., Ippolito, G. and Petersen, E., (2020), “COVID-19, SARS and MERS: are they closely related?”, *Clinical Microbiology and Infection*, Vol. 26, pp. 729-734
- Priambodo, I.T., Sasmoko, S., Abdinagoro, S.B. and Bandur, A., (2021), “E-Commerce Readiness of Creative Industry During the COVID-19 Pandemic in Indonesia”, *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, Vol. 8, pp. 865-873
- Priya, S.S., Cuce, E. and Sudhakar, K., (2021), “A perspective of COVID 19 impact on global economy, energy and environment”, *International Journal of Sustainable Engineering*, Vol. 14, pp. 1290-1305
- Rahman, M.M., Yap, Y.H., Ramli, N.R., Dullah, M.A. and Shamsuddin, M.S.W., (2017), “Causes of shortage and delay in material supply: A preliminary study”, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 271, No. 012037

- Richa, K., Babbitt, C.W., Gaustad, G. and Wang, X., (2014), “A future perspective on lithium-ion battery waste flows from electric vehicles”, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 83, pp. 63-67
- Rubio-Romero, J.C., Pardo-Ferreira, M.D.C., Torrecilla-Garcia, J.A. and Calero-Castro, S., (2020), “Disposable masks: Disinfection and sterilization for reuse, and non-certified manufacturing, in the face of shortages during the COVID-19 pandemic”, *Safety Science*, Vol. 129, No. 104830
- Sarkar, B.D., Shankar, R. and Kar, A.K., (2022), “Port logistic issues and challenges in the Industry 4.0 era for emerging economies: an India perspective”, *Benchmarking*
- Sarkis, J., Cohen, M.L., Dewick, P. and Schröder, P., (2020) “A brave new world: Lessons from the COVID-19 pandemic for transitioning to sustainable supply and production”, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 159, No. 104894
- Sharma A., Gupta P. and Jha R., (2020), “COVID-19: Impact on Health Supply Chain and Lessons to Be Learnt”, *Journal of Health Management*, Vol. 22, pp. 248-261
- Sharma, N., Hasan, Z., Velayudhan, A., Mangal, D.K. and Gupta, S.D., (2020), “Personal Protective Equipment: Challenges and Strategies to Combat COVID-19 in India: A Narrative Review”, *Journal of Health Management*, Vol. 22, pp. 157-168
- Smith, M.S. and Pesce, M., (2021), “Gizmo: Macro Micro”, *IEEE Spectrum*, Vol. 58, pp. 20-21
- Stenina, I.A. and Yaroslavtsev, A.B., (2017), “Nanomaterials for lithium-ion batteries and hydrogen energy”, *Pure and Applied Chemistry*, Vol. 89, pp. 1185-1194
- Tan, L., Wu, X., Guo, J. and Santibanez-Gonzalez, E.D.R., (2022), “Assessing the Impacts of COVID-19 on the Industrial Sectors and Economy of China”, *Risk Analysis*, Vol. 42, pp. 21-39
- Tian, X., Yang, L., Huagn, Y. and Fang, Y., (2022) “Research on Supply Chain Shortage of Electronic Technology Companies under the Pandemic Situation: A Case Study of Apple Inc. and Xiaomi Inc.”, *ACM International Conference Proceeding Series*, pp. 605-610

To, K.K.-W., Sridhar, S., Chiu, K.H.-Y., Cheng, V.C.-C. and Yuen, K.-Y., (2021), “Lessons learned 1 year after SARS-CoV-2 emergence leading to COVID-19 pandemic”, *Emerging Microbes and Infections*, Vol. 10, pp. 507-535

Toygar, A., Yildirim, U. and Inegöl, G.M., (2022), “Investigation of empty container shortage based on SWARA-ARAS methods in the COVID-19 era”, *European Transport Research Review*, Vol. 14, No. 8

Türkeş, M.C., Stăncioiu, A.F., Băltescu, C.A. and Marinescu, R.-C., (2021), “Resilience innovations and the use of food order & delivery platforms by the romanian restaurants during the covid-19 pandemic”, *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, Vol. 16, pp. 3218-3247

Valero, A., Valero, A., Calvo, G. and Ortengo, A., (2018) “Material bottlenecks in the future development of green technologies”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 98, pp. 178-200

Vinay, R., Debabrata, G., and ManMohan, S., (2022), “Understanding systemic disruption from the Covid-19-induced semiconductor shortage for the auto-industry”, *Omega*, Vol. 113, No. 102720

Wang, M.W., Zhou, M.Y., Ji, G.H., Feng, Z.H. and Chen, J., (2020) “Mask crisis during the COVID-19 outbreak”, *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, Vol. 24, pp. 3397-3399

Wenyi, Y., Hongbin, C., Yi, Z., Pengge, N., Qingbin, S., Jianxin, Y. and Zhi, S. (2020), “Rethinking Chinese supply resilience of critical metals in lithium-ion batteries”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 256, No. 120719

Wu, X., Zhang, C. and Du, W., (2021) “An Analysis on the Crisis of "chips shortage" in Automobile Industry Based on the Double Influence of COVID-19 and Trade Friction”, *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1971, No. 12100

Wübbecke, J., (2013), “Rare earth elements in China: Policies and narratives of reinventing an industry”, *Resources Policy*, Vol. 38, pp. 384-394

Zhu, G., Chou, M.C. and Tsai, C.W., (2020), “Lessons Learned from the COVID-19 pandemic exposing the shortcomings of current supply chain operations: A long-term prescriptive offering”, *Sustainability*, Vol. 12, No. 585

Sitografia

- [1]<https://www.cesi-italia.org/it/articoli/la-dimensione-geopolitica-della-corsa-alle-terre-rare>
- [2]<https://www.economyup.it/innovazione/microchip-perche-e-esploso-il-chip-shortage-e-quale-impatto-in-europa/>
- [3]<https://it.euronews.com/2021/01/12/record-di-vendite-per-i-pc-mai-cosi-tante-in-10-anni-effetto-covid-19>
- [4]<https://www.canalys.com/newsroom/canalys-global-pc-market-Q4-2020>
- [5]<https://iea.blob.core.windows.net/assets/ad8fb04c-4f75-42fc-973a-6e54c8a4449a/GlobalElectricVehicleOutlook2022.pdf>
- [6]<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-electric-car-stock-2010-2021>
- [7]<https://www.wired.it/article/chip-2-nanometri-taiwan-tsmc-cina/#:~:text=Ma%20Tsmc%20%C3%A8%20gi%C3%A0%20ampiamente,dal%20primo%20trimestre%2>
- [8]https://www.cdp.it/resources/cms/documents/CDP-Brief_Cosa-succede-alle-materie-prime.pdf
- [9]<https://www.questionecivile.it/2021/08/14/just-in-time-modello-tempi-covid-19/>
- [10]<https://www.multimac.it/journal-detail.php/news=logistica-post-covid-da-just-in-time-a-just-in-case-con-visibilita-in-tempo-reale-resa-possibile-da-iiot-e-ai>
- [11]<https://tinyurl.com/yex89cuy>
- [12]<https://www.wired.it/article/chip-asml-tensioni-cina-stati-uniti-euv/>
- [13]<https://www.asml.com/en/products>
- [14]<https://tinyurl.com/yazdahmq>
- [15]https://www.cdp.it/resources/cms/documents/CDP-Brief_Cosa-succede-alle-materie-prime.pdf
- [16]<https://unrae.it/pubblicazioni/pocket-mercato/5671/unrae-pocket-12-mesi-2021>

- [17]<https://iris.polito.it/retrieve/e384c432-7eff-d4b2-e053-9f05fe0a1d67/Logistica%20COVID%20Lug%20LogManag%202020%2062-70%20Agostino%20Caballini%20BdC.pdf>
- [18]<https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-04-11/477-bulk-ships-wait-off-east-china-s-ports-amid-virus-lockdowns>
- [19]https://www.ecb.europa.eu/pub/economic-bulletin/focus/2022/html/ecb.ebbox202108_01~e8ceebe51f.en.html
- [20]<https://www.accenture.com/us-en/blogs/business-functions-blog/resiliency-the-remedy-for-global-supply-chain-disruption>
- [21]https://www.sea-intelligence.com/images/press_docs/ss512/20210504_-_Sea-Intelligence_Sunday_Spotlight_512_Press_Release.pdf
- [22]<https://www.washingtonpost.com/technology/2021/03/01/semiconductor-shortage-halts-auto-factories/>
- [23]<https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2019/05/2019-SIA-Factbook-FINAL.pdf>
- [24]<https://pharmacyscanner.it/iqvia-la-sindrome-da-coronavirus-fa-volare-le-vendite-di-mascherine-e-igienizzanti-ma-i-prezzi-restano-stabili/>
- [25]<https://www.ecoage.it/equilibrio-mercato.htm>
- [26]<https://www.eahp.eu/practice-and-policy/medicines-shortages/2014-medicines-shortage-survey>
- [27]<https://www.aifa.gov.it/monitoraggio-uso-farmaci-durante-epidemia-covid-19>
- [28]<https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview?gclid=CjwKCAjwkaSaBhA4EiwALBgQaPimYboYkVkWw>
- [29]<https://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circolare-definizione-importanza-e-vantaggi>
- [30]<https://erion.it/it/news/studio-ambrosetti-erion-e-allarme-per-il-mancato-recupero-delle-materie-prime-critiche-a-rischio-564-miliardi-di-euro-della-produzione-industriale-italiana/>

- [31]<https://www.britannica.com/science/rare-earth-element/Minerals-and-ores>
- [32]https://www.repubblica.it/tecnologia/2022/08/03/news/perche_taiwan_e_la_chiave_del_risiko_mondiale_dei_chip-360282719/
- [33]<https://www.agendadigitale.eu/infrastrutture/chips-act-cosa-e-e-cosa-prevede/>
- [34]https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-chips-act_en
- [35]<https://www.everyeye.it/notizie/sony-aumenta-produzione-ps4fronte-scarso-disponibilita-ps5-563394.html>
- [36]<https://www.cdp.it/resources/cms/documents/Settore%20Automotive%20e%20Covid%2019.pdf>
- [37]<https://www.wsj.com/articles/car-chip-shortage-ford-vw-gm-11613152294>
- [38]<https://www.businessinsider.in/thelife/news/here-are-some-of-the-car-models-most-likely-to-be-in-shorter-supply-due-to-the-global-chip-shortage/articleshow/80911721.cms>
- [39]<https://www.businessinsider.in/thelife/news/here-are-some-of-the-car-models-most-likely-to-be-in-shorter-supply-due-to-the-global-chip-shortage/articleshow/80911721.cms>
- [40]<https://www.ilsole24ore.com/art/boom-mercato-auto-usate-i-prezzi-sono-rialzo-33percento-AErKIHxB>
- [41]<https://www.fleetmagazine.com/chip-shortage-soluzione-societa-di-noleggio/>
- [42]https://www.ecb.europa.eu/ecb/educational/explainers/tell-me-more/html/what_is_inflation.it.html#:~:text=Si%20ha%20inflazione%20quando%20si, valore%20della%20moneta%20nel%20tempo
- [43]<https://www.uschamber.com/economy/econ-101-inflation-is-caused-by-supply-and-demand>
- [44]<https://www.reuters.com/business/autos-transportation/some-us-car-shoppers-are-paying-5000-over-vehicles-retail-price-cox-automotive-2021-05-12/>

- [45]<https://www.barrons.com/articles/elon-musk-blames-tesla-price-hikes-on-a-critical-parts-shortage-will-his-fix-work-51622562909>
- [46]<https://www.ilgiornale.it/news/economia/boom-dei-prezzi-delle-automobili-usate-oltre-30-pi-2064049.html>
- [47]<https://www.assolombarda.it/desk-russia-ucraina/analisi/15-06-2022-materie-prime-verso-un-nuovo-scenario-di-prezzi-elevati-e-crescente-volatilit>
- [48]<https://unctad.org/news/shipping-during-covid-19-why-container-freight-rates-have-surged>
- [49]<https://ciscoconsultant.it/2022/03/17/unctad-prevede-un-aumento-delle-tariffe-dei-servizi-di-trasporto/>
- [50]<https://www.ilfattoquotidiano.it/2022/03/15/linflazione-sale-i-salari-no-chi-lavora-non-puo-essere-umiliato-cosi/6523231/>
- [51]<https://www.consilium.europa.eu/it/policies/climate-change/paris-agreement/>
- [52]<https://www.milanofinanza.it/news/auto-con-la-carezza-di-semiconduttori-rischiano-di-andare-in-fumo-altri-47-miliardi-di-euro-nel-2022-202209201531004790>
- [53]<https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2021-02-21/the-chip-crisis-a-new-fab-to-make-what-cars-need-will-cost-4-billion?leadSource=verify%20wall>
- [54][https://ordinesicurezza.com/index.php?option=com_content&view=article&id=168&Itemid=1092#:~:text=Il%20Risk%20Management%20o%20processo,Vocabolario\).&text=Misura%20l'esposizione%20di%20un'organizzazione%20all'incertezza](https://ordinesicurezza.com/index.php?option=com_content&view=article&id=168&Itemid=1092#:~:text=Il%20Risk%20Management%20o%20processo,Vocabolario).&text=Misura%20l'esposizione%20di%20un'organizzazione%20all'incertezza)
- [55]<https://www.stellantis.com/it/tecnologie/tecnologia-a-celle-a-combustibile-a-idrogeno>
- [56]<https://cordis.europa.eu/article/id/116464-critical-raw-materials-substitution-in-permanent-magnets/it>
- [57]<https://www.ilsole24ore.com/art/da-miroglio-menarini-fabbriche-che-si-riconvertono-contro-coronavirus-ADLIFdD>
- [58]<https://en.byd.com/news/byd-opens-worlds-largest-face-mask-manufacturing-plant/>

- [59]<https://www.adb.org/publications/shortage-ppe-covid-19-supply-chains-bottlenecks-policy>
- [60]<https://www.barrons.com/articles/how-to-prepare-supply-chain-for-the-next-global-shock-51617887181>
- [61]<https://www.thetimes.co.uk/article/ford-and-mercedes-join-traffic-jam-caused-by-microchip-shortages-jtpjspnxw>
- [62]<https://www.barrons.com/articles/volvo-crushed-earnings-the-truck-maker-can-shrug-off-the-chip-shortage-51619096997>
- [63]<https://www.money.it/Coronavirus-Obama-aveva-previsto-pandemia-nel-2014>
- [64]<https://www.ilfattoquotidiano.it/2020/05/12/coronavirus-i-profeti-che-avevano-previsto-la-pandemia-virale/5798993/>
- [65]<https://www.salute.gov.it/portale/nuovocoronavirus/dettaglioContenutiNuovoCoronavirus.jsp?area=nuovoCoronavirus&id=5338&lingua=italiano&menu=vuoto>
- [66]<https://ale-conomista.it/la-teoria-del-cigno-nero-in-economia-e-perche-il-covid-19-non-e-uno-di-questi/>
- [67]<https://www.epicentro.iss.it/ebola/epidemia-africa-2014>
- [68]<https://www.agi.it/economia/news/2020-03-05/coronavirus-taleb-cigno-nero-7335767/>
- [69]https://www.researchgate.net/publication/351619141_The_Black_Swan_911_Attacks_its_Background_perspectives_and_impacts_on_Humanity/link/60a1756d92851cfd33b38b2/download
- [70][https://www.fondazioneveronesi.it/magazine/tools-della-salute/glossario/spillover-salto-di-specie#:~:text=Eventi%20personalizzati-.Il%20salto%20di%20specie%20\(in%20inglese%20spillover\)%20%C3%A8%20un%20processo,un%20cambiamento%20nei%20loro%20geni](https://www.fondazioneveronesi.it/magazine/tools-della-salute/glossario/spillover-salto-di-specie#:~:text=Eventi%20personalizzati-.Il%20salto%20di%20specie%20(in%20inglese%20spillover)%20%C3%A8%20un%20processo,un%20cambiamento%20nei%20loro%20geni)
- [71]<https://www.epicentro.iss.it/focus/sars/sars>
- [72]https://www.ansa.it/sito/notizie/politica/2020/03/20/coronavirus_6156a94c-f8aa-48df-9f26-973f00005b8a.html

- [73]https://www.quotidianosanita.it/scienza-e-farmaci/articolo.php?approfondimento_id=14547
- [74]<https://covid19.who.int/>
- [75]<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/symptoms-testing/symptoms.html>
- [76]<https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted>
- [77]<https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/flattening-the-covid-19-peak-containment-and-mitigation-policies-e96a4226/>
- [78]<https://www.weforum.org/agenda/2021/12/stakeholder-capitalism-episode-1-a-brief-history-of-gdp/#:~:text=A%20few%20years%20later%2C%20Kuznets,US%20Downed%20facilitie s%20abroad>
- [79]<https://www.bancaditalia.it/pubblicazioni/relazione-annuale/2020/sintesi/index.html>
- [80]<https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0037712>
- [81]https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Coronavirus_lockdown_leading_to_drop_in_pollution_across_Europe?fbclid=IwAR3-IEwAMq0mP6nVgOTMFsLGnRGhv7rJnf8tzmiaJKiRhGMS5yKno51-bnM
- [82]<https://unctad.org/webflyer/covid-19-and-e-commerce-global-review>
- [83]<https://www.consozionetcomm.it/download/european-e-commerce-report-2022/>
- [84]<https://insights.gfk.com/it-it/it-it/it-it/covid-19-insight-sulla-spesa-largo-consumo-degli-italiani>
- [85]<https://www.iriworldwide.com/it-it/insights/publications/e-commerce-nel-largo-consumo-ad-un-anno-dal-big-bang>
- [86]<https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/e-commerce-in-the-time-of-covid-19-3a2b78e8/>
- [87]https://www.tgcom24.mediaset.it/economia/zara-chiude-1200-negozi-nel-mondo-e-punta-sull-e-commerce_21594903-202002a.shtml

- [88]<https://www.unwto.org/impact-assessment-of-the-covid-19-outbreak-on-international-tourism#:~:text=Consequently%2C%20the%20total%20loss%20in,in%20both%202020%20and%202021>
- [89]<https://www.universofood.net/2022/02/03/ristorazione-ha-perso-2020-2021/>
- [90]<https://www.exportplanning.com/it/magazine/article/2020/12/09/covid-19-e-comportamenti-di-acquisto-i-segnali-dal-commercio-internazionale/>
- [91]<https://www.milanofinanza.it/news/biciclette-italia-primoprodotto-europeo-1-6-miliardi-di-fatturato202206031416379524#:~:text=Secondo%20un'analisi%20di%20Banca,appunto%20gli%201%2C6%20miliardi>
- [92]<https://dictionary.cambridge.org/it/dizionario/inglese/shortage>
- [93]https://www.treccani.it/enciclopedia/la-crisi-petroliera_%28Storia-della-civilt%C3%A0-europea-a-cura-di-Umberto-Eco%29/
- [94]<https://www.cti-fwd.com/navi-troppo-grandi/>
- [95]<https://www.wired.it/economia/business/2021/03/25/canale-suez-blocco-nave-incagliata-conseguenze/>
- [96]<https://www.cnn.com/2021/03/25/suez-canal-blockage-is-delaying-an-estimated-400-million-an-hour-in-goods.html>
- [97][https://www.eazystock.com/uk/blog-uk/demand-forecasting-challenges-how-to-deal-with-fluctuating-demand/#:~:text=Consequences%20of%20poor%20demand%20forecasting,-Accurate%20demand%20forecasts&text=Possible%20implications%20from%20poor%20demand,availability%20\(service%20level\)%20targets](https://www.eazystock.com/uk/blog-uk/demand-forecasting-challenges-how-to-deal-with-fluctuating-demand/#:~:text=Consequences%20of%20poor%20demand%20forecasting,-Accurate%20demand%20forecasts&text=Possible%20implications%20from%20poor%20demand,availability%20(service%20level)%20targets)
- [98]https://www.repubblica.it/economia/2019/11/27/news/la_grande_corsa_ai_biscotti_alla_nutella_venduti_gia_57_milioni-241998258/

Ringraziamenti

“*Nobody queues for a flat roller coaster*”, questa frase e le stupende persone che ho avuto l’onore di incontrare mi hanno dato la forza di raggiungere questo traguardo. Infatti, mai come oggi mi sento in dovere di ringraziarle una ad una.

Ringrazio la Professoressa Anna C. Cagliano per avermi aiutata e supportata con preziosi consigli nella stesura di questo elaborato. Le sarò sempre riconoscente.

Ringrazio tutti i miei compagni di corso che ho incontrato lungo questo percorso e con cui ho condiviso momenti indimenticabili. In particolare, le *Totally Spies* colleghe di “drammatici” progetti, ma anche di felici risate e pettegolezzi. Ringrazio Celine per aver sopportato le mie interminabili chiamate telefoniche piene di lamentele sul Poli e sulla vita e Silvia per avermi “tranquillizzata” quando la mia ansia era esagerata. A loro sarò sempre grata per questi momenti indelebili.

Ringrazio Villa San Giuseppe per avermi fatto sentire a casa e insegnato che per essere una famiglia non sempre sono indispensabili legami di sangue. Ringrazio Chicco per essere stato il mio fratello maggiore acquisito, Margy, con cui ho condiviso ogni momento all’interno della Villa, per le tisane “porta consiglio”, Marta che con la sua dolcezza e la sua semplicità mi ha sempre rallegrato le giornate. Ringrazio tutti voi della Villa Andrea, Alex, Elena, Elisa, Gesù, Giovanni, Ioan, Matteo, Ottaviano, Pelu e Sortino che siete qui e con cui ho condiviso momenti che custodirò per sempre nel mio cuore.

Ringrazio l’oratorio di Roccabruna: Cech, Davide, Elisa, Francé, Ivan, Jessica, Michela, Tommaso e Vanessa per aver reso indimenticabile l’estate del 2020 riempiendola di felicità e spensieratezza. Ringrazio Letizia compagna del liceo, grazie alla quale ho imparato che l’amicizia può ricominciare anche dopo essersi persi. Ringrazio le mie storiche amiche “*Le legine*” Elisa, Federica e Magali per avermi insegnato che l’unità di misura per calibrare la solidità dei rapporti umani è la qualità del tempo, non la quantità.

Ringrazio Anna e Fabrizio per avermi ospitata e accolta in casa come una figlia. Ringrazio Noemi “di Matteo”, che nonostante la conosca da poco la sento già molto vicina.

Ringrazio zii e cugini che mi sono sempre stati accanto accompagnandomi nella crescita. In particolare, ringrazio Madry per essermi silenziosamente vicina in ogni momento, Noemi con cui ho condiviso tutta l'infanzia e con cui sono cresciuta insieme.

Ringrazio Edo per avermi mostrato il suo lato dolce e aver reso tutto più semplice. Grazie per essere sempre al mio fianco e aiutarmi a togliere quegli enormi ammassi di pietra che la vita mi pone davanti, trasformandoli in piccoli sassolini.

Ringrazio i nonni per avermi cresciuta e coccolata, nonna Miranda per la sua inesauribile dolcezza e nonno Oreste che oggi sarebbe immensamente orgoglioso della sua nipotina.

Ringrazio mio fratello Matteo per essere la mia roccia, il mio braccio destro. Grazie per esserci sempre e non farmi sentire mai sola.

Ringrazio i miei genitori a cui devo tutto. Grazie per avermi mostrato che le cadute sono fatte per imparare ad alzarsi insieme, che le cose più belle sono nella quotidianità e che dalle grandi sfide si esce vincitori solo con fedeltà, passione e amore. Ve ne sarò per sempre grata.

