



**Citation:** Adele Bianco (2021) Rifiuti informatici, inquinamento digitale. Il lato insostenibile della 4a rivoluzione industriale. *Società Mutamento Politica* 12(24): 183-192. doi: 10.36253/smp-13236

**Copyright:** © 2021 Adele Bianco. This is an open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (<http://www.fupress.com/smp>) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

**Data Availability Statement:** All relevant data are within the paper and its Supporting Information files.

**Competing Interests:** The Author(s) declare(s) no conflict of interest.

Passim

## Rifiuti informatici, inquinamento digitale. Il lato insostenibile della 4<sup>a</sup> rivoluzione industriale

ADELE BIANCO

**Abstract.** This paper is devoted to the electronic waste and the digital pollution topic. Firstly, concerning the e-waste, we are going to see its origin, the directions of its disposal, and if there is any possibility of recovery. Secondly, we are going to see the digital pollution. The data exchanged in internet leave a footprint not only in terms of Big Data but also in terms of the CO<sub>2</sub> emissions. Millions of physical servers in data centers around the world, are connected with miles of undersea cables, and with switches and routers. All of them require a lot of energy to run. Finally, we will examine what measures governments can promote to manage the digital and ecological transitions. The challenge is to implement the digitalization process in the sense of sustainability according to the EU economic and social policies.

**Keywords.** (Electronic)E-waste, digital pollution, sustainability, technological innovation, fourth industrial revolution.

---

### INTRODUZIONE

Il XXI secolo sembra caratterizzato dall'affermarsi di una nuova generazione di tecnologie in grado di far fronte ai cambiamenti attesi per i prossimi decenni e di garantire la sostenibilità<sup>1</sup>. Accanto a queste potenzialità non mancano però i problemi. La consapevolezza circa la sostenibilità della rivoluzione digitale che stiamo vivendo deve ancora radicarsi nella pubblica opinione, nella classe dirigente e negli amministratori pubblici, analogamente a quanto ormai è diffuso in merito ai cambiamenti climatici.

In questo contributo esamineremo dapprima l'inquinamento dovuto alla dismissione degli hardware, ossia le modalità di produzione dei rifiuti informatici (o meglio elettrici ed elettronici), le direzioni e i tratti del loro smaltimento e le eventuali potenzialità di recupero. Quindi tratteremo l'inquinamento digitale. I dati scambiati in rete, infatti, lasciano una traccia non solo in termini di Big Data ma anche sotto il profilo dell'emissione di CO<sub>2</sub>. L'attrezzatura – i grandi server, i cavi sottomarini – che ci consente di naviga-

---

<sup>1</sup> Buone sono le intenzioni dal punto di vista ambientale, lavorativo ed economico: «ICT-enabled solutions offer the potential to reduce GHG emissions by 16.5%, create 29.5 million jobs and yield USD 1.9 trillion in savings», GeSI SMARTer, 2020, p. 9.

re in Internet è energivora, sicché le tracce informatiche non sono solo virtuali. Per entrambi questi aspetti, l'informatica è una delle fonti di inquinamento sempre più importanti e sempre più globale (Hashmi, Varma 2019).

Infine, esamineremo quali misure e quali interventi possono intraprendere i governi, per gestire le transizioni digitale ed ecologica (Vallero 2019b). Si tratta di garantire quel salto qualitativo che la digitalizzazione promette in direzione della sostenibilità e che funge da stella polare delle politiche economiche e sociali dell'Unione europea (ASVIS 2019; [https://ec.europa.eu/international-partnerships/sustainable-development-goals\\_en](https://ec.europa.eu/international-partnerships/sustainable-development-goals_en)).

#### IL DIGITALE E L'AMBIENTE: DALLA SOLUZIONE AL PROBLEMA

Prima di approfondire la questione legata alla dismissione dei *devices* come fonte di inquinamento, è opportuno ricordare che le tecnologie digitali – robotica, Internet delle cose, *cloud computing*, intelligenza artificiale e *data analytics* – iniziano a essere utilizzate nella raccolta, selezione e differenziazione, smistamento e trattamento dei rifiuti ordinari.

Attualmente il settore della gestione dei rifiuti ordinari è un campo di intervento in crescita<sup>2</sup>. È sempre più specializzato e professionalizzato – tanto che oggi si parla di *Waste Management* (Vallero 2019c) – e adotta soluzioni sofisticate e all'avanguardia anche sotto il profilo tecnico. Una gestione tecnologicamente avanzata dei rifiuti permette di ridurre l'impatto sull'ambiente, trattare in maniera razionale la massa crescente dei rifiuti che produciamo (Vallero 2019a), oltre che rappresentare un vantaggio economico per le aziende rendendo la loro attività più efficiente (Berg *et al.* 2020, pp. 40 e ss.).

L'impiego delle tecnologie più avanzate fa sì che i rifiuti non diventino un fattore critico di minaccia per l'ecosistema; essi anzi possono essere considerati un valore, recuperando le loro componenti da riciclare, alimentando e incoraggiando la c.d. economia circolare

<sup>2</sup> Benché Vallero e Shulman riportino solo i dati riferiti agli Stati Uniti e raccolti dall'U.S. Environmental Protection Agency, Municipal Solid Waste (<https://archive.epa.gov/epawaste/nonhaz/municipal/web/html/>), questi sono interessanti perché indicano la tendenza del mondo occidentale e sottolineano la connessione tra sviluppo economico e crescita della produzione dei rifiuti. «In 2012 US residents, businesses, and institutions generated about 230x106 t, where t refers to metric tonne (254 million US tons) of trash and recycled and composted about 79x106 t (87 million US tons) of this material, equivalent to a 34.3% recycling rate. On average, we recycled and composted 0.68 kg (1.51 pounds) of our individual waste generation of 2.0 kg per person per day (4.40 pounds per person per day). [...] MSW generation rates continued to rise in the 20<sup>th</sup> century, before levelling off at the beginning of this century» (Id. 2019, p. 11).

(WEF 2019; Letcher, Vallero 2019; Padilla-Rivera *et al.* 2020).

Quanto alla digitalizzazione impiegata con profitto nell'ambito della gestione dei rifiuti ordinari, Berg *et al.* (2020) ne illustrano i tre ambiti: comunicazione, raccolta e automazione dei processi interni. Innanzi tutto, grazie a portali e app, lo scambio di informazioni tra amministrazione e cittadini è più diretto e immediato e in grado di fornire un servizio più puntuale. Inoltre, grazie alla digitalizzazione si può razionalizzare e migliorare il processo di raccolta dei rifiuti. La documentazione che l'accompagna può essere automatizzata; il processo di raccolta può avvalersi di sensori disposti sui veicoli per identificarli, tracciarne il percorso, pianificarne il lavoro in maniera razionale monitorandolo<sup>3</sup>. Altre tecnologie come i droni possono svolgere attività di vigilanza e controllo. Hofman (2018, pp. 20-21) illustra come la robotica viene utilizzata nel trattamento e nello stoccaggio dei rifiuti più complessi e pericolosi.

Un secondo aspetto è rappresentato dalla convinzione che per contrastare la crisi ecologica, le nuove tecnologie, e segnatamente quelle digitali e della comunicazione, possano contribuire a ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> che sono alla base del meccanismo che innesca il riscaldamento globale. In effetti, soluzioni da remoto come il telelavoro – oggi meglio noto per la sua evoluzione: lo *smartworking* – hanno una serie di risvolti positivi in termini, ad es., di riduzione del traffico cittadino di autoveicoli e di conseguenti emissioni di gas di scarico. Durante la pandemia di COVID-19, le misure di confinamento hanno segnato un vantaggio, ancorché parziale, riguardo il contenimento dell'inquinamento atmosferico (Gualtieri *et al.* 2020).

Tuttavia, l'innovazione tecnologica, e in particolare quella digitale, produce a sua volta rifiuti e inquinamento. La questione in realtà non è nuova ed è all'attenzione degli esperti da più di un decennio (Robinson 2009; Al-Khoury 2013), anche se il tema è poco presente nel dibattito pubblico.

Il primo tipo di "esternalità negative" dello sviluppo tecnologico e digitale è rappresentato dai rifiuti fisici, la cui mole è in crescita. Essi sono dovuti alla dismissione per obsolescenza dei *devices*, alla sostituzione di computer, smartphone e cellulari, nonché alla rottamazione di elettrodomestici. Le modalità di smaltimento di que-

<sup>3</sup> Qualcosa del genere è già in atto in Germania – paese da sempre pioniere nell'ambito "verde" sia sotto il profilo politico-culturale sia dal punto di vista tecnico – come attesta l'esperienza promossa dall'Ente federale per la gestione dei rifiuti, la fornitura di beni e servizi primari (energia, acqua) e dall'Associazione delle imprese municipali (BDE, VKU 2016).

sto tipo di rifiuti, come vedremo più avanti, assumono rilevanza perché troppo spesso avvengono in condizioni non sostenibili.

In secondo luogo, sebbene le nuove tecnologie sembrino sostenibili e dunque ritenute la soluzione per risolvere il problema dell'inquinamento, in realtà, proprio la loro espansione, e in particolare quella di Internet, costituisce un problema. La loro diffusione infatti è fonte di inquinamento ambientale. I potenti server che gestiscono il traffico delle nostre comunicazioni on line richiedono molta energia per processare la mole di dati che ci scambiamo quotidianamente e producono così inquinamento per l'emissione di CO<sub>2</sub>.

Lo sviluppo di Internet non si arresta per almeno tre ragioni. La prima perché il mondo sarà sempre più connesso: attualmente ca. 5 miliardi di persone nel mondo fanno uso di Internet. Si stima infatti che il numero di dispositivi connessi a Internet nel 2020 sia tra i 25 e 50 miliardi di pezzi, ossia quasi il triplo del numero di persone sul pianeta (WEF 2019).

Significativi in proposito sono i tassi di espansione di Internet; in particolare nei paesi c.d. emergenti sono stati vertiginosi nel corso degli ultimi vent'anni e, stando ai tassi di penetrazione<sup>4</sup> – ossia l'incidenza di Internet sulla popolazione – il processo ha ancora ampi margini di miglioramento (tabella 1).

**Tab. 1.** Espansione di Internet 2000-2020 (in percentuale).

Aree del mondo	Crescita Internet	Tasso di penetrazione di Internet sulla popolazione
Africa	13.941	46,70
Asia	2.143	59,50
Sud America e Caraibi	2.545	72,60
Medio Oriente	5.528	70
Europa	593	87,10
Nord America	208	89,90
Oceania	281	67,40
Totale Mondo	1.271	64,70

Fonte: <https://www.internetworldstats.com/stats.htm>.

La seconda ragione è perché la nostra vita – lavoro, servizi, relazioni – è ormai in rete (Lupton 2018), un processo che ha tratto un ulteriore impulso dalla pandemia di COVID-19. Infine, la quarta rivoluzione indu-

striale con lo sviluppo della digitalizzazione e l'avanzamento tecnologico, aumenteranno ulteriormente il ricorso a Internet (Bianco 2019, cap. 3).

Le tecnologie digitali rischiano pertanto di rappresentare una nuova frontiera di inquinamento e insostenibilità e da soluzione diventare un problema<sup>5</sup>.

## RIFIUTI ELETTRICI ED ELETTRONICI

Poiché i consumi rappresentano il motore della crescita e dello sviluppo economico, uno degli aspetti caratteristici della società contemporanea è che siamo sollecitati costantemente in questa direzione in termini quantitativi e qualitativi (Sassatelli 2004). Si è spinti cioè ad acquistare nuovi prodotti maggiormente avanzati sotto il profilo tecnologico non solo perché indotti dalle mode, ma anche perché i manufatti di cui ci avvaliamo hanno una durata prefissata dalle aziende produttrici per far sì che i consumatori provvedano a rimpiazzarli con un nuovo prodotto.

Sembra dunque che l'elemento distintivo legato all'accesso e all'uso di certi beni come messo in luce dalla sociologia classica (Simmel 2015; Veblen 1949; Bourdieu 1980), abbia oggi, in parte, ceduto il passo alle necessità di disporre di beni maggiormente performanti a causa dell'obsolescenza programmata (D'Amico 2012). In questo modo si assicura la produzione di beni, si mantiene il ciclo economico, ma al contempo aumentano gli scarti, soprattutto nei paesi avanzati. Con una battuta forse degna di altri tempi, potremmo sostenere che buttiamo per comprare e compriamo per buttare.

Questo fenomeno interessa anche – soprattutto! – il settore delle tecnologie informatiche. Sia gli aggiorna-

<sup>5</sup> A questa "legge del contrappasso" sembra siano soggette molte tecnologie «radicali» (Freeman, Soete, 1986) o *disruptive*, come si dice oggi. Esse sono accolte come la soluzione di un problema, salvo successivamente a loro volta configurarsi in una forma anche più grave di quella precedente. Questo avviene perché una nuova tecnologia, facilitando la vita di tutti, è adottata su larga scala fino a diventare insostenibile per la collettività. Si può immaginare che qualcosa di analogo sia avvenuto tra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento con la circolazione delle automobili. Kuczynski (1961) riporta che in Germania i conservatori si opponevano allo sviluppo dell'industria adducendo argomenti di tipo ecologico. Essi lamentavano l'inquinamento atmosferico ed acustico, il primo causato dalla fuliggine e dalla sporcizia delle lavorazioni industriali, il secondo dal rumore che spesso le fabbriche producevano. Quale ulteriore fonte di inquinamento si può supporre ci fosse anche il traffico cittadino, aumentato con lo sviluppo industriale. I trasporti a quel tempo erano ancora trainati da cavalli (Elias ricostruisce bene questi passaggi, 2006). Pertanto aumentando il traffico, aumentava anche l'inquinamento che era dato dalle deiezioni dei cavalli. Si può dunque supporre che l'avvento del motore a scoppio fosse salutato come una "tecnologia pulita" e risolutiva del problema, al pari di quello che noi oggi riteniamo essere l'informatica e il digitale.

<sup>4</sup> Il tasso di penetrazione di Internet indica la percentuale di popolazione che in un determinato paese usa, ovvero è in grado di usare, Internet (cfr. Internet World Stats, Surfing and Site Guide, <https://www.internetworldstats.com/surfing.htm#1>).

menti dei software che regolano i nostri dispositivi elettronici e che ne occupano progressivamente la memoria riducendone e rallentandone le prestazioni, sia il lancio di nuove applicazioni e nuovi programmi, sia lo stesso avanzamento tecnologico che i nuovi *devices* incorporano e che possono rappresentare anche un vantaggio per la salute del consumatore – si pensi alla riduzione delle radiazioni emesse – inducono il consumatore a sostituirlo con uno più aggiornato e performante. Peraltro il prezzo di questi prodotti è in diminuzione. Questo processo e queste ragioni sono alla base della creazione dei rifiuti elettrici ed elettronici.

Venendo alle definizioni, per rifiuti elettrici ed elettronici (*Electronic Waste* o *E-waste*) varie fonti (Gupta 2012; Baldé *et al.* 2015; Gomathi Nagajothi, Felixkalla 2015; Gitanjali Nain 2016) concordano nell'indicare come tali gli elementi e le parti di tali apparecchiature che non vengono più utilizzati.

I rifiuti elettrici ed elettronici comprendono una vasta gamma di prodotti, accomunati dal fatto di presentare circuiti o componenti elettrici con alimentazione o con alimentazione a batteria.

Sono state codificate sei categorie di rifiuti elettrici ed elettronici:

1. Apparecchiature per lo scambio termico, in particolare per il raffreddamento come i frigoriferi e i congelatori.
2. Schermi, monitor (dalle televisioni ai computer).
3. Lampade, comprese le fluorescenti e al LED.
4. Macchine e attrezzature grandi: le stampanti, le fotocopiatrici, i pannelli fotovoltaici, gli elettrodomestici più grandi (lavatrici; lavastoviglie, fornelli elettrici).
5. Macchine e attrezzature di piccola taglia come: aspirapolveri, forni a microonde, ventilatori, tostapane, bollitori elettrici, rasoi elettrici, bilance, calcolatrici, apparecchi radio, videocamere, giocattoli elettrici ed elettronici, piccoli dispositivi medici, piccoli strumenti di monitoraggio e controllo.
6. Piccole apparecchiature informatiche e di telecomunicazione: telefoni cellulari, GPS, calcolatrici tascabili, router, personal computer, stampanti, telefoni.

La caratteristica di questi rifiuti è che sono stati realizzati con miscele sofisticate di plastica, metalli e altri materiali. E proprio per la loro particolare, complessa composizione, l'uso da parte del consumatore, il ciclo di vita e la dismissione di tale tipo di prodotto sono una questione da pianificare e organizzare, affinché l'impatto di tutte queste operazioni sull'ecosistema e sulla salute umana sia il minore possibile.

Particolarmente delicata è la fase di smantellamento dei rifiuti elettrici ed elettronici. È un processo complesso non solo sotto il profilo sanitario e ambientale ma

anche perché una selezione corretta consente il recupero delle componenti che è possibile ancora utilizzare, compresi, soprattutto, materiali preziosi che saranno sempre più rari (Kaya, 2019, cap. 4; OECD 2018)<sup>6</sup>. In proposito Baldé *et al.* parlano di «urban mines» (2015, cap. 6). È il caso del coltan e del cobalto – estratti nelle miniere del Congo, spesso da bambini (ILO 2017) – e dell'oro: circa il 10% dell'oro totale in tutto il mondo viene utilizzato per la produzione dei nostri *devices* (USGS 2014).

Relativamente alla quantità di rifiuti elettrici ed elettronici prodotti, prima ancora di dar conto dei dati, è opportuno osservare che poiché le legislazioni nazionali variano notevolmente, di conseguenza anche gli scarti informatici variano per quantità e qualità. Questo significa che gli scarti informatici variano per quantità e qualità, anche solo in base a come è disciplinato il settore. Peraltro, come riporta Kuehr (2019, p. 484) nel 2017 «only 67 countries around the world had official E-waste legislations in place». Tuttavia, anche nei paesi occidentali, che si sono dotati di una normativa rigorosa in materia di smaltimento dei rifiuti elettrici ed elettronici, una quota di questi sfugge ai controlli e al tracciamento e viene smaltita illegalmente.

La Tabella 2 dà un quadro della situazione mondiale e della sua evoluzione nel corso degli ultimi anni:

**Tab. 2.** Rifiuti elettrici ed elettronici prodotti nel mondo 2010-2108.

Anno	Rifiuti (milioni di tonnellate)	Popolazione mondiale (miliardi)	Rifiuti Kg. pro capite
2010	33.8	6.8	5.0
2011	35.8	6.9	5.2
2012	37.8	6.9	5.4
2013	39.8	7.0	5.7
2014	41.8	7.1	5.9
2015	43.8	7.2	6.1
2016	45.7	7.3	6.3
2017	47.8	7.4	6.5
2018	49.8	7.4	6.7

Fonte : Baldé *et al.* 2015, p. 23.

Rilevazioni più aggiornate indicano che nel 2019 sono stati generati circa 53,6 milioni di tonnellate di rifiuti elettrici ed elettronici, che equivalgono a oltre 7 kg. a testa. Si stima anche che nel 2030 tale tipo di scarti

<sup>6</sup> Si tratta infatti di materiali utilizzati nelle applicazioni tecnologiche e dunque alla base dello sviluppo economico; con l'andar del tempo, l'OECD (2018) prevede una corsa al loro accaparramento perché la richiesta crescente li renderà sempre più difficili da reperire.

ammonterà a oltre 74 milioni di tonnellate, aumentando al ritmo di 2 milioni di tonnellate all'anno (Forti *et al.* 2020).

La tabella 3 mostra la ripartizione per aree nel mondo della produzione di rifiuti.

**Tab. 3.** Rifiuti elettrici ed elettronici prodotti nel mondo (anno 2014).

Aree del mondo	Quantità (milioni di tonnellate - Mt)	Kg /abitante
Asia	16	3,7
Europa	7,8	15,6
America del nord	7,9	12,2
America centrale	1,1	12,2
America del sud	2,7	12,2
Africa	1,9	1,7
Oceania	0,6	15,2

Fonte: Baldé *et al.* 2015.

Come si vede, la maggior parte dei rifiuti elettrici ed elettronici è generata in Asia, ma i paesi maggiormente “produttivi” sono quelli occidentali. In proposito, è però opportuno osservare che questi ultimi – e in particolare l’Unione europea – sono caratterizzati da normative stringenti riguardo la dismissione di tale tipo di scarti, per cui è plausibile che oltre alla indubbia maggiore diffusione dell’informatica rispetto ad altre aree del mondo, figura anche un tracciamento più certo degli scarti. Questa ipotesi spiegherebbe il comportamento dell’Oceania: un continente indubbiamente virtuoso, ma assai “produttivo” di rifiuti, evidentemente indicati correttamente e meticolosamente.

Un aspetto rilevante dello smaltimento di questo tipo di scarti investe le relazioni tra paesi del Nord e del Sud del mondo. Liu *et al.* (2006) hanno stimato che ca. il 70% dei rifiuti elettrici ed elettronici globali finisce in Cina e che la restante parte finisce in India e nei paesi africani. In molti casi la cessione di prodotti elettronici viene mascherata come donazione dei paesi avanzati in favore di quelli più poveri (Hull 2010; Luther 2010).

In verità, i paesi del Sud del mondo accettano di importare dai primi ogni tipo di rifiuti, compresi quelli pericolosi, tossici o radioattivi. In particolare, l’interesse nella rottamazione dei rifiuti elettrici ed elettronici è dato da un lato, come si accennava poc’anzi, dalla possibilità di recuperare una parte dei materiali ancora utilizzabili e i metalli preziosi presenti nei *devices*. Dall’altro per molti paesi del Sud del mondo, i nostri vecchi computer o smartphone rappresentano la strada per uscire dalla

povertà e dal sottosviluppo e mettersi in contatto con il mondo. Amoyaw-Osei *et al.* (2011) mettono in luce come già dieci anni fa delle 215.000 tonnellate di rifiuti elettrici ed elettronici che il Ghana aveva importato, il 70% è stato riciclato, anche se queste dotazioni di seconda mano hanno chiaramente *performance* e durata inferiore e sono di qualità più bassa rispetto allo standard occidentale.

Secondo Sthiannopkao e Wong (2013), invece, al massimo il 20 % di tali scarti viene recuperato; pertanto, la maggior parte dei rifiuti elettrici ed elettronici viene o abbandonato in discarica o distrutto negli inceneritori, o anche disciolto in acido.

Il trattamento di tali rifiuti nei paesi riceventi il più delle volte avviene in maniera non consona e precaria e dunque non secondo criteri ispirati alla sicurezza di chi lavora nel settore e nel rispetto dell’ambiente. Peraltro, il corretto smaltimento di questo tipo di rifiuti è in realtà molto costoso. Questo fatto determina fenomeni di grave inquinamento ambientale e di conseguenza rappresenta potenzialmente un pericolo per la salute della popolazione locale (Robinson 2009; Heacock *et al.* 2016).

## INQUINAMENTO DIGITALE

In questo paragrafo tratteremo il secondo tipo di inquinamento dovuto al traffico della rete, alla quantità e alla qualità dei dati che ci scambiamo.

Una prima questione da sottolineare riguarda il consumo di energia da parte delle nuove tecnologie. Un secondo aspetto è relativo alle emissioni di CO<sub>2</sub>. Nonostante l’avanzato livello di sviluppo tecnologico che ne limita il fabbisogno riducendone così l’impatto sull’ecosistema, la larga diffusione e la pervasività delle tecnologie dell’informazione e della comunicazione (ICT) finisce per avere ugualmente un effetto sull’ambiente tanto per l’output emesso in termini di CO<sub>2</sub> quanto per la necessità di essere alimentate (Schluepa *et al.* 2009).

Una stima del Center for Energy-Efficient Telecommunications (CEET 2013) calcolava un aumento del consumo di energia tra il 2012 e il 2015 di circa il 460%, a causa della diffusione delle reti wireless. L’impatto del fenomeno sarebbe pari a circa 5 milioni di nuove auto circolanti. Per i prossimi decenni è atteso un ulteriore significativo aumento del fabbisogno di energia che l’EIA (U.S. Energy Information Administration 2018) calcola del 28% entro il 2040.

Il problema però non è solo la quantità di energia richiesta ma anche la sua qualità, ovvero la fonte dalla quale la ricaviamo. Se tale fonte è poco sostenibile, ciò avrà ripercussioni sul cambiamento climatico (Done 2012, pp. 176-180).

Il ricorso sempre più frequente e massiccio a Internet per ogni nostra attività quotidiana di lavoro, servizi e relazioni interpersonali costituisce un problema. Internet si basa su milioni di server fisici nei data center di tutto il mondo che sono collegati con chilometri di cavi sottomarini, switch e router. Tutta questa attrezzatura richiede energia per funzionare. Gran parte di essa proviene da fonti che emettono anidride carbonica nell'aria mentre bruciano combustibili fossili. Pertanto, l'approvvigionamento energetico e l'inquinamento da emissioni nel funzionamento di Internet sono due problemi strettamente intrecciati tra loro.

Alla fine del primo decennio di questo secolo, Boccaletti *et al.* (2008, p. 2) stimavano che dieci anni più tardi, cioè ai giorni nostri, le emissioni derivanti dalla sola produzione e uso dei Personal Computer sarebbero raddoppiate per l'accesso a Internet operato dalle classi medie dei paesi emergenti. I personal computer, comprese le componenti essenziali come il monitor, apportano un 40% alle emissioni globali; i data center contribuiscono alle emissioni per un ulteriore 23% e le telecomunicazioni fisse e mobili per un 24% (Dunn 2010).

Le emissioni generate dall'attività online "pesano" sull'ambiente, perché dipende dal tipo di scambi che attuiamo in rete: dalla semplice mail ad allegati pesanti o a ricerche di materiali complessi, come i video. Questi ultimi, ad esempio, consumano energia e rilasciano nell'ambiente una impronta ecologica tutt'altro che virtuale (Foster 2013). Ogni ricerca su Google ha un costo per il pianeta. Nell'elaborare 3,5 miliardi di ricerche al giorno, il sito web più famoso del mondo rappresenta circa il 40% dell'impronta di carbonio di Internet (Quito 2018).

Questi dati sono destinati ad aumentare. Analogamente a quanto si diceva nel paragrafo precedente circa l'aumento dei rifiuti elettrici ed elettronici, una prima ragione dell'aumento dell'inquinamento digitale è data dallo sviluppo e dalla diffusione delle nuove tecnologie della comunicazione e dell'informazione anche per il fabbisogno delle economie emergenti.

La seconda ragione risiede nello sviluppo e nelle accresciute capacità e applicazioni delle tecnologie stesse. Il consumo di energia e l'impronta ecologica che rilasciano le tecnologie della comunicazione e Internet in particolare, saranno sempre più marcate con la diffusione dei sistemi legati all'Intelligenza artificiale e per via delle elaborazioni dei supercomputer e dei Big Data.

Un ragionamento analogo va fatto per l'aumento su scala planetaria dell'uso di telefoni cellulari entro il 2020. Dal punto di vista dell'impatto ambientale queste grandezze rappresentano il triplicarsi dell'impronta di carbonio, oltre all'aumentato ricorso a materiali come il

silicio e altri metalli rari necessari ai *devices* elettronici. Inoltre, poiché i data center cresceranno di numero e per dimensioni, la loro impronta ecologica, in termini di emissioni di carbonio, nel 2020 risulterebbe essere almeno cinque volte più grande di quella d'inizio secolo.

Il settore digitale dunque è ben lungi dall'essere a zero emissioni, o come si dice *neutral carbon*, anche se i colossi di Internet dicono di impegnarsi in questo entro il 2030. Analogo obiettivo se l'è dato anche Amazon ma con 10 anni di ritardo (Harrabin 2020). Secondo Sundar Pichai l'amministratore delegato di Google, le *Nature Based Solutions* – tra le quali ad es. rientrano attività come piantare alberi per catturare la CO<sub>2</sub> – creerebbero 12.000 posti di lavoro nei prossimi cinque anni (Google 2019), ma su questo punto è stato contestato dalle Associazioni ambientaliste.

In conclusione, le nuove tecnologie della comunicazione e dell'informazione hanno un impatto ambientale e il loro sviluppo pone una necessaria presa di coscienza della questione che va gestita al pari di ogni altra fonte di inquinamento e causa di emergenza climatica.

#### GESTIRE LE TRANSIZIONI ECOLOGICA E DIGITALE

Abbiamo visto come lo sviluppo del digitale apporti grandi benefici. L'innovazione tecnologica e la digitalizzazione rappresentano una spinta per l'economia, permettono la creazione di nuovi prodotti, rendono la produzione più efficiente (Drossel *et al.* 2018, p. 198), garantiscono flessibilità e migliore allocazione delle risorse nel processo produttivo, grazie all'automazione (Mühleisen 2018; Hildebrandt, Landhäußer 2017), consentono di comunicare contenuti complessi anche a distanza, come l'esperienza della pandemia 2020-2021 ci ha dimostrato.

Dall'altro, le nuove tecnologie permettono il passaggio a una economia più ecosostenibile anche grazie ai progressi delle nuove tecnologie energetiche, ad es. le *smart grid*<sup>7</sup> (WEF 2018, p. 6). Esse promettono di conciliare produzione e salvaguardia ambientale (Lübberstedt 2017, pp. 329 ss.; Singh 2012, cap. 2).

Dell'innovazione tecnologica e della digitalizzazione possono beneficiarne i paesi e i soggetti economicamente meno avanzati. Si pensi in particolare alle tecnologie per le comunicazioni (*smartphone* e loro *app*). Esse sono sempre più frequentemente utilizzate dai contadini africani, anche perché più semplici da usare, per decidere le coltivazioni da intraprendere e accelerare lo sviluppo rurale (Bianco 2021).

<sup>7</sup> Si tratta di reti energetiche intelligenti che convogliano energia dove richiesta, sottraendola a circuiti che al momento non manifestano necessità di approvvigionamento.

Eppure, abbiamo anche visto che la diffusione e l'espansione di tali nuove tecnologie presenta degli aspetti di insostenibilità. Indubbiamente sono necessarie delle strategie di gestione e misure che rendano responsabili tutti gli attori che prendono parte alla catena di produzione, consumo e smaltimento dei prodotti elettronici.

Gestire le transizioni digitale ed ecologica richiede un insieme di iniziative, disposte su tre piani: a) a livello politico, come propugnato da Gomathi Nagajothi e Felixkala (2015) particolarmente sensibili al problema perché il loro paese, l'India, è una delle discariche mondiali di prodotti informatici; b) a livello produttivo, responsabilizzando le aziende; c) infine coinvolgendo l'opinione pubblica, ossia incentivando comportamenti virtuosi e consoni dei consumatori.

Riguardo le iniziative a livello politico, esse devono disciplinare il settore, stabilire che l'intera filiera – dalla produzione, fino allo smaltimento e al riciclo – rispetti e garantisca i criteri di sostenibilità sociale e ambientale. Come osservano Bakhiyi *et al.* (2018) gli standard legali di smaltimento non sono ancora sufficienti, nonostante, gli sforzi compiuti dall'Unione europea che può configurarsi come un modello normativo di riferimento<sup>8</sup>. Questo significa da un lato porre particolare attenzione allo sviluppo e alla razionalizzazione della movimentazione dei rifiuti in ambito locale, destinando ai rifiuti elettrici ed elettronici discariche e luoghi di smaltimento appositamente dedicati, dall'altro regolamentare il flusso dei traffici, anche monitorando l'andamento di quelli informali e intervenendo e reprimendo quelli illegali.

Come osservano Huisman *et al.* (2019, pp. 18 ss.) per il corretto smaltimento dei rifiuti elettrici ed elettronici gli Stati devono realizzare una serie di infrastrutture per la raccolta, il trattamento e il riciclaggio. Essi devono anche intervenire nella promozione del raccordo e della collaborazione tra i diversi soggetti che prendono parte al ciclo di generazione di tali rifiuti: aziende produttrici, consumatori, servizi di raccolta e smaltimento dei prodotti esausti. In questo modo si realizza l'intento di quanto previsto dall'obiettivo di sviluppo sostenibile n. 12: consumo e produzione responsabili. Questo fatto

<sup>8</sup> L'Unione europea ha infatti adottato due provvedimenti legislativi specifici: la Direttiva sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (Direttiva 2002/96 / CE Direttiva), entrata in vigore nel febbraio 2003. Successivamente emendata e aggiornata nel 2008, prevede la creazione di sistemi di raccolta in cui i consumatori restituiscono gratuitamente i propri rifiuti elettrici ed elettronici, anche in vista del loro riciclaggio. Una seconda Direttiva disciplina, in senso restrittivo, l'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche (Direttiva RoHS 2002/95/CE). In essa si dispone che i metalli pesanti come piombo, mercurio, cadmio e cromo esavalente, nonché altri materiali altamente pericolosi vadano sostituiti con materiali alternativi più sicuri. Anche questa Direttiva è stata successivamente rivista e dal 2013 è in vigore una direttiva aggiornata.

avrebbe ripercussioni positive anche sugli altri obiettivi di sviluppo sostenibile, in una serie di effetti a catena<sup>9</sup>.

Per quanto riguarda l'ambito della produzione e dunque le responsabilità dei produttori, questi ultimi necessitano di incentivi e sostegno se li si vuole spingere a produrre merci sostenibili, riciclabili, e a realizzare processi produttivi meno inquinanti e più rispettosi delle condizioni e dei diritti dei lavoratori. Prodotti in linea con questi obiettivi possono essere premiati con etichettature "green" o di qualità, anche favorendo campagne di sensibilizzazione presso i consumatori.

È importante che l'impegno delle aziende produttrici si estenda anche alla fase di post-consumo; esse garantiscano un prodotto il più possibile riciclabile, ovvero da smaltire facilmente. Questo significa organizzare e autorizzare eventuali punti di raccolta dei prodotti in dismissione e che possono essere nel caso riparati e ricondizionati da personale competente, favorendo così un mercato dell'usato.

Il terzo tipo di intervento tocca i consumatori. Con programmi di formazione e sensibilizzazione essi vanno aiutati a capire l'importanza della questione, la rilevanza dei loro comportamenti e come agire correttamente. Al consumatore va spiegato che la condotta ecologicamente corretta nella scelta di acquisto – ad es. orientandosi per prodotti con etichettatura di sostenibilità – nell'uso e nella dismissione dei rifiuti elettrici ed elettronici, nonché nell'accesso a Internet hanno un impatto sull'ambiente e che sta a noi gestire con razionalità e oculatezza.

In altri termini, i comportamenti appropriati del consumatore sono la chiave per guidare questi processi, *in primis* perché il deterioramento dell'ambiente rappresenta una minaccia per la nostra sopravvivenza; *in secundis* perché, al pari dei tentativi che si fanno per promuovere presso i consumatori comportamenti virtuosi nell'uso della plastica e nello sforzo da compiere

<sup>9</sup> «E-waste repair and dismantling could offer job and income opportunities and less poverty (SDG1); more efficient technologies especially in waste treatment supports good health and reduces casualties (SDG3); proper reuse and recycling enables equipping schools in poor countries with electricity and access to the Internet (SDG4); upgrading treatment and the banning of highly polluting treatment practices reduce the stress on water systems in developing countries (SDG6); new energy technologies, in particular small scale solar power and energy storage, supports the development of rural areas; the creation of jobs and more responsible types of work foster economic growth (SDG8); the recycling industry can be expanded and become more innovative and can provide materials and components for economic growth (SDG9); e-waste collection and repair reduces municipal solid waste amounts, environmentally sound management of e-waste mitigates the toxic effects of hazardous waste, and proper treatment reduces air pollution for sustainable cities and communities (SDG11); and finally, reclaiming materials and components replaces mining of primary resources and the control over CFCs from refrigerators, in particular, both reduce CO2 impact substantially (SDG13)», Huisman *et al.* 2019, pp. 21-22.

riguardo la differenziazione dei rifiuti domestici, tutti siamo chiamati alla responsabilità come utenti digitali.

Così come la pedagogia da coronavirus ci ha fatto riscoprire l'impatto del comportamento individuale sulla condizione collettiva, ossia che la somma delle "impronte" individuali – ciascuna in sé apparentemente trascurabile – costituisce un problema di sostenibilità (Wackernagel, Rees 2004), al consumatore va spiegato che egli, con le sue scelte e il suo comportamento in ambito informatico, è uno degli attori centrali delle politiche di sostenibilità e che il suo (e quello degli altri) destino e il suo (e quello degli altri) benessere sono solo nelle sue (nostre!) mani.

#### BIBLIOGRAFIA

- Adams W.M. (2006), *The Future of Sustainability: Rethinking Environment and Development in the Twenty-first Century*. Report of the IUCN Renowned Thinkers Meeting, 29–31 January 2006. [http://cmsdata.iucn.org/downloads/iucn\\_future\\_of\\_sustainability.pdf](http://cmsdata.iucn.org/downloads/iucn_future_of_sustainability.pdf).
- Al-Khouri A. M. (2013), *Environment Sustainability in the Age of Digital Revolution: A Review of the Field*, in «American Journal of Humanities and Social Sciences», 1 (4): 101-122, DOI: 10.11634/232907811301192.
- Amoyaw-Osei Y. et al. (2011), *Ghana e-Waste Country Assessment*, [https://web.archive.org/web/20110815230326/http://ewasteguide.info/files/Amoyaw-Osei\\_2011\\_GreenAd-Empa.pdf](https://web.archive.org/web/20110815230326/http://ewasteguide.info/files/Amoyaw-Osei_2011_GreenAd-Empa.pdf).
- ASVIS (2019), *The European Union and the Sustainable development Goals*, [https://asvis.it/public/asvis2/files/Pubblicazioni/Compositi\\_Europei\\_ENG\\_HR.pdf](https://asvis.it/public/asvis2/files/Pubblicazioni/Compositi_Europei_ENG_HR.pdf).
- Bakhiyi B. et al. (2018), *Has the question of e-waste opened a Pandora's box? An overview of unpredictable issues and challenges*, in «Environment International», 110: 173-192, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.10.021>
- Baldé C.P., Wang F., Kuehr R., Huisman J. (2015), *The global e-waste monitor – 2014*, United Nations University, IAS – SCYCLE, Bonn, Germany, <https://i.unu.edu/media/ias.unu.edu-en/news/7916/Global-E-waste-Monitor-2014-small.pdf>.
- BDE (Bundesverband der deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft), VKU (Verband Kommunalen Unternehmen) (2016), *Mobile IT-Systeme Technische Übersicht und Standards 2016*, <https://www.vku.de/publikationen/2016/mobile-it-systeme/>.
- Berg H., Sebestyén J., Bendix P., Le Blevennec K., Vrancken K. (2020), *Digital Waste Management*, European Environment Agency, <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-wmge/products/etc-reports/digital-waste-management/@download/file/Digital%20waste%20management.pdf>.
- Bianco A. (2019), *The Next Society. Sociologia del mutamento e dei processi digitali*, FrancoAngeli, Milano, [http://ojs.francoangeli.it/\\_omp/index.php/oa/catalog/book/422](http://ojs.francoangeli.it/_omp/index.php/oa/catalog/book/422).
- Bianco A. (2021), *Agriculture and New Technologies. A Basic Challenge for the 21st Century*, in Corvo P., Di Francesco G., Facioni C. (eds.), *Italian Studies on Food and Quality of Life*, Springer (in corso di stampa).
- Boccaletti G., Löffler M., Oppenheim J. (2008), *How IT can cut carbon emissions*, in «The McKinsey Quarterly», October, [www.mckinsey.com/clientservice/sustainability/pdf/how\\_it\\_can\\_cut\\_carbon\\_missions.pdf](http://www.mckinsey.com/clientservice/sustainability/pdf/how_it_can_cut_carbon_missions.pdf).
- Bourdieu P. (1980), *La distinzione*, il Mulino, Bologna.
- CEET (Centre for Energy-Efficient Telecommunications) (2013), *The Power of Wireless Cloud*. Centre for Energy-Efficient Telecommunications, The University of Melbourne, Australia. [http://www.ceet.unimelb.edu.au/pdfs/ceet\\_white\\_paper\\_wireless\\_cloud\\_jun13.pdf](http://www.ceet.unimelb.edu.au/pdfs/ceet_white_paper_wireless_cloud_jun13.pdf)
- D'Amico A. (2012), *Are Planned obsolescence and sustainable development compatible?*, in Calabrò G. et al. (eds.), *Moving from the Crisis to Sustainability. Emerging Issues in the International Context*, FrancoAngeli, Milano.
- Done A. (2012), *Global Trends. Facing Up to a Changing World*, Palgrave Macmillan, London.
- Drossel W.G. et al. (2018), *Cyber-Physische Systeme Forschung für die digitale Fabrik*, in Neugebauer R. (a cura di), *Digitalisierung. Schlüsseltechnologien für Wirtschaft und Gesellschaft*, Springer, Berlin.
- Dunn H.S. (2010), *The Carbon Footprint of ICTs*. University of the West Indies. [www.giswatch.org/thematicreport/sustainability-climate-change/carbon-footprint-icts](http://www.giswatch.org/thematicreport/sustainability-climate-change/carbon-footprint-icts).
- EIA (U.S. Energy Information Administration) (2018), *International Energy Outlook 2018*, [https://www.eia.gov/outlooks/ieo/executive\\_summary.php](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/executive_summary.php).
- Elias N. (2006), *Technisierung und Zivilisation*, in *Gesamtausgabe*, vol. 16, cap. 7, Suhrkamp, Frankfurt am Main.
- Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G. (2020), *The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential*, United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam. [https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM\\_2020\\_def.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM_2020_def.pdf).



- Foster P. (2013), *The EC is working with the ICT companies to measure the carbon footprint of their industry*, in «The Green IT Review», <http://www.thegreenreview.com/2013/03/the-ec-is-working-with-ict-companies-to.html>.
- Freeman C., Soete L. (1986), *L'onda informatica*, Il Sole 24 ore, Milano.
- GeSI SMARTer (2020), *The Role of ICT in Driving a Sustainable Future*, [http://gesi.org/assets/js/lib/tinymce/jscripts/tiny\\_mce/plugins/ajaxfilemanager/uploaded/SMARTer\\_2020 - The Role of ICT in Driving a Sustainable Future December 2012.pdf](http://gesi.org/assets/js/lib/tinymce/jscripts/tiny_mce/plugins/ajaxfilemanager/uploaded/SMARTer_2020_-_The_Role_of_ICT_in_Driving_a_Sustainable_Future_December_2012.pdf).
- Gitanjali Nain G. (2016), *Electronic waste*, in «Encyclopedia Britannica», <https://www.britannica.com/technology/electronic-waste>.
- Gomathi Nagajothi P., Felixkala T. (2015), *Electronic Waste Management: A Review*, in «International Journal of Applied Engineering Research», 10 (68): 133-138.
- Google (2019), *Google Environmental Report 2019*, [https://services.google.com/fh/files/misc/google\\_2019-environmental-report.pdf](https://services.google.com/fh/files/misc/google_2019-environmental-report.pdf).
- Gualtieri G., Brilli L., Carotenuto F., Vagnoli C., Zaldei A., Gioli B. (2020), *Quantifying road traffic impact on air quality in urban areas: A Covid19-induced lockdown analysis in Italy*, in «Environmental Pollution», 267, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115682>.
- Gupta D. (2012), *E- Waste: A global problem and related issues*, in «International Journal of Scientific & Engineering Research», 3 (10), <https://www.ijser.org/paper/E--Waste-A-Global-Problem-and-related-issues.html>.
- Hashmi M. Z., Varma A. (eds.) (2019), *Electronic Waste Pollution*, Springer, Switzerland, [https://doi.org/10.1007/978-3-030-26615-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-26615-8_13).
- Harrabin R. (2020), *Google says its carbon footprint is now zero*, <https://www.bbc.com/news/technology-54141899>.
- Heacock M., Kelly C.B., Asante K.A. et al. (2016), *E-Waste and Harm to Vulnerable Populations: A Growing Global Problem*, in «Environ Health Perspective», 124(5): 550-555. doi:10.1289/ehp.1509699, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4858409/>.
- Hofmann J. (2018), *Ausgewählte technologische Grundlagen*, in Fend L., Hofmann J. (Hg.), *Digitalisierung in Industrie, Handels- und Dienstleistungsunternehmen. Konzepte – Lösungen – Beispiele*, Springer, Wiesbaden.
- Huisman J., Baldé K., Magalini F., Kuehr R. (2019), *The e-waste development cycle*, in Goodship V., Stevels A., Huisman J. (eds.), *Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Handbook*, Elsevier, Amsterdam.
- Hull E.V. (2010), *Poisoning the poor for profit: The injustice of exporting electronic waste to developing countries*, in «Duke Environmental Law & Policy Forum», 21 (1), <http://scholarship.law.duke.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1038&context=delfp>.
- ILO (2017), *Global estimates of child labour: Results and trends, 2012-2016*, Geneva, [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/documents/publication/wcms\\_575499.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/documents/publication/wcms_575499.pdf).
- Kaya M. (2019), *Electronic Waste and Printed Circuit Board Recycling Technologies*, Springer, Cham, Switzerland, [https://doi.org/10.1007/978-3-030-26593-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-26593-9_1).
- Kuczynski J. (1961), *La Rivoluzione industriale in Germania*, in «Studi Storici», II: 659-689.
- Kuehr R. (2019), *Waste Electrical and Electronic Equipment*, in Letcher T.M., Vallerio D.A.
- Letcher T.M., Vallerio D.A. (2019), *Waste. A Handbook for Management*, Elsevier, Amsterdam.
- Liu X.B., Tanaka M., Matsui Y. (2006), *Generation amount prediction and material flow analysis of electronic waste: A case study in Beijing, China*, in «Waste Management Research», 24: 434-45.
- Lübberstedt N. (2017), *Wie Umwelt und Gesellschaft von nachhaltiger Informationstechnologie profitieren*, in Hildebrandt A., Landhäußer W. (a cura di), *CSR und Digitalisierung*, Management-Reihe Corporate Social Responsibility, Springer-Verlag, DOI 10.1007/978-3-662-53202-7\_25.
- Lupton D. (2018), *Sociologia digitale*, Pearson, Londra, Torino.
- Luther L. (2010), *Managing Electronic Waste: Issues with Exporting E-Waste*. <http://www.fas.org/sgp/crs/misc/R40850.pdf>.
- Mühleisen M. (2018), *The Impact of Digital Technology on Society and Economic Growth*, «IMF F&D Magazine», 55(2), <http://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2018/06/impact-of-digital-technology-on-economic-growth/muhleisen.pdf>.
- OECD (2018), *Global Material Resources Outlook to 2060*, [www.oecd.org/environment/waste/highlightsglobal-material-resources-outlook-to-2060.pdf](http://www.oecd.org/environment/waste/highlightsglobal-material-resources-outlook-to-2060.pdf).
- Padilla-Rivera A., Russo-Garrido S., Merveille N. (2020), *Addressing the Social Aspects of a Circular Economy: A Systematic Literature Review*, in «Sustainability», 12: 7912; doi:10.3390/su12197912.
- Quito A. (2018), *Every Google search results in CO2 emissions*, <https://qz.com/1267709/every-google-search-results-in-co2-emissions-this-real-time-dataviz-shows-how-much/>.
- Robinson B.H. (2009), *E-waste: An assessment of global production and environmental impacts*, in «Science of the Total Environment», 408:183-191.

- Sassatelli R. (2004), *Consumo, cultura e società. Le molte facce del consumo, tra necessità, alienazione e piacere*, il Mulino, Bologna.
- Schluepa M., Hageluekenb C., Kuehr R., Magalinic F., Maurerc C., Meskersb C., Wangc F. (2009), *Recycling from Ewaste to Resources*, United Nations Environment Programme & United Nations University, [http://www.unep.org/pdf/pressreleases/Ewaste\\_publication\\_screen\\_finalversion-sml.pdf](http://www.unep.org/pdf/pressreleases/Ewaste_publication_screen_finalversion-sml.pdf).
- Simmel G. (2015), *La moda*, a cura di A.M. Curcio, Mimesis, Milano-Udine.
- Singh S. (2012), *New Mega Trends Implications for our Future Lives*, Palgrave MacMillan, London.
- Sthiannopkao S., Wong, M.H. (2013), *Handling e-waste in developed and developing countries: Initiatives, practices, and consequences*, in «Science of The Total Environment», 463–464:1147-1153.
- USGS (2014). *U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries*, U.S. Geological Survey (USGS), <https://doi.org/10.3133/70100414>.
- Vallero D. A. (2019a), *A Systems Approach to Waste Management*, in Letcher T.M., Vallero D.A.
- Vallero D. A. (2019b), *Regulation of Wastes*, in Letcher T.M., Vallero D.A.
- Vallero D. A. (2019c), *Waste Governance*, in Letcher T.M., Vallero D.A.
- Vallero D. A., Shulman V. (2019), *Introduction to Waste Management*, in Letcher T.M., Vallero D.A.
- Veblen T. (1949), *La teoria della classe agiata*, Einaudi, Torino.
- Wackernagel M., Rees W., 2004. *L'impronta ecologica. Come ridurre l'impatto dell'uomo sulla terra*. Milano, Edizioni Ambiente.
- WEF (2018), *The Future of Jobs Report 2018*, [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs\\_2018.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf).
- WEF (2019), *A New Circular Vision for Electronics Time for a Global Reboot*, [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_A\\_New\\_Circular\\_Vision\\_for\\_Electronics.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf).