



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI
"M.FANNO"

CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA

PROVA FINALE

"DIGITAL TRANSFORMATION E SUSTAINABILITY: IL CASO G-IOT"

RELATORE:

CH.MO PROF. MARCO UGO PAIOLA

LAUREANDO/A: ELIA MORIN

MATRICOLA N. 1167187

ANNO ACCADEMICO 2019 – 2020

Indice

Introduzione.....	3
Capitolo 1: Sostenibilità ambientale	4
1.1. Che cos'è la sostenibilità ambientale?	4
1.2. Che interesse hanno le aziende a perseguire la sostenibilità ambientale?	6
Capitolo 2: Trasformazione digitale	7
2.1. Che cos'è la trasformazione digitale?	7
2.2. Quali sono i trend futuri della trasformazione digitale?	8
2.3. Green-IoT, che cosa sono?	10
2.4. Quali sono i problemi ambientali legati all'utilizzo delle G-IoT?.....	12
2.5. Quali sono i benefici dell'utilizzo delle G-IoT?	13
Capitolo 3: applicazioni delle G-IoT: cosa possono fare per l'ambiente?.....	13
Introduzione capitolo 3	13
3.1. Agricoltura	14
3.2. Gestione dell'energia.....	15
3.3. Industria e manifatturiero.....	16
3.4. Gestione dell'acqua	17
3.5. Logistica e trasporti	19
3.6. E-waste	22
Conclusioni.....	24
Riferimenti Bibliografici.....	25

Introduzione

Il tema della sostenibilità ambientale è sempre più centrale, sia nel contesto nazionale che mondiale. Al passo d'oggi gli scenari futuri sono disastrosi e preoccupanti, basti pensare che negli ultimi anni abbiamo raggiunto il cosiddetto Earth Overshoot Day, ovvero il giorno nel quale l'umanità termina le risorse disponibili dell'anno, durante il mese di agosto. È per questo di vitale importanza trovare soluzioni immediate, e la tecnologia può sicuramente aiutare in questo senso.

L'elaborato cerca di analizzare e sintetizzare, sotto una chiave economica, manageriale e tecnica, quelli che sono i legami tra sostenibilità ambientale e rivoluzione digitale, in particolar modo si analizzano le tecnologie IoT nel loro utilizzo Green.

Per semplicità e chiarezza d'esposizione il testo è diviso in tre macro-aree: la prima cerca di sintetizzare quelle che sono le sfide presenti e future ambientali, attraverso sia quelli che sono gli obiettivi comuni imposti dalle Nazioni Unite, sia quelle che possono essere motivazioni più egoistiche derivanti dalle organizzazioni private. La seconda parte invece offre un'analisi informativa di cos'è la rivoluzione digitale, in particolar modo cosa sono le G-IoT e quali sono i benefici e i problemi relativi al loro utilizzo. Infine, la terza parte propone un'analisi settoriale dell'utilizzo di queste tecnologie, prevedendo i risultati economici/ambientali nel decennio a venire. Quest'analisi comprende settori quali l'agricoltura, la gestione idrica, dell'energia, della spazzatura, della logistica e dell'industria/settore manifatturiero.

L'elaborato è scritto su base di testi scientifici, studi analitici e previsioni aziendali, questi ultimi necessari per la stesura della terza parte del testo. Infatti, mentre il tema dell'ambiente e tecnologico sia stato approfondito e analizzato da molti studi, le implicazioni manageriale e le previsioni sono ancora in fase di studio iniziale, quindi il mondo aziendale è di vitale importanza.

Capitolo 1: Sostenibilità ambientale

1.1. Che cos'è la sostenibilità ambientale?

Le Nazioni Unite (UN) durante la conferenza sull'ambiente e sullo sviluppo tenuto a Rio de Janeiro nel 1992 hanno formalmente adottato una definizione del concetto di sviluppo sostenibile, riportata come “uno sviluppo che soddisfi i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni” (UNCED, 1992)

Le politiche globali di sviluppo sostenibile sono state influenzate successivamente da due importanti risultati negoziali: il concetto di “Green Economy” e quello di “Sustainable Development Goals” (Beier, Niehoff, Xue, 2018).

Secondo un documento fondamentale della conferenza Rio+20, “in una Green Economy, la crescita del reddito e dell'occupazione dovrebbe essere guidata da investimenti pubblici e privati che riducano le emissioni di carbonio e l'inquinamento, aumentino l'efficienza energetica e delle risorse e prevengano la perdita di biodiversità e di servizi eco-sistemici. Questi investimenti devono essere catalizzati e sostenuti da una spesa pubblica mirata, da riforme politiche e da cambiamenti nella regolamentazione” (Barbier, 2012).

Questo concetto è percepito come un percorso verso la sostenibilità da organizzazioni internazionali, quali la Banca Mondiale (2012) e il programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP, 2011a). Proprio quest'ultima ha dettato una definizione più semplice ed efficace, specificando come un'economia, per essere “green”, debba essere a basse emissioni di carbonio, efficiente sotto il profilo delle risorse e socialmente inclusiva.

Interscambiabile al concetto di “Green Economy” è la cosiddetta “Green Growth”: il termine viene utilizzato per la crescita dell'intera economia, non solo dell'eco-industria, e consiste “nel promuovere la crescita economica e lo sviluppo garantendo al tempo stesso che il patrimonio naturale continui a fornire le risorse e i servizi ambientali su cui si basa il nostro benessere” (Loiseau, 2016).

Durante la conferenza delle Nazioni Unite per l'Ambiente del 2012 sono state definiti quelli che sono i 17 obiettivi di sviluppo sostenibile (SDGs) [fig.1] e quelle che sono le direzioni per lo sviluppo sostenibile nella “the 2030 agenda for sustainable development”. L'industria gioca un ruolo chiave per il raggiungimento di tali obiettivi, specialmente per il SGD 9, che punta a

“Costruire un'infrastruttura resistente, promuovere un'industrializzazione inclusiva e sostenibile e favorire l'innovazione”, come per il SDG 12, che punta a “Garantire modelli di consumo e produzione sostenibili” (Beier, Niehoff, Xue, 2018).



Figura 1: 17 obiettivi e traguardi dello sviluppo sostenibile

Per il raggiungimento dello scopo dell'elaborato è importante sottolineare come il concetto di sostenibilità ambientale debba essere collegato alle performance aziendali al fine di un'analisi coerente. Per avere un approccio più ampio si deve considerare quello che viene definito come triple bottom line (TBL, o 3BL), conosciuto come “people, profit, planet”. Secondo il concetto presentato dal professor Elkington nel 1997, le imprese devono misurare le loro performance non solo con il tradizionale profitto economico per i proprietari, ma anche attraverso l'impatto che queste hanno sulla società e sul pianeta. Da qui possiamo definire come sostenibile un'impresa che crea un profitto accettabile per i suoi proprietari, ma riduce al minimo i danni all'ambiente e migliora l'esistenza delle persone con cui è in contatto. L'assunzione che sta sotto questa teoria è che verosimilmente un'impresa possa essere più competitiva e lungimirante quando concentrata su tutte e tre le variabili confronto a quella che si accenti solamente sulla pura crescita economica (Slack, Brandon-Jones, Jhonston, 2016)

1.2. Che interesse hanno le aziende a perseguire la sostenibilità ambientale?

Perché le aziende hanno convenienza a perseguire la sostenibilità ambientale? La transizione ad un modello di business sostenibile è una certezza per le tendenze attuali, scegliere di ignorare tale assunzione potrebbe portare a un rischio di fallimento futuro.

Secondo la società VentiTrenta il trend appena descritto può essere comprovato dai seguenti dati:

- Il 90% degli executive ritengono importante integrare la sostenibilità nel modello di business.
- Il 60% delle aziende hanno formalizzato una strategia di sostenibilità.
- Il 50% delle aziende hanno dichiarato che l'impegno in ottica di sostenibilità genera profitto.
- Il 75% degli executive di società di investimento considerano rilevanti le performance di sostenibilità.

Date queste statistiche si cerca quindi di motivare la ragione di tale importanza.

Un'organizzazione che include un modello di business sostenibile può avere numerosi vantaggi da tale modello: si aumenta l'efficienza delle attività dei processi aziendali, le risorse vengono utilizzate in maniera più razionale, riducendo sprechi e costi. Si acquisisce una migliore capacità di gestione dei rischi. Inoltre, le politiche di sostenibilità hanno effetti anche sulla reputazione dell'azienda e del capitale intangibile, con impatti rilevanti sia riguardante i lavoratori interni che i vari stakeholder (*ibid.*).

Inoltre, secondo la ricerca Nielsen Global Survey of Corporate Social Responsibility and Sustainability, la responsabilità sociale ha un ritorno economico sull'impresa, si pensi che il 73% dei consumatori è interessato all'azienda da cui acquistano e non esclusivamente al prodotto, quindi alla loro responsabilità sia sociale che ambientale (Bogliardi, 2015). Lo studio ha infatti rilevato che per quei marchi che hanno dimostrato devozione in favore della sostenibilità, le vendite sono cresciute di più del 4% a livello globale nell'ultimo anno, rispetto a quelle che non l'hanno fatto, con incrementi all'1% (*ibid.*).

Capitolo 2: Trasformazione digitale

2.1. Che cos'è la trasformazione digitale?

Un paradigma sempre più rilevante nel contesto globale è quello della trasformazione digitale, ovvero “il cambiamento culturale, organizzativo ed operativo di un'organizzazione, di un'industria o di un ecosistema attraverso un'integrazione intelligente delle tecnologie, dei processi e delle competenze digitali a tutti i livelli e le funzioni in modo scenico e strategico” (I-scoop). Secondo gli studi pubblicati su *Leading Digital* (Westerman, Bonnet, McAfee, 2014), tutti i cambiamenti digitali all'interno di un contesto organizzativo possono essere raggruppati in tre categorie:

- *Sostituzione*: ovvero l'utilizzo di tecnologie digitali per sostituire una funzione o un processo che è già eseguito nell'organizzazione.
- *Estensione*: ovvero quando le tecnologie digitali sono utilizzate per migliorare la funzionalità di un processo o di un prodotto.
- *Trasformazione*: ovvero quando le tecnologie digitali sono utilizzate per ridefinire un fondamentale processo o prodotto.

Nonostante un pensiero comune possa essere quello che la trasformazione digitale sia sinonimo solo di distruzione e/o progresso tecnologico, (*ibid.*) dice che la trasformazione digitale “riguarda il valore, le persone, l'ottimizzazione e la capacità di adattarsi rapidamente quando è necessario attraverso l'uso intelligente delle tecnologie e delle informazioni”, perciò tali innovazioni possono avere impatti sociali oltre che tecnici.

La digitalizzazione non è ancora penetrata equivalentemente in tutte le organizzazioni, ma sta trasformando molte di queste, e sta avendo un significativo impatto sulla loro performance economica. Essendo la penetrazione della tecnologia in continua crescita, le implicazioni per ricavi, costi, profitti ed opportunità saranno drammatiche (Bughin, LaBerge, Mallybye, 2018).

2.2. Quali sono i trend futuri della trasformazione digitale?

La trasformazione digitale è ormai accettata come “megatrend”, ovvero, secondo la definizione data da Jhon Naisbitt (1982), “un cambiamento generale nel pensiero o nell’approccio che interessa paesi, industrie e organizzazioni”. Insieme ad altri momenti di radicale cambiamento nella storia, come ad esempio la globalizzazione di inizio ‘900, la trasformazione digitale è e sarà parte integrante della vita industriale e non. Per poter meglio comprendere quelli che sono gli aspetti più rilevanti di questo megatrend, è possibile fare una selezione delle tecnologie emergenti (Pihir, Tomičić-Pukek Tomičić Fujan, 2018) [tab. 1]:

<i>Tecnologia</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Possibili impatti positivi</i>	<i>Possibili impatti negativi</i>
<u>Implantable technologies</u>	Dispositivi implementabili nelle persone, quali pacemaker e smart-tattoo	Tecnologie vantaggiose per il monitoraggio della salute o l’individuazione di persone scomparse	Possibili minacce per la privacy e sicurezza dei dati sensibili
<u>Wearable internet</u>	Dispositivi indossabili quali smart watch e smart glasses	Tecnologie vantaggiose in termini di processo decisionale ed autosufficienza	Possibili minacce per la privacy e sicurezza dei dati sensibili, rischio di dipendenza
<u>Internet of Things</u>	Dispositivi in grado di collegare “tutto” ad internet tramite sensori e applicazioni appropriate	Tecnologie vantaggiose in termini di aumento della produttività, miglioramento la qualità della vita, sicurezza (degli aerei, del cibo ...), creazione di nuove imprese, collegamenti con l’ambiente	Possibili minacce per la privacy, perdita dei lavori tradizionali, sicurezza
<u>Città intelligenti (Smart cities)</u>	Dispositivi per la gestione dell’energia, dei	Tecnologie vantaggiose in termini di aumento della produttività, miglioramento	Possibili minacce per la privacy, rischio di collasso

	flussi di materiali e persone, logistica e traffico attraverso sensori e dati.	della qualità di vita, diminuzione del tasso di criminalità, aumento della mobilità, aumento dell'accesso all'istruzione.	del sistema, attacchi informatici ai dati sensibili
Big Data	Dispositivi per la gestione e l'utilizzo di enormi quantità di dati attraverso processi decisionali automatizzati e servizio personalizzato real-time	Tecnologie vantaggiose in termini di miglioramento dei processi decisionali, risparmio sui costi, creazione di nuove categorie di lavoratori	Possibili minacce per i posti di lavoro tradizionali, per la fiducia sui dati e sulle loro proprietà
Automobili senza guidatore	Dispositivi che permettono alle automobili di essere abilitate alla guida autonoma	Tecnologie vantaggiose in termini di sicurezza, diminuzioni dell'impatto sull'ambiente, miglioramento della mobilità per anziani e disabili	Possibili minacce per i posti di lavoro tradizionali, rischi di attacchi informatici e minori entrate per i mezzi pubblici
Robot	Progettazione, costruzione, operazione, e applicazione di robot	Tecnologie vantaggiose in termini di sostituzione del lavoro pesante	Possibili minacce per i posti di lavoro tradizionali e riguardanti l'affidabilità dei robot
Blockchain	Meccanismi progettati per tenere traccia delle transazioni	Vantaggioso in termini di disintermediazione finanziaria, trasparenza	Possibili minacce per la fiducia dei consumatori, paura del perdere la realtà finanziaria
Sharing	Scambio di materiale	Vantaggioso in termini di	Possibili minacce in

economy	fisico, assets o servizi	accesso alle risorse ed un loro migliore utilizzo	termini di aumento dei lavori a contratto, diminuzione della cosiddetta grey economy, abuso di fiducia
Stampanti 3D	Creazione di un oggetto fisico stampandolo strato per strato da un disegno o modello	Tecnologie vantaggiosa in termini di sviluppo accelerato del prodotto, aumento della domanda di prodotti di design, maggiore personalizzazione	Possibili minacce di pirateria, produzione di oggetti di abuso (es. pistole)

Tab.1 Trends emergenti nella trasformazione digitale

Tutte le tecnologie in lista hanno la capacità ed il potenziale di entrare in un'organizzazione ed implementarne la produttività, sia se usate separatamente che se usate singolarmente.

Ai fini dell'elaborato, d'ora in poi saranno oggetto d'analisi approfondita le IoT (Internet of Things), in particolar modo le G-IoT (Green-IoT).

2.3. Green-IoT, che cosa sono?

Il rapido sviluppo e utilizzo delle cosiddette ICT (tecnologie dell'informazione e della comunicazione) stanno causando un impatto diretto nella società, trasformandone qualunque aspetto della vita. In particolar modo, le nuove soluzioni IoT, stanno modificando il modo con il quale le persone interagiscono tra loro e come questi partecipano ai vari settori della società (Maksimovic, 2018).

Per poter definire il concetto di Green-IoT è necessario prima comprendere il significato di IoT (Internet of Things). Il termine IoT è stato coniato per la prima volta coniato nel 1998 da Kevin Ashton, e, soprattutto nell'ultimo decennio, ha guadagnato sempre maggiore attenzione sia da un punto di vista accademico che industriale. Nella comunità di ricerca, IoT è stato definito da diverse prospettive, motivo per cui nella letteratura esistono numerose definizioni del termine. La ragione di tale sfocatura è data dalla composizione sintattica della parola, data dai termini: "internet" e "cose",

portando quindi a visioni di orientamento diverso. In realtà, IoT significa semanticamente “rete mondiale di oggetti interconnessi e indirizzabili in modo univoco, basata su protocolli di comunicazione standard” (Bandyopadhyay, Sen, 2011).

Il concetto di G-IoT si basa sugli stessi dispositivi di calcolo, protocolli di comunicazione e architetture di rete delle IoT, ma con paradigmi di produzione più ecologici ed efficienti dal punto di vista energetico per la realizzazione di prodotti e servizi (consumo di energia, emissioni di carbonio ed inquinanti tossici ridotti) (Maksimovic, 2018).

Maksimovic (2018) afferma che per soddisfare i principi generali del G-IoT, è richiesto di svolgere i seguenti compiti:

- Progettazione eco-compatibile e utilizzo di bio-prodotti nella produzione di componenti G-IoT (il futuro sta nella produzione e nell'utilizzo di dispositivi biodegradabili e di unità di elaborazione di nano-potenza).
- Ridurre il consumo energetico degli impianti (ad esempio, attraverso lo spegnimento delle apparecchiature G-IoT quando non sono in uso e lo spegnimento mediante l'esecuzione di algoritmi di programmazione del sonno; migliorare l'efficienza del raffreddamento del centro dati e dell'alimentazione elettrica; progettare chip e unità disco efficienti dal punto di vista energetico, ecc;)
- Utilizzare fonti di energia verde rinnovabile come solare, eolica, acqua, ossigeno, geotermica, biogas, mentre in futuro ci si può aspettare l'uso di batterie biodegradabili e di energia wireless.
- Spostare l'elaborazione e l'archiviazione potente, decentralizzata e intelligente ai margini della rete dove vengono generati i dati G-IoT, che consentono di superare con successo le sfide di latenza, larghezza di banda, privacy e costi.
- Trasmettere le informazioni solo quando è necessario/richiesto (ad esempio, consegna dei dati predittivi o architettura Edge/Fog/Cloud che riduce notevolmente la quantità di dati trasmessi inviando solo le informazioni critiche);
- Ridurre al minimo la lunghezza del percorso dei dati (ad esempio, implementazione di tecniche di instradamento efficienti dal punto di vista energetico o meccanismo di funzionamento della rete);
- Ridurre al minimo la lunghezza del percorso dati wireless (ad esempio, implementazione di una progettazione architettonica efficiente dal punto di vista energetico, relaying cooperativo);

- Scambiare l'elaborazione per le comunicazioni (ad esempio, fusione dei dati, rilevamento a compressione);
- Applicare tecniche di comunicazione avanzate (ad esempio, MIMO (multiple-input-multiple-output) o l'utilizzo cognitivo della radio) (*ibid.*)

2.4. Quali sono i problemi ambientali legati all'utilizzo delle G-IoT?

Nonostante le applicazioni e i benefici dell'utilizzo delle G-IoT, o delle ICT in generale, siano considerevolmente più rilevanti di quelli che sono le problematiche, GeSi (2015) stima che i benefici siano 9.7 volte migliori delle emissioni dovute alle ICT. Prima di affrontare quindi quelli che sono i benefici è importante considerare l'impatto che l'utilizzo di apparecchiature elettroniche ha sull'ambiente.

A tale scopo è possibile comprendere l'impatto ambientale attraverso due punti di vista: il punto di vista dei rifiuti elettrici e quello dell'utilizzo dell'energia elettrica.

Secondo la stima riportata da International Data Corporation (IDC) il mercato delle IoT (e di conseguenza delle G-IoT) è in continua espansione, e il numero di dispositivi connessi tra di loro sarà di circa 41.4 miliardi nel 2025 (si intende qualunque dispositivo, da macchinari a sensori) (Framingham, 2019). Ciò implica però che aumenteranno i cosiddetti rifiuti elettronici (e-waste), Quintos (2020) afferma che ogni anno vengono prodotti all'incirca 50 milioni di tonnellate di rottami elettronici, e solo il 20% di questi viene riciclato. È stimato che se solo il 10% dei dispositivi IoT viene cestinato all'anno a partire dal 2021, ciò potrebbe significare 2+ miliardi di nuovi rifiuti elettronici all'anno. Certo è che la maggior parte di questi sarà molto più piccola rispetto agli attuali rifiuti elettronici e molti saranno incorporati in rifiuti più grandi, ma l'impatto potrebbe ancora essere significativo (Vertatique, 2014). Un aumento di tale consistenza vedrà, come anticipato, crescere quindi da un lato i rifiuti elettronici, e dall'altro il consumo di energia applicata per svolgere i diversi compiti. Parlando di ICT durante tutto il ciclo di vita del prodotto vengono utilizzate quantità rilevanti di materie prime ed elettricità. Si stima che l'uso totale di quest'ultima è una tendenza in aumento costante. Nel 2022 il consumo di energia elettrica sarà duplicato rispetto a 10 anni prima, e addirittura arriverà a triplicare i livelli del 2010 nel 2030, con un consumo intorno ai 1700 TW (Maksimovic, 2018).

Attualmente circa la quota di emissioni globali di CO₂ è influenzata del 4% dal mondo delle ICT, e il costante aumento dell'utilizzo dell'internet farà aumentare fino al 60% l'utilizzo delle risorse energetiche mondiali ai fini riguardanti ICT (*ibid.*). Questo andamento ovviamente non può essere

mantenuto, come vedremo poi attraverso l'utilizzo green delle tecnologie è possibile ridurre l'impatto ambientale delle stesse.

2.5. Quali sono i benefici dell'utilizzo delle G-IoT?

Come vedremo nel prossimo capitolo i benefici ambientali, sociali ed economici derivanti da un utilizzo green delle IoT sono estremamente rilevanti. Si prevede che grazie all'utilizzo di queste tecnologie e la creazione di ambiente intelligenti per diverse applicazioni, quali la salute, l'energia, il cibo ecc. si otterranno trilioni di valore grazie alla riduzione dei costi derivanti (Thierer, Castillo, 2015). Maksimovic afferma che per avere un luogo di vita sostenibile sia necessario ridurre la produzione di carbonio ed il consumo di energia, pertanto l'utilizzo delle ICT, delle IoT e in particolar modo delle G-IoT sia di fondamentale importanza (*ibid.*). Gli studi pubblicati da GeSi (2015) stimano che l'utilizzo delle tecnologie possono consentire una riduzione del 20% delle emissioni globali di CO2 entro il 2030, offrendo benefici ulteriori quali l'aumento delle rese dell'agricoltura del 30%, risparmiando quantità significative sia di acqua che di petrolio. Sono attesi anche benefici sociali, si stima infatti che sarà possibile collegare alla cosiddetta economia della conoscenza circa 2,5 miliardi di persone entro il 2030, dando a queste accesso all'assistenza sanitaria e agli strumenti di E-learning (*ibid.*).

Capitolo 3: applicazioni delle G-IoT: cosa possono fare per l'ambiente?

Introduzione capitolo 3

Dopo aver introdotto i concetti di sostenibilità ambientale e trasformazione digitale, in particolar modo le G-IoT, è ora possibile analizzare quelli che sono i legami tra le due parti. Il capitolo tratta quindi di come le tecnologie G-IoT, con l'utilizzo combinato di queste con i trend analizzati in precedenza in tab.1, possono essere applicati con fini sostenibili. In particolar modo l'analisi di questo capitolo tratta l'utilizzo di tali risorse in vari settori, quali l'agricoltura, il settore energetico e industriale/manifatturiero. Non possono però essere trascurate quelli che sono gli utilizzi ai fini della gestione idrica e dei trasporti cittadini e logistici. Infine, come detto in precedenza, l'analisi prende in considerazione anche la gestione dei rifiuti elettronici.

3.1. Agricoltura

Il settore primario rappresenta un importante fonte di sostenimento per la maggior parte dei paesi del mondo, e nonostante i metodi agricoli moderni stiano aumentando la produzione costantemente, spesso danneggiano la terra e la biodiversità presente nel terreno. Secondo gli studi condotti da Ritchie e Roser (2020°) il settore primario contribuisce alle emissioni di gas serra per circa il 18% del totale [fig. 2]. Di queste emissioni la maggior parte arrivano dall'agricoltura (considerando sia le coltivazioni di colture che di bestiame) e dalla deforestazione.

L'importanza che quindi ha questo settore nella promozione alla sostenibilità ambientale è quindi centrale, e le green-IoT possono essere di certo uno strumento fondamentale al fine di raggiungere l'obiettivo, portando miglioramenti significativi nell'intero settore agricolo, attraverso l'automazione della produzione, dei fattori di coltivazione e degli input, l'agricoltura di precisione, la logistica, la tracciabilità, il monitoraggio a distanza, il processo decisionale, le previsioni, ecc (Maksimovic, 2018).

Come sottolinea Maksimovic (2018) la realizzazione di un'agricoltura verde richiede investimenti finanziari, in capitale umano e fisico e in ricerca e sviluppo, con lo scopo di gestire al meglio la fertilità del terreno, la salute delle piante e degli animali, oltre che un utilizzo delle risorse (acqua, energia ecc) più efficace. Le tecnologie IoT, come sensori, sistemi informativi geografici e analisi avanzata dei dati possono contribuire in modo significativo a rendere il settore più sostenibile, produttivo e preciso. È possibile quindi monitorare le colture, il suolo, il clima, erbe infestanti o insetti/malattie, i livelli di alimentazione del bestiame, l'irrigazione automatica ecc (ibid.).

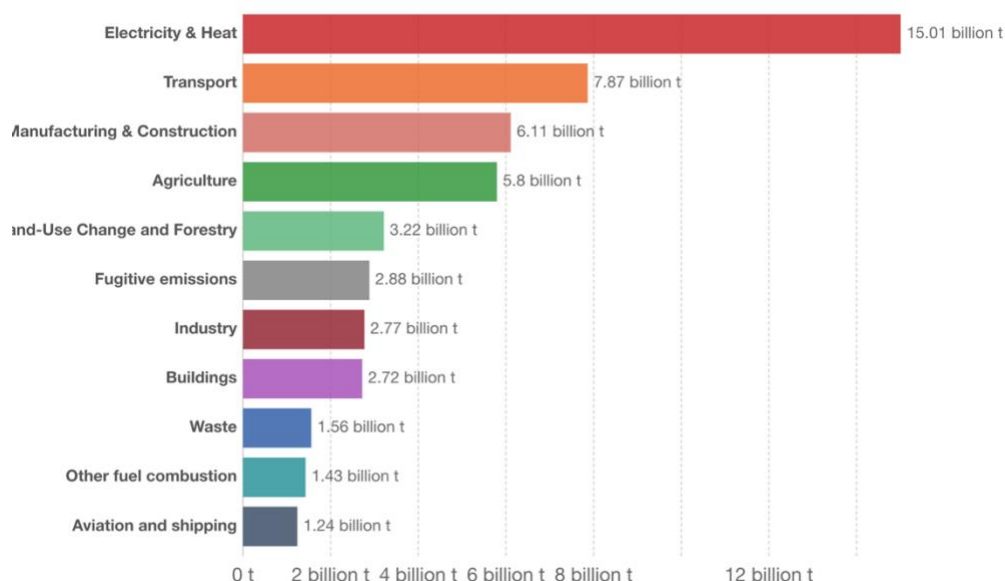


Figura 2: Emissioni di CO2 per settore nel 2016

Alcuni esempi di applicazione delle IoT atti a rendere l'agricoltura green possono essere trovati in numerose opere, di seguito alcuni esempi:

- Internet per il cibo e l'agricoltura (IOF2020) è un consorzio di aziende italiane che usano le tecnologie IoT con l'obiettivo di svolgere il lavoro autonomamente e raccogliere dati in modo da poter essere più efficiente nella produzione e negli sprechi. Nello specifico nel caso esempio dell'uso dei seminatori, attraverso le tecnologie è possibile comprendere l'umidità nel suolo, così da decidere se irrigare il terreno o meno. Inoltre, è possibile ricevere informazioni riguardanti un eventuale malattia nel terreno, potendola così intervenire tempestivamente (Pisanò, 2019).
- Rowbots è una piattaforma robotica che automatizza il lavoro nella coltivazione del mais, raccogliendo informazioni con la possibilità di prevenire sprechi o ottimizzare la produzione (GeSi, 2015)
- FAMOSA, una compagnia italiana che propone soluzioni su una base tecnologica per il monitoraggio e il management dell'irrigazione dei kiwi (*ibid.*)

Il monitoraggio del clima e delle previsioni, del bestiame, una logistica intelligente, in aggiunta a tutto ciò esposto finora, permettono quindi di controllare e comunicare 24/7 informazioni utili a monitorare e risolvere i problemi di interesse.

Questo aumento in produttività ed efficienza energetica e delle risorse, ha come risultato una riduzione delle emissioni. L'analisi fatta da GeSi (2015) prevede che entro il 2030 potranno essere risparmiati 1 miliardo di MW di energia, aumentando la resa media di 897 kg/Ha di terreno, grazie ad un uso coerente ed intelligente delle green IoT. Inoltre, con un investimento di 2 miliardi di dollari nelle tecnologie nel settore agricolo è possibile ridurre del 16% le emissioni pericolose, risparmiando sui costi per riduzione dell'uso d'acqua fino a 110 miliardi di dollari (*ibid.*).

3.2. Gestione dell'energia

Per poter raggiungere a pieno quelli che sono gli obiettivi dell'Agenda 2030 non si può non prendere in considerazione il settore energetico, settore di fondamentale importanza. L'interesse riguardante la sostenibilità relativamente al settore è sempre più crescente, e l'Unione Europea ha fissato quelli che sono gli obiettivi per il 2030 (UE):

- Almeno il 40% di riduzione delle emissioni di gas serra (rispetto ai livelli del 1990).
- Almeno il 32% di quota per le energie rinnovabili.
- Miglioramento dell'efficienza energetica di almeno il 32,5%.

GeSi (2015) sottolinea come attraverso l'aiuto delle Green-IoT sia possibile migliorare l'efficienza delle reti, accelerando così il processo di de-carbonizzazione del settore energetico. L'utilizzo di reti elettriche intelligenti (smart grid) rende possibile un maggiore equilibrio tra domanda e offerta di energia. Le reti intelligenti saranno composte da reti microgrid, collegate tra loro attraverso un Cloud, capaci di eseguire monitoraggio e manutenzioni automaticamente, grazie ai dati raccolti con le IoT. L'automatizzazione delle reti elettriche inoltre rende la distribuzione e lo stoccaggio di energia più efficiente, migliorando quella che è l'integrazione all'energia prodotta "tradizionalmente" a quella rinnovabile. Oltre a questa soluzione le Green-IoT possono contribuire alla sostenibilità energetica in altri modi, si pensi ad esempio ai possibili business model attuabili grazie all'internet delle cose, e in genere alle tecnologie, quali la dematerializzazione di alcuni servizi, modificando le modalità di lavoro (da fisico a telelavoro), rendendo così possibile un minore impatto ambientale dovuto agli spostamenti per esempio (Vidas-Bubanja, 2014). GeSi dichiara che attraverso l'introduzione del così detto E-Business (telelavoro) sia possibile, oltre che risparmiare miliardi di litri di carburante, ridurre le quantità di carta utilizzata di centinaia di migliaia di tonnellate, e salvare miliardi di ore di lavoro grazie alla interazione online.

Le previsioni future (2030) riguardanti la sostenibilità raggiungibile attraverso l'implementazione delle Green-IoT nei sistemi energetici sono le seguenti 34:

6.3 miliardi MWh di energia risparmiata (energia prodotta riducibile di un 20% di quella attuale)

700,000 km di rete fisica risparmiati (a cause dalla maggiore efficienza nella generazione e distribuzione)

€680 miliardi di ricavi aggiuntivi (più €1.77 miliardi di ricavi aggiuntivi per il settore ICT)

Benefici sociali dovuti a minori costi, servizi ai consumatori migliorati, emissioni ridotte, aumento in affidabilità e un accesso più universale all'energia (ibid.)

3.3. Industria e manifatturiero

Come per l'agricoltura, il settore industriale e manifatturiero è tra le cause principali dell'inquinamento a livello globale. Rimandando alla fig. 2 il settore è una delle cause principali delle emissioni di gas terra, escludendo la produzione di energia utilizzata da industrie e operatori in

generale, circa il 17% delle emissioni globali deriva da tali settori (Ritchie, Roser, 2020). Diventano perciò necessari interventi da parte delle tecnologie, le quali sono sempre più integrate nel mondo industriale grazie alla cosiddetta industria 4.0. Questa viene definita come un collegamento tra i processi di produzione fisici con quelli informativi, attraverso l'utilizzo delle IoT (Gabriel, Pessl, 2016) e permette di collegare la produzione industriale a quelli che sono i vantaggi del mondo digitale ((Beier, Niehoff, Xue, 2018). Attraverso l'industria 4.0 è quindi possibile raggiungere quindi una produzione più smart, strumenti quali i sistemi ciber-fisici (sistemi informatici in grado di interagire con sistemi fisici), sistemi embedded (qualunque sistema dotato di microprocessore), le IIoT (industrial internet of things), network globali, analisi dei dati e cloud computing, stampanti 3-D, droni e robotica in generale, rendono l'industria e il settore manifatturiero in generale più efficiente nella produzione, in grado di generare maggiore valore per i clienti grazie a servizi più integrativi, risultato più flessibili e con più alta qualità, oltre che a raggiungere un'efficienza energetica maggiore (<http://www.fao.org/3/i1688e/i1688e.pdf>). Il potenziale quindi è altissimo, ma per poter raggiungere tali soluzioni è necessario una regolamentazione governativa, in quanto i prezzi giocano un fondamentale ruolo per la sostenibilità. Rendere l'industria più verde richiede quindi supporto da tutti gli stakeholder in gioco, nazionali e non (Maksimovic, Gavrilovic, 2016).

Le previsioni ambientali del rendere il settore più smart sono ottime, si prevede che entro il 2030 sia possibile risparmiare 4.2 miliardi MWh di energia, 81 miliardi di litri d'acqua, accompagnati da una riduzione di 12,08 Gt di CO2 equivalenti, oltre che risparmiare circa 10 miliardi di euro (GeSi, 2015).

3.4. Gestione dell'acqua

Una delle sfide principali per lo sviluppo sostenibile proposto dall'agenda 2030, sia per i Paesi in via di sviluppo che quelli sviluppati, è quella di garantire a tutta la popolazione un accesso affidabile e continuo all'approvvigionamento idrico e ai servizi igienico-sanitari. Secondo il rapporto sullo sviluppo mondiale dell'acqua delle Nazioni Unite, entro il 2050, almeno una persona su quattro si troverà a vivere in uno stato di carenza cronica o ricorrente di acqua dolce (OECD, 2009). L'accesso quindi ai servizi appena citati è una delle sfide principali per lo sviluppo sostenibile. Secondo la ricerca appena citata la crescente scarsità di risorse idriche nel mondo richiede la sempre più necessaria capacità di una gestione più efficace ed efficiente di questa preziosa risorsa naturale (ibid.)

Per ovviare a questa necessità si può ricorrere alle tecnologie legate al concetto di Green-IoT. ITU (2010) propone quelle che sono le principali aree in cui le tecnologie verdi possono giocare un ruolo fondamentale, e sono le seguenti:

Mappatura delle risorse idriche e previsioni del tempo: la mappatura delle risorse idriche sta diventando una pratica essenziale per le società moderne. Poiché le risorse sono limitate, le autorità idriche devono poter valutare e comprendere le caratteristiche e i volumi dell'approvvigionamento idrico, così da poter soddisfare la domanda di acqua per una crescita economica sostenibile.

Tecnologie quali sensori basati su onde radio sono una delle principali fonti di osservazione e informazione sull'atmosfera e sulle condizioni ambientali. I sistemi di telerilevamento satellitare e i sistemi di informazione geografica (GIS) garantiscono una gestione ed un monitoraggio più efficiente delle risorse idriche, oltre che la valutazione del rischio idrologico. Una combinazione tra le tecnologie GIS e GPS ha inoltre permesso l'identificazione di nuove fonti di acqua dolce.

Tecnologie quali GIS sono utilizzati ad esempio in Cina, dove il Yellow River Basin Geographical Information Center utilizza le tecnologie sopra nominate per studiare e prevedere il flusso del Yellow River (fiume Giallo), dopo che le inondazioni passate sono costate migliaia di vite e risorse (GeSi, 2015)

Gestione degli asset per la rete di distribuzione dell'acqua: Il posizionamento di sensori in tutta la rete di distribuzione dell'acqua e contatori intelligenti presso le utenze possono permettere ai distributori un utilizzo più efficiente dell'acqua. La capacità di identificare tramite le IoT perdite sulla rete renderà le riparazioni più rapide ed efficaci. Con lo sviluppo futuro delle nanotecnologie inoltre sarà possibile rendere le tubazioni "intelligenti", innescando l'autoriparazione dei tubi stessi.

Irrigazione just in time in agricoltura: In questo caso la tecnologia IoT che viene utilizzata è quella del "sensor semantic web", ovvero una rete di sensori, che connessi tra loro possono raccogliere informazioni, utili a analizzare e interpretare il contesto agricolo in cui si sta irrigando. Secondo FAO (2011) il 70% dell'acqua prelevata a livello mondiale viene utilizzata per l'agricoltura, questo dato è un trend in aumento a causa dell'aumento della domanda di approvvigionamento alimentare dovuto alla crescente popolazione mondiale. È quindi essenziale sapere quando irrigare e giusto volume d'acqua da utilizzare. Attraverso la tecnologia descritta a inizio paragrafo è possibile monitorare i livelli di umidità del terreno, così da poter automatizzare le valvole di irrigazione sulla base della necessità dello specifico suolo e della specifica pianta. Un esempio è quello dell'azienda olandese Dacom, che attraverso l'utilizzo di tali sensori, combinati con tecnologie GPS e internet,

riescono a determinare quale sia il momento ottimale per l'irrigazione, riducendo gli sprechi d'acqua e ottimizzando la crescita delle colture. Tali sistemi vengono utilizzati anche in altri ambiti, come nei campi sportivi (calcio e golf).

Predisporre sistemi di allarme rapido e soddisfare la domanda d'acqua nelle città del futuro: dal punto di vista delle città la gestione delle risorse idriche è un problema dividibile in due parti. In primo luogo, l'aumento della popolazione all'interno delle città ha come inevitabile conseguenza l'aumento della domanda di acqua potabile. La maggior parte delle città riforniscono d'acqua i propri cittadini attraverso l'utilizzo delle falde acquifere. Un utilizzo intelligente di tali risorse può essere fatto attraverso le tecnologie GIS, che permettono con il monitoraggio e l'analisi di parametri specifici di comprendere e localizzare le migliori aree di ricarica. In secondo luogo, città che si sviluppano vicino ad un fiume, ad un mare o qualunque fonte rilevante d'acqua, sono sottoposte ad un problema crescente relativamente le inondazioni. I cambiamenti climatici stanno rendendo sempre più possibili tali disastri, motivo per cui è essenziale prevenirli. La fondazione IJkdijk, attiva nei Paesi Bassi, utilizza le IoT per controllare gli argini, attraverso il monitoraggio della temperatura dell'acqua, la pressione che questa dà all'infrastruttura, le deformazioni del suolo ed altri parametri, riescono a prevedere una possibile inondazione con 42 ore di anticipo (Stuijt 2009).

In conclusione, una corretta gestione dell'acqua è essenziale per la salvaguardia degli ecosistemi d'acqua dolce, e l'utilizzo delle G-IoT può contribuire in modo significativo al risparmio idrico.

3.5. Logistica e trasporti

L'implementazione di opzioni di trasporto a basse emissioni può creare vantaggi sia da un punto di vista economico che sociale, migliorando la qualità dell'aria, la sicurezza delle strade e riducendo la povertà (Lefevre, Enriquez, 2014). Secondo Maksimovic (2018) il 95% dell'energia dei trasporti nel mondo proviene da benzina o diesel, rendendo il settore dei trasporti uno dei maggiori responsabili delle emissioni globali di CO₂. Di queste emissioni il 75% proviene dai trasporti su strada, anche se le emissioni derivanti da trasporto aereo e marittimo sono in rapida crescita. L'uso di energia nei trasporti è destinato a raddoppiare entro il 2050.

A livello urbano la combustione dei veicoli è responsabile di circa il 75% dell'inquinamento atmosferico, contribuendo a circa 3.7 milioni di morti premature nel 2012. Il miglioramento delle tecnologie dei carburanti, o il passaggio a modalità di trasporto più sostenibili, possono migliorare la qualità dell'aria in modo significativo (Gabriel, Pessl, 2016).

Per rendere il trasporto, secondo IEA (2009), più green è necessario seguire i principi di seguito illustrati [tab 2]:

- Migliorare i veicoli e i carburanti utilizzati (e.g. veicoli elettrici).
- Ridurre i viaggi o evitarli (attraverso tecnologie IoT è e sarà sempre più conveniente l'uso di videoconferenze o collaborazioni non fisiche).
- Utilizzare modalità di trasporto più efficienti (e.g. car sharing)

Secondo GeSi (2015) rendere i trasporti intelligenti è importante, sia dal punto di vista della convenienza sia dal punto dell'affidabilità che si porta sia al trasporto di persone che di cose. La mobilità intelligente e la logistica rientrano nelle seguenti tre categorie, ognuna con applicazioni diverse, ma utili a rendere più sostenibile il settore dei trasporti:

Controllo e l'ottimizzazione del traffico: Facilitati da soluzioni tecnologiche quali sensori interconnessi, tecnologie di localizzazione e infrastrutture intelligenti, è possibile contribuire alla sicurezza e alla convenienza, attraverso ad esempio allarmi anticollisione e mantenimento della corsia. Attraverso la possibile connessione tra veicoli, strade, luci e sistemi di controllo stradali è possibile ottimizzare la guida, oltre che raccogliere informazioni tali da rendere più scorrevoli le strade, consigliando al conducente i migliori percorsi e parcheggi vicini al punto di arrivo. Tramite questi miglioramenti delle informazioni e delle pianificazioni sarà quindi possibile rendere più efficiente la guida cittadina, evitando incidenti, congestioni e emissioni derivanti da queste (ibid.).

Trasporto privato connesso: si intende il collegamento tra persone e veicoli con origi e destinazioni simili. Un esempio può essere fatto grazie alle piattaforme di car-sharing, dove le automobili vengono condivise da più passeggeri con destinazioni simili. La possibilità inoltre di inserire tecnologie G-IoT quali la possibilità di una guida senza conducente, possono avere un impatto significativo sul trasporto privato. Avere veicoli sempre più intelligenti rende possibile avere al loro interno sempre più servizi, quali una migliore navigazione e comunicazione, ottimizzando i percorsi e la sicurezza individuale (ibid.).

*Tabela 2:
impatti
delle
tecnologie
sui trasporti*

	CO ₂ reduction potential	CO ₂ reduction cost-effectiveness	Mobility/access/equity improvement	Air quality improvement	Traffic congestion reduction	Noise reduction	Safety improvement
Travel reduction/modal shift	Medium-high	Variable and uncertain	Medium-high	Medium-high	Medium-high	Variable	Medium-high
Fuel economy improvement	Medium-high	Medium-high	None	Low	None	None	None
Electric/fuel cell vehicles	Variable	Low-medium	None	High	None	High	None
Biofuels	Variable	Variable	None	Low	None	None	None

Logistica intelligente: Collegare i veicoli, prodotti e unità di carico attraverso tecnologie quali l'analisi avanzata dei dati, la telematica e la tecnologia dei sensori, permette al settore logistico di aumentare la flessibilità e l'efficienza del trasporto su strada, ferroviario, aereo e marittimo. L'ottimizzazione dei percorsi ad esempio permette una maggiore efficienza operativa, grazie alla pianificazione è possibile ridurre incidenti, corse a vuoto o costose ridondanze. Anche il tracciamento delle merci diventa più semplice e flessibile (ibid).

Si prevede che attraverso queste implementazioni tecnologiche sia possibile raggiungere entro il 2030 i seguenti traguardi:

- 750 milioni di litri di carburante salvati: la soluzione di logistica intelligente inoltre permetterà di salvare 3.8 miliardi di kg di legno.
- Circa 850 miliardi di euro di costi risparmiati: dovuti ad esempio al minore interesse in acquistare auto e la diminuzione degli incidenti.
- Circa 42 miliardi di ore salvate: efficienza del traffico ad esempio ridurrà il tempo trascorso in strada. (ibid.).

Secondo Lefevre e Enriquez (2014) leader mondiali però devono essere aperti a politiche che sostengano l'avanzamento tecnologico, ribaltando la situazione relativa all'espansione urbana. Il Messico, ad esempio, promuove comunità urbane compatte attraverso il finanziamento di sviluppo di infrastrutture nel nucleo urbano al posto della periferia. Il sostegno politico dell'uso del territorio è quindi necessario per passare a trasporti più green e sostenibili.

3.6. E-waste

Come già detto nel secondo capitolo dell'elaborato la produzione e l'utilizzo delle G-IoT e in generale delle tecnologie produce rifiuti ed emissioni. I rifiuti elettronici rappresentano la tipologia di rifiuti più in rapida crescita (3-5% all'anno in più) (Cucchiella, D'Adamo, Koh, Rosa, 2015). Secondo Maksimovic (2018) si intende applicare le tecnologie per rimuovere le emissioni prodotte durante le operazioni di smaltimento, nonché riciclare i rifiuti elettronici, trasformandoli quindi in risorse [fig.3]

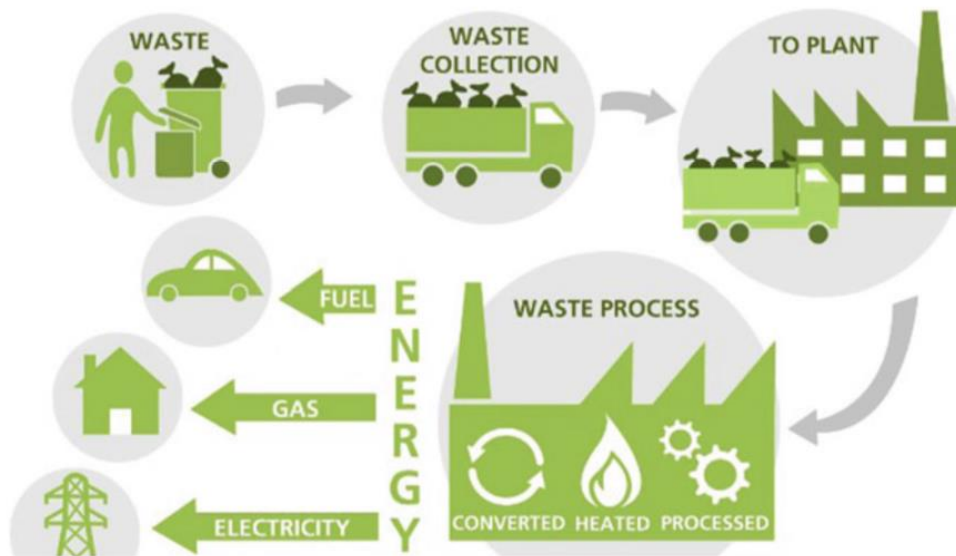


Figura 3: Gestione e riciclo dei rifiuti elettronici

Secondo Nayab (2011) il riciclaggio dei rifiuti elettronici porta alla rimozione di alcuni rischi per la salute e per l'ambiente, oltre che alla conservazione delle risorse e di energia.

Aziende in tutti il mondo stanno installando sistemi IoT per gestire al meglio i rifiuti (ad esempio Enevo, Bigbelly, Sutera) (Musulin, 2015).

Soluzioni basate su sensori e raccolta dati sono utili ad esempio a gestire al meglio la logistica relativa ai camion della spazzatura, oltre che analizzare al meglio i dati relativi alla spazzatura così da ottimizzarla al meglio.

Maksimovic (2018) da quelli che sono alcuni dei benefici economici derivanti dall'utilizzo delle G-IoT nel settore dell'E-waste:

Efficienza energetica e conservazione dei materiali preziosi contenuti all'interno di questi (quali oro, argento, platino, alluminio, ferro e rame). Secondo CFES afferche che il riciclaggio dei rifiuti elettronici può far risparmiare fino al 70% di energia grazie

I prodotti elettronici rinnovati o riparati risultato più convenienti ed economici rispetto a quelli nuovi.

Le potenziali entrate economiche secondo Morgan (2015) sono di circa 3 miliardi di euro.

Conclusioni

La letteratura, nonostante il grado di incertezza presente, tende a considerare gli effetti diretti dell'esistenza e dell'utilizzo delle G-IoT, quali l'impatto sul consumo energetico o sulla quantità di rifiuti elettronici, inferiori a quelli che sono gli effetti indiretti (spigati nel terzo capitolo). Sulla base di queste le seguenti conclusioni.

Valutando l'analisi della triple bottom line l'impatto che la rivoluzione digitale ha può considerarsi più che positivo. Da un punto di vista sociale infatti, queste innovazioni possono avere effetti molto positivi, quali la facilitazione della vita quotidiana cittadina o una maggiore qualità e disponibilità dell'acqua dolce. Dal punto di vista economico invece le migliorie possono essere sia prettamente contabili (diminuzione dei costi e conseguente aumento dei ricavi) sia strategiche: una possibile fidelizzazione dei clienti legati al concetto di sostenibilità potrebbe essere un esempio di quanto appena detto, come anche un rapporto con gli stakeholder più profittevole. Infine, le ripercussioni ambientali sono di ottime prospettive. Un abbassamento dei livelli di CO2 prodotti porta con sé molte conseguenze, quali un rallentamento dell'uso scorretto delle risorse del pianeta, una diminuzione dell'innalzamento delle temperature o del livello dei mari.

La letteratura si dimostra però non completamente affidabile. Tutto ciò appena detto è infatti basato su una bibliografia fondata su predizioni, quindi i risultati descritti sono da prendersi per veritieri nel momento in cui l'uso futuro delle G-IoT, e delle tecnologie in generale, sia fatto con coerenza da tutti gli attori in gioco. Infatti, è importante sottolineare quanto l'impatto digitale dipenda da fattori quali la diffusione e la coerenza di utilizzo delle tecnologie. Con un'analisi dell'ambiente minima è possibile, basandosi ad esempio su un'analisi PESTEL, capire quanto delle condizioni così complesse (quali il corretto utilizzo delle tecnologie) siano molto difficili da prevedere. Attori quali i governi o il progresso tecnologico presente nello Stato o regione di appartenenza sono di significativa importanza. Se, ad esempio, un ambiente competitivo non ha stimoli al progresso, è molto difficile rendere virtuoso il legame tra sostenibilità ed ambiente. In questo caso un intervento da parte di organizzazioni nazionali o internazionali è fondamentale.

In conclusione, sulla base della letteratura esaminata l'implemento delle tecnologie negli utilizzi comuni sia organizzativi che non è una fondamentale fonte di sostenibilità. Il lavoro da parte di organizzazioni legislative, industriali, cittadine ecc. deve però incrementare quella che è la sensibilizzazione ecologica per poter permettere la diffusione dell'utilizzo responsabile delle risorse e delle tecnologie, solo in questo modo è possibile beneficiare dei vantaggi finora descritti.

Riferimenti Bibliografici

- BEIER, G., NIEHOOFF, S., XUE, B., 2018. More Sustainability in Industry through Industrial Internet of Things? *Applied sciences*. 2018, 8 (219), 1-12.
- D. Bandyopadhyay and J. Sen, "Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization", *Wireless Pers. Commun.*, vol. 58, no. 1, pp. 49-69, 2011.
- BANDYOPADHYA, D., SEN, J., 2011. Internet of things: applications and challenges in technology and standardization. *Wireless Pers. Commun.* Vol. 58, no. 1, pp. 49-66.
- BARBIER, E., 2012. The Green Economy Post Rio+20. *Science*. 16 Nov 2012: Vol. 338, Issue 6109, pp. 887-888.
- BOGLIARDI, R., L'imperativo della sostenibilità: sempre più italiani scelgono prodotti buoni per la propria salute e per l'ambiente [online]
- BUGHIN, J., LaBERGE, L., MELLBYE, A. (2018). The case for digital reinvention. *Digital reinvention: Unlocking the 'how' – Digital McKinsey*. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/ourinsights/digitalreinvention-unlocking-the-how>
- CFES, 2012. The environmental and economic benefits of electronic waste recycling. [Online]. <http://cashforelectronicscrapusa.com/the-environmental-and-economic-benefits-of->
- CUCCHIELLA, F., D'ADAMO, I., KOH, S. C. L., & ROSA, P. (2015). Recycling of WEEEs: An economic assessment of present and future e-waste streams. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 263–272.
- FAO. 2011. The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk (online) Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London. <http://www.fao.org/3/i1688e/i1688e.pdf>
- FRAMINGHAM, M., 2019, The Growth in Connected IoT Devices is Expected to generate 79.4ZB in Data in 2025, according to a New IDC Forecast. IDC [https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS45213219#:~:text=18%20Jun%202019-,%20The%20Growth%20in%20Connected%20IoT%20Devices%20Is%20Expected%20to%20Generate,to%20a%20New%20IDC%20Forecast&text=A%20new%20forecast%20from%20International,ZB\)%20of%20data%20in%202025.](https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS45213219#:~:text=18%20Jun%202019-,%20The%20Growth%20in%20Connected%20IoT%20Devices%20Is%20Expected%20to%20Generate,to%20a%20New%20IDC%20Forecast&text=A%20new%20forecast%20from%20International,ZB)%20of%20data%20in%202025.) (data di accesso: 8 agosto 2020)
- GABRIEL, M. PESSL, E., 2016. Industry 4.0 and sustainability impacts: critical discussion of sustainability aspects with a special focus on future of work and ecological consequences.

ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, Tome XIV [2016] (Fascicule 2), 131-136.

- GeSi, 2015. #SMARTer2030-ICT solutions for 21st century challenges. Brussels, Belgium: Global e-Sustainability Initiative (GeSI). [Online]. http://smarter2030.gesi.org/downloads/Full_report.pdf
- IEA. (2009). Transport, energy and CO2. Paris: International Energy Agency. [Online]. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/transport2009.pdf>
- I-SCOOP. <https://www.i-scoop.eu/digital-transformation/> (data di lettura: 6 agosto 2020)
- ITU, 2010. ICT as an enabler for smart water management. ITU-Technology watch report. [Online]. http://www.itu.int/dms_pub/itu/oth/23/01/T23010000100003PDFE.pdf
- LEFEVRE, B., ENRIQUEZ, A., 2014. Transport Sector Key to Closing the World's Emission Gap. World Resources Institute <https://www.wri.org/blog/2014/09/transport-sector-key-closing-world-s-emissions-gap> (data di lettura: 17 agosto 2020)
- LOISEAU, E., SAIKKU, L., ANTIKAINEN, R., DROSTE, N., HANSJÜRGENS, B., PITKÄNEN, K., LESKINEN, P., KUIKMAN, P., THOMSEN, M., 2016. Green economy and related concepts: an overview. J. Clean. Prod. 139, 361–371. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.024>
- MAKSIMOVIC M., 2018 Greening the Future: Green Internet of Things (G-IoT) as a Key Technological Enabler of Sustainable Development. In: Dey N., Hassanien A., Bhatt C., Ashour A., Satapathy S. (eds) Internet of Things and Big Data Analytics Toward Next-Generation Intelligence. Studies in Big Data, vol 30. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60435-0_12
- MAKSIMOVIC, M., Gavrilovic, Z. 2016. Connecting sciences in green: Internet of things and economy. In ENTECH '16/IV. International Energy Technologies Conference (pp. 173–182). Istanbul, Turkey.
- MORGAN, K. (2015). Is there a future for e-waste recycling? Yes, and it's worth billions—A methodology to help organizations in e-waste management. [Online]. <https://www.elsevier.com/atlas/story/planet/is-there-a-future-for-e-waste-recycling-yes,-and-its-worth-billions>
- MUSULIN, K. (2015). Refuse revolution: 4 companies transforming the trash bin. [Online]. <http://www.wastedive.com/news/refuse-revolution-4-companies-transforming-the-trash-bin/405405/>
- NAYAB, N. (2011). Benefits of e-waste recycling. [Online]. <http://www.brighthub.com/environment/green-computing/articles/71375.aspx>

- OECD. 2009. Towards Green ICT strategies: Assessing policies and programmes on ICT and the environment. [Online]. <https://www.oecd.org/sti/ieconomy/42825130.pdf>
- PISANO, A., 2019. L'agricoltura chiama, l'Internet of Things risponde. AgroNotizie. [https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agricoltura-economia-politica/2019/06/10/l-agricoltura-chiama-l-internet-of-things-risponde/63336#:~:text=Internet%20per%20il%20cibo%20e,cose%20\(IoT\)%20in%20agricoltura.&text=Robot%20agricoli%20e%20sensori%20raccolgono,irrigazione%20e%20prevenzione%20delle%20malattie](https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agricoltura-economia-politica/2019/06/10/l-agricoltura-chiama-l-internet-of-things-risponde/63336#:~:text=Internet%20per%20il%20cibo%20e,cose%20(IoT)%20in%20agricoltura.&text=Robot%20agricoli%20e%20sensori%20raccolgono,irrigazione%20e%20prevenzione%20delle%20malattie). (data di lettura: 13 agosto 2020)
- QUINTOS, K., 2020. Why sustainability isn't just for green companies. World economic forum. <https://www.weforum.org/agenda/2020/01/sustainability-green-companies-business-partnership/> (data di lettura: 9 agosto 2020)
- RITCHIE, H., ROSER, M., 2017. Emission by sector. Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector> [Online Resource]
- SLACK, N., BRANDON-JONES, A., JHONSTON, R., Operation management. Ottava edizione. London: pearson education limited. 42-46
- STUIJT, A., 2009. Smart levees predict breaks 42 hours in advance. Digital Journal. <http://www.digitaljournal.com/article/269622> (data di lettura: 16 agosto 2020)
- THIERER, A., CASTILLO, A., 2015. Projecting the growth and economic impact of the internet of things. [Online]. <http://mercatus.org/publication/projecting-growth-and-economic-impact-internet-things>
- UE. https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en (data di lettura: 8 agosto 2020)
- UNCED, 1992. United national conference on environment and development. Rio de Janeiro, 1992.
- VENTITRENTA, la sostenibilità d'impresa, una sfida che genera opportunità. <https://ventitrenta.it/la-sostenibilita/> (data di lettura: 10 agosto 2020)
- VERTATIQUE, 2014. 'Internet of Things' presents Green ICT challenges. [Online]. <http://www.vertatique.com/internet-things-will-require-more-storage-and-bandwidth>
- VIDAS-BUBANJA, M. 2014. Implementation of Green ICT for sustainable economic development. In MIPRO 2014. (pp. 1592–1597). Opatija, Croatia.
- WESTERMAN, G., DIDIER, B., McAFEE, A., 2014 [https://books.google.it/books?hl=en&lr=&id=Fh9eBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR4&dq=Westerman,+G.,+Bonnet,+D.+%26+McAfee,+A.+\(2014\).+Leading+Digital+%E2%80%93+tur+ning+technology+into+business+transformation.+USA:+Harvard+business+review+press.&](https://books.google.it/books?hl=en&lr=&id=Fh9eBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR4&dq=Westerman,+G.,+Bonnet,+D.+%26+McAfee,+A.+(2014).+Leading+Digital+%E2%80%93+tur+ning+technology+into+business+transformation.+USA:+Harvard+business+review+press.&)

ots=o8UnD-

Zssg&sig=bDdSr39IRJzf_darwAwfhPbj2zE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

- PIHIR, I., TOMIČIĆ-PUPEK, K. TOMIČIĆ FURJAN, M., 2018. Digital transformation insight and trends. University of Zagreb, Faculty of Organization and Informatics Department of Information Systems Development, Department of Organization.