# POLITECNICO DI TORINO

**Corso di Laurea Magistrale**
**in Ingegneria Energetica e Nucleare**

Innovazione della Produzione Energetica

Tesi di Laurea Magistrale

# Benefici diretti ed indiretti dei progetti di efficienza energetica
## *Analisi a partire dai dati di CNH Industrial*


**Relatori**

Prof. Masoero Marco Carlo

Ing. Negro Giorgina

**Candidata**

Sara Melloni


Dicembre 2019

## Indice

**Introduzione**……7

**1. I benefici multipli dei progetti di efficienza energetica**……...8

**1.1 Benefici multipli a livello aziendale**……. 10

**1.2 Come valutare i benefici multipli**…….....11

**1.3 Panorama mondiale**……. 15

1.3.1 Panorama mondiale per il settore dei trasporti…….....19

1.3.2 Panorama mondiale per il settore dell'edilizia…….....20

1.3.3 Panorama mondiale per il settore dell'industria…… 21

1.3.4 Panorama per le economie emergenti…… 21

**1.4 Panorama italiano**…… 22

**2. Perché la $CO_2$**……..... 29

**2.1 Cambiamenti climatici**…… 30

**2.2 Effetti del riscaldamento globale**…… 32

**2.3 Interventi contro il riscaldamento globale**…… 34

**3. Benefici nel fissare un prezzo al carbonio**……36

**3.1 Metodi di determinazione dell'IPoC**……...38

**3.2 Calcolo dell'IPoC**…….....43

**4. Esternalità**…… 45

**4.1 Cosa si intende per esternalità**…….....45

**4.2 Quantificazione dell'esternalità**…….....46

**4.3 Il progetto ExternE**……...47

4.3.1 Approccio del percorso di impatto…… 50

4.3.2 Calcolo dell'esternalità tramite la metodologia ExternE…….....51

4.3.3 Come trovare il fattore di caratterizzazione espresso in [YOLL/kg] … 52

**4.4 Limiti della metodologia**…… 54

**5. Caso studio**…… 56

**5.1 Cos'è CNH Industrial**…….....56

5.1.1 Il ruolo di CNH Industrial nella sostenibilità……57

**5.2 Analisi dei consumi**……...62

**5.3 Modello per valutare i benefici dei progetti di efficienza energetica** …65

5.3.1 Valutazione dei benefici diretti……...66

5.3.2 Valutazione dei benefici indiretti……... 68

**5.4 Risultati**…… 77

**Conclusioni**……..... 84

**Riferimenti**…… 86

## Indice delle figure

Figura 1: Benefici multipli dei progetti di efficienza energetica ..... 11
Figura 2: Schema M-Benefits per la valutazione dei NEB ..... 13
Figura 3: Esempio di Business Model Canvas ..... 13
Figura 4: Schema analisi valore-costi-rischi ..... 15
Figura 5: Andamento dell'aumento percentuale della domanda globale di energia.. 16
Figura 6: Contributo dell'efficienza energetica alla riduzione consumi totali di energia ..... 16
Figura 7: Contributo dell'efficienza energetico odierno, secondo lo scenario e per settore ..... 17
Figura 8: Misure per ridurre le emissioni di $CO_2$ secondo lo scenario EWS ..... 18
Figura 9: Contributo dell'efficienza energetica per settore ..... 18
Figura 10: Coperture politiche per settore ..... 19
Figura 11: Riduzione delle emissioni di $CO_2$ per lo scenario EWS per i Paesi emergenti ..... 22
Figura 12: Problematiche legate all'attuazione delle misure di efficienza energetica 24
Figura 13: Ripartizione dei progetti di efficienza energetica con relativi trend ..... 25
Figura 14: Ricorrenza degli interventi di efficienza energetica ..... 26
Figura 15: Ripartizione dei consumi per settore ..... 27
Figura 16: Matrice gap-consumi ..... 28
Figura 17: Matrice gap-consumi per le principali tecnologie ..... 28
Figura 18: Ripartizione percentuali gas responsabili dell'effetto serra ..... 29
Figura 19: Quantità globale di anidride carbonica in [ppm] rilevata negli anni ..... 30
Figura 20: Distribuzione di temperatura nel 1980 ..... 31
Figura 21: Distribuzione di temperatura nel 2018 ..... 31
Figura 22: Iraq e fiume Tigri, Aprile 2015 ..... 32
Figura 23: Iraq e fiume Tigri, Aprile 2019 ..... 32
Figura 24: Andamento della temperatura superficiale delle acque marittime ..... 33
Figura 25: innalzamento del livello del mare ..... 33
Figura 26: Riduzione della massa ghiacciata in Groenlandia ..... 34
Figura 27: Aziende che applicano l'IPoC nel 2014 ..... 36

Figura 28: Aziende che applicano l'IPoC nel 2017 ..... 37
Figura 29: Diversi valori dell'IPoC nel mondo ..... 42
Figura 30: Esternalità per ogni fonte energetica ..... 46
Figura 31: Tabella inquinanti e relativi effetti ..... 49
Figura 32: Diagramma del percorso di impatto ..... 50
Figura 33: Logo di CNH Industrial ..... 56
Figura 34: Suddivisione marchi CNH Industrial per brand ..... 57
Figura 35: Suddivisione CNH Industrial per regione ..... 57
Figura 36: Matrice di materialità ..... 58
Figura 37: riduzione delle emissioni di anidride carbonica da parte dell'azienda ..... 59
Figura 38: Impegno dell'azienda ad usare energia rinnovabile ..... 60
Figura 39: KPI [GJ/TMH] ..... 61
Figura 40: KPI [tCO2/TMH] ..... 61
Figura 41: Actual vs target energia rinnovabile ..... 61
Figura 42: Modello sviluppato ..... 66
Figura 43: Residual Mix EMEA ..... 69
Figura 44: Residual Mix APAC ..... 69

## Indice dei grafici

Grafico 1: Consumi di CNH Industrial per brand ..... 62
Grafico 2: Ripartizione dei consumi per brand ..... 62
Grafico 3: Consumo di energia indiretto per brand ..... 63
Grafico 4: Ripartizione del consumo indiretto di energia ..... 63
Grafico 5: Consumo di energia diretto per brand ..... 63
Grafico 6: Ripartizione dei consumi diretti per brand ..... 64
Grafico 7: Ripartizione dei consumi scope 1 e scope 2 ..... 64
Grafico 8: Tonnellate di $CO_2$ emesse per brand ..... 65
Grafico 9: Riduzione ton $CO_2$ negli anni ..... 65
Grafico 10: IPoC per Region ..... 70
Grafico 11: IPoC per brand ..... 70
Grafico 12: Distribuzione esternalità negli anni per intervento per EMEA ..... 71
Grafico 13: Distribuzione esternalità negli anni per intervento per LATAM ..... 72
Grafico 14: Distribuzione esternalità negli anni per intervento per APAC ..... 72
Grafico 15: Distribuzione Esternalità negli anni per intervento per NAFTA ..... 73
Grafico 16: Distribuzione globale esternalità negli anni per intervento ..... 73
Grafico 17: Distribuzione esternalità per Region negli anni ..... 74
Grafico 18: Distribuzione esternalità 2019 per intervento per AG e AG&CE ..... 74
Grafico 19: Distribuzione esternalità 2019 per intervento per CE ..... 75
Grafico 20: Distribuzione esternalità 2019 per intervento per CV ..... 75
Grafico 21: Distribuzione esternalità 2019 per intervento per FPT ..... 76
Grafico 22: Distribuzione esternalità 2019 per brand ..... 76
Grafico 23: Esternalità e risparmio economico ..... 84
Grafico 24: Corrispondenza CAPEX ed emissioni evitate ..... 85

## Indice delle tabelle

Tabella 1: Migliori progetti 2017 senza benefici indiretti ..... 78
Tabella 2: Migliori progetti 2017 con benefici indiretti ..... 79
Tabella 3: Migliori progetti 2018 senza benefici indiretti ..... 80
Tabella 4: Migliori progetti 2018 con benefici indiretti ..... 81
Tabella 5: Migliori progetti 2019 senza i benefici indiretti ..... 82
Tabella 6: Migliori progetti 2019 con benefici indiretti ..... 83
Tabella 7: Esternalità e risparmio economico..... 84

# Introduzione

L'attenzione all'ambiente è cresciuta enormemente negli ultimi anni.
Il mondo dell'energia è in prima linea nel combattere la lotta all'inquinamento atmosferico, cercando di offrire soluzioni più sostenibili. Una di queste è rappresentata dall'efficienza energetica.
Questa tesi si propone, quindi, di mettere in luce i molteplici benefici derivanti dai progetti di efficienza energetica.
Il punto di partenza è lo studio dei dati relativi ai progetti attuati da CNH Industrial negli ultimi 3 anni, il punto di arrivo è l'implementazione delle informazioni ad essi relative per evidenziare non solo i benefici diretti, come il risparmio energetico ed economico, ma anche quelli indiretti, come quelli ambientali.
Si è quindi proceduto calcolando per ogni progetto le tonnellate di $CO_2$ risparmiate e determinando per ognuno un IPoC, un prezzo interno al carbonio, che fungerà da indicatore per valutare se un intervento è vantaggioso o meno. Non solo, al fine di evidenziare che i beneficiari di tali progetti non sono solo gli investitori, ma anche tutta la comunità, è stata applicata una metodologia per il calcolo delle esternalità.
La tesi si sviluppa inizialmente dando una fotografia mondiale e poi, nello specifico, italiana, sull'efficienza energetica e sui vantaggi ad essa collegati. Successivamente viene spiegato perché l'analisi parta proprio dal calcolo delle tonnellate di $CO_2$ risparmiate e perché e come sono stati trovati l'IPoC e le esternalità. Infine, tramite il caso studio, si applicano tali metodologie e si cerca di capire se effettivamente hanno adempito al compito di rimarcare i progetti convenienti sotto ogni punto di vista: energetico, economico ed ambientale.

# 1. I benefici multipli dei progetti di efficienza energetica

Il mondo sta cambiando velocemente e con esso i consumatori, i clienti ed il mercato. La strada intrapresa è indirizzata ad una sostenibilità maggiore ed i sempre più ambiziosi obiettivi in materia ambientale devono essere raggiunti rispettando i dettami di efficienza energetica.

Spesso le aziende non investono sufficientemente in progetti di efficienza energetica, specie quelle che non hanno l'energia come proprio *core business*, ovvero come attività principale. In questo capitolo, invece, verrà evidenziato quanto i processi di efficienza energetica siano oltremodo vantaggiosi secondo molteplici parametri.

Il cambiamento in atto oggigiorno, quindi, non è un freno alle attività, una difficile e onerosa questione a cui adeguarsi, ma un'opportunità, un trampolino di lancio per rendere l'azienda più sostenibile e migliore sotto molteplici aspetti.

È stato stimato che, affinché vengano raggiunti gli obiettivi stabiliti nell'accordo di Parigi del 2015[1], occorre raddoppiare gli investimenti riguardanti gli interventi di efficienza entro il 2025, per poi raddoppiarli nuovamente nel 2040.

Il cambiamento non è quindi opzionale ed è già in atto, in particolare bisogna tenere conto che verranno trasformati il sistema elettrico, il sistema dei trasporti, l'uso delle risorse energetiche e le filiere. Il mercato richiederà, inoltre, sempre più prodotti a basso consumo ed impatto.

La figura dell'*Energy Manager* diventerà quindi essenziale nelle aziende per rivoluzionare il modo di pensare alle questioni energetiche. Gli interventi, infatti, non dovranno essere mirati a ridurre semplicemente il consumo energetico, ma occorrerà creare modelli per un *business* in grado di generare ricchezza e al tempo stesso di migliorare la sostenibilità.

Benché siano chiare la necessità di un cambiamento significativo e l'importanza di valorizzare le tematiche energetiche in ogni processo aziendale, c'è una discreta resistenza ad investire nei progetti di efficienza energetica. La principale motivazione di questa diffidenza è che l'energia viene identificata esclusivamente come un servizio. In secondo luogo, per fare interventi occorrono analisi preliminari, quindi dunque dati

[1] Obiettivi descritti nel capitolo 2 al paragrafo 3.

che spesso risultano essere difficilmente reperibili per la mancanza di appositi misuratori. Talvolta non c'è una vera e propria strategia in ambito energetico con un personale ad essa dedicato, e, a ciò, si aggiungono la poca chiarezza sull'accesso agli incentivi e la scarsa informazione sulle normative vigenti. Infine, vi è anche scarsa sensibilità alla questione da parte dei soggetti coinvolti.

Bisogna, pertanto, partire da più lontano e chiedersi quali siano le priorità delle aziende, per poi soddisfarle con interventi di efficienza energetica.

Quale che sia il *core business* aziendale, l'organizzazione avrà verosimilmente tra i propri obiettivi l'aumento della produttività, l'aumento del valore patrimoniale, la riduzione dei costi di produzione, maggior sicurezza sui luoghi di lavoro, migliori condizioni lavorative, la riduzione dei rischi collegati all'attività ed il miglioramento della qualità del prodotto. Questi obiettivi possono essere raggiunti anche grazie agli interventi di efficienza energetica, anche quando sembrano non esserci legami diretti. Per esempio, si potrebbe pensare che un'azienda che produce prodotti da forno non abbia bisogno di interessarsi alle questioni energetiche a meno che non riguardino la semplice riduzione dei consumi. In realtà, i consumatori richiedono una sempre maggiore attenzione alle questioni ambientali e, quindi, privilegiano l'acquisto del prodotto se consapevoli che lo stabilimento adotta soluzioni ecosostenibili, magari utilizzando imballaggi biodegradabili, o se si impegna a ridurre le emissioni di $CO_2$, magari utilizzando energia derivante da fonti rinnovabili.

Si parla quindi di benefici indiretti dei progetti di efficienza energetica quando questi non riguardano puramente il risparmio del consumo energetico e il conseguente risparmio in termini monetari, ma tutti quei benefici che portano ad una crescita economica, ad essere più innovativi e competitivi, più indipendenti, a creare più occupazione, a combattere la povertà e a migliorare le condizioni di salute della popolazione riducendo le emissioni.

Questi sono i *Non Energy Benefits (NEB)*, ovvero i vantaggi non energetici derivanti dai progetti di efficienza energetica.

I *NEB* non sono trascurabili: COMBI[2], per esempio, ha analizzato che in seguito a

[2] COMBI è un progetto legato alla quantificazione del valore dei NEB (fonte: Thema et al., ECEEE 2019).

degli interventi sull'illuminazione l'ammontare dei benefici energetici è stato di 470 milioni di euro, mentre quello dei non energetici di 214 milioni di euro.

### 1.1 Benefici multipli a livello aziendale

Con l'espressione "benefici multipli" si identificano sia i benefici diretti che quelli indiretti, oppure i benefici energetici e quelli non, derivanti dai progetti di efficienza energetica. Di seguito un elenco con suddivisione in macro aree.

1) Riduzione dei costi: riduzione dei costi energetici, riduzione dell'uso di altre risorse quali acqua e rifiuti, riduzione dei costi di manutenzione, riduzione dei costi del personale e riduzione delle imposte.

2) Maggior competitività: maggior affidabilità e maggior produttività, miglior controllo del processo produttivo, riduzione dei tempi di lavorazione e miglior accuratezza nell'attribuzione dei costi.

3) Qualità migliore: migliore qualità del prodotto, del processo e/o del servizio, riduzione dei difetti e maggior soddisfazione del cliente e del consumatore.

4) Riduzione dei rischi: minori rischi sulle forniture, minori rischi di interruzione o di altri problemi legati alla produzione e minor rischio di non rispettare gli standard ambientali e le normative vigenti.

5) Capitalizzazione: aumento del valore della proprietà, accesso ai fondi ambientali e maggior rendimento delle proprie azioni.

6) Proposte di valore: offerta di prodotti e servizi sostenibili e a basso impatto.

7) Altro: migliore immagine aziendale, migliori condizioni lavorative per i dipendenti e maggior professionalità.

*Figura 1: Benefici multipli dei progetti di efficienza energetica*

## 1.2 Come valutare i benefici multipli

Trovare i benefici non energetici non è semplice, a tal scopo occorrono: comunicazione, supporto dell'alta direzione (*top management)*, qualità dei dati e rispetto delle tempistiche.

La comunicazione tra i vari dipartimenti all'interno dell'azienda è importante per creare una sinergia tra diverse competenze professionali. Il dialogo non deve avvenire, quindi, solo tra gli specialisti energetici ma devono essere coinvolti più dipartimenti per portare alla luce diverse opportunità di sviluppo interne e una valutazione più completa dei possibili progetti di efficienza energetica.

A detta sinergia è da supporto la normativa ISO50001, la quale al paragrafo 7.4 sancisce cosa, quando, con chi comunicare e chi deve comunicare.

L'organizzazione dovrà infine determinare le comunicazioni interne ed esterne pertinenti al Sistema di Gestione dell'Energia.

Sempre la ISO50001 al capitolo 5 dà nuovamente aiuto per quel che riguarda il supporto del *top management*: viene messo in evidenza come l'impegno dell'alta direzione sia necessario per raggiungere gli obiettivi imposti dall'azienda.

La qualità dei dati sui processi energetici interni all'organizzazione è influenzata dalla quantità e dalla qualità delle variabili, essa dipenderà dalla loro accuratezza, completezza, affidabilità, rilevanza e conformità alle leggi e agli standard tecnici. Come già precedentemente scritto, una difficolta risiede nel sapere dove e da chi reperire i dati, che generalmente sono disponibili ma difficilmente reperibili (quindi, di nuovo, si evince l'importanza della comunicazione).

Con questi dati il *team Energy,* insieme ai colleghi degli altri dipartimenti, può studiare i futuri interventi di efficienza energetica e i conseguenti benefici. La cooperazione tra i diversi dipartimenti permette inoltre di instaurare un rapporto di fiducia tale per cui sarà più facile ottenere supporto anche in altre attività.

Il protocollo di misura e verifica IPMVP, *International Performance Measurement and Verification Protocol*, è uno dei tanti strumenti che permette di valutare il risparmio energetico derivante dagli interventi attraverso l'elaborazione dei dati raccolti e misurati.

Le tempistiche sono, infine, importanti perché i progetti non fanno parte di decisioni isolate all'interno dell'azienda, ma possono essere strettamente legati ad altre decisioni per cui una scadenza non rispettata potrebbe generare ulteriori ritardi. Sempre con questa premessa sull'importanza del rispetto delle scadenze, occorre valutare che i progetti non siano in competizione tra loro e che venga data loro una priorità. Le procedure interne dell'azienda che impongono scadenze e tempistiche predefinite sono quindi necessariamente da rispettare.

M-Benefits è uno strumento promosso da FIRE che offre alle aziende uno schema per la valutazione dei NEB.

Si articola nei seguenti passaggi:

1) Analisi semplificata del business di impresa.
2) Analisi energetica.
3) Analisi valore-costi-rischi.
4) Analisi finanziaria.
5) Presentazione dei progetti di investimento.

*Figura 2: Schema M-Benefits per la valutazione dei NEB*

È bene specificare che prima di procedere al primo passaggio dello schema è necessaria una diagnosi energetica.

Il passo 1 permette di identificare i punti di forza e di debolezza degli interventi di efficienza energetica legati al *business* aziendale. Essi verranno evidenziati su opportuni fogli di calcolo o su modelli aziendali. In particolare, viene in aiuto il *business model canvas.*

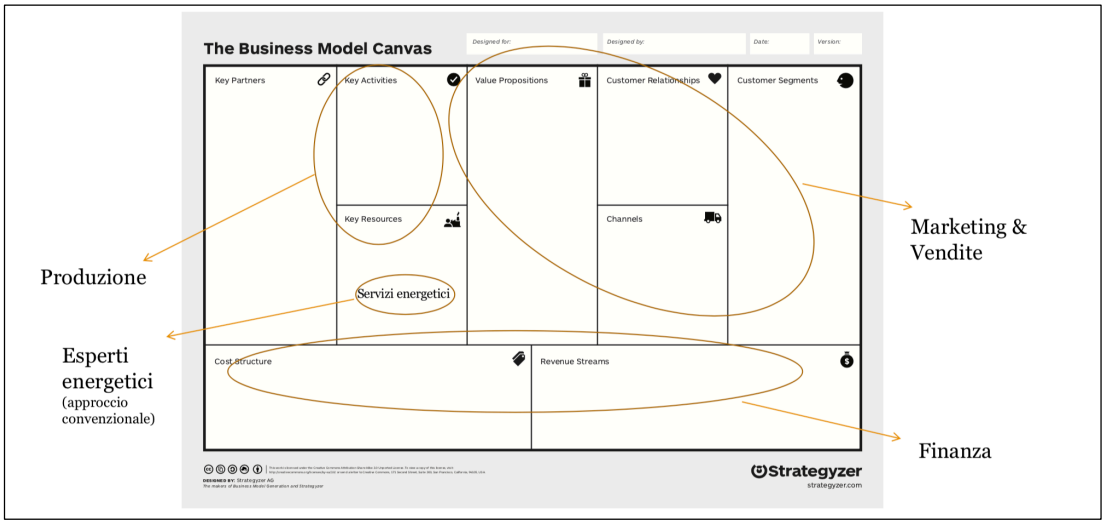


*Figura 3: Esempio di Business Model Canvas*

Il secondo passaggio ha lo scopo di trovare una correlazione tra i processi principali dell'azienda e i servizi energetici. In questa fase non vengono ancora analizzati i benefici multipli: ci si limita ad evidenziare solo quelli energetici, individuando le

misure in grado di garantire una riduzione dei consumi. Viene quindi fatta una lista contenente tutti i possibili interventi energetici e i consumi prima e dopo ogni intervento.

Insieme agli interventi energetici occorre individuare i servizi energetici che ne beneficeranno. Per servizi energetici si intendono quelli riguardanti l'illuminazione, la digitalizzazione delle informazioni, la ventilazione, le macchine motrici (perciò i motori elettrici), la climatizzazione, l'acqua calda, la refrigerazione e il riscaldamento. Gli interventi vanno, inoltre, trovati per ogni fase del processo produttivo.

Nel terzo passaggio vengono raccolti i dati e tra questi identificati i più significativi. Dopo aver identificato anche i risparmi monetari in seguito all'analisi del passaggio precedente vengono identificati i NEB. Quindi, l'analisi valore-costi-rischi prevede che per ogni intervento di efficienza energetica vengano compilate le suddette voci.

Per esempio, se un intervento porta migliore qualità ed affidabilità del prodotto le proposte di valore potrebbero essere una riduzione dei tempi di produzione, quindi delle emissioni relative alla sua produzione, una riduzione dei costi di manutenzione e di quelli energetici. Alla voce rischio potrebbe esserci la riduzione del rischio di incidenti e di rottura dei componenti. Bisogna anche considerare che un progetto può portare sia una riduzione sia un aumento dei possibili rischi ad esso associati. L'analisi ne tiene conto, permettendo di scartare i progetti che risultano essere svantaggiosi o troppo rischiosi.

Quindi, stilando una tabella sui costi risparmiati, sulla riduzione dei rischi e sulle proposte di valore (sia per il cliente sia per il fatturato dell'azienda) si possono individuare i NEB.

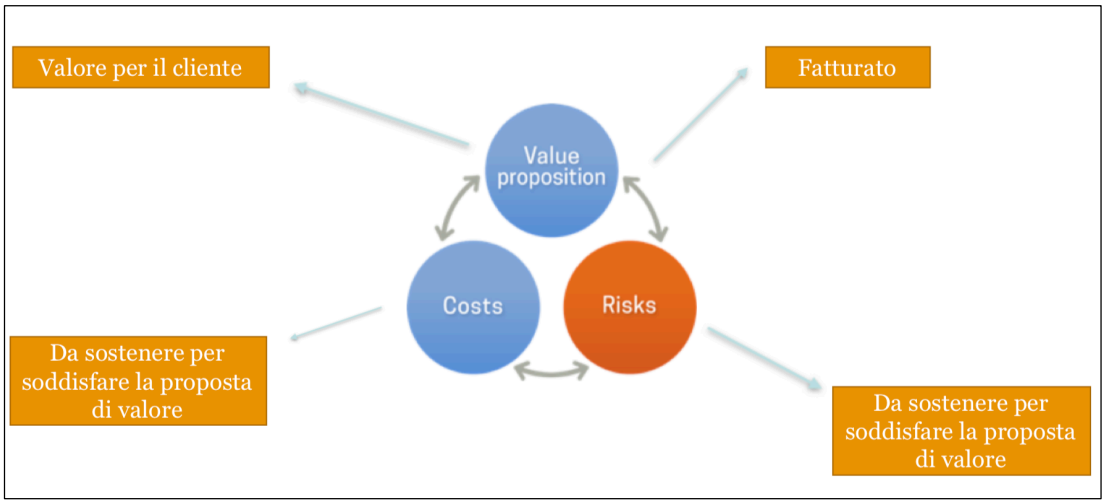


*Figura 4: Schema analisi valore-costi-rischi*

M-Benefits a tal proposito fornisce una tabella che associa ad ogni misura energetica i relativi NEB.

Nel passaggio 4 si analizzano i benefici multipli in un'ottica finanziaria, vengono dunque valutati il VAN, l'IRR e il tempo di ritorno dell'investimento, tramite il PBT.

Infine, nel passaggio 5, si mettono insieme i risultati della valutazione per ogni fase, si selezionano in modo tale che siano sulla base della mentalità e degli interessi dei vertici aziendali e si presentano in direzione aziendale.

### 1.3 Panorama mondiale

A livello globale la domanda di energia è cresciuta del 2% nel 2017 e, dopo due anni di crescita moderata, sta tornando a crescere rapidamente. Rispetto al 2000 è aumentata del 39%, una percentuale significativa, ma non se si pensa che l'economia globale è cresciuta dell'85%.

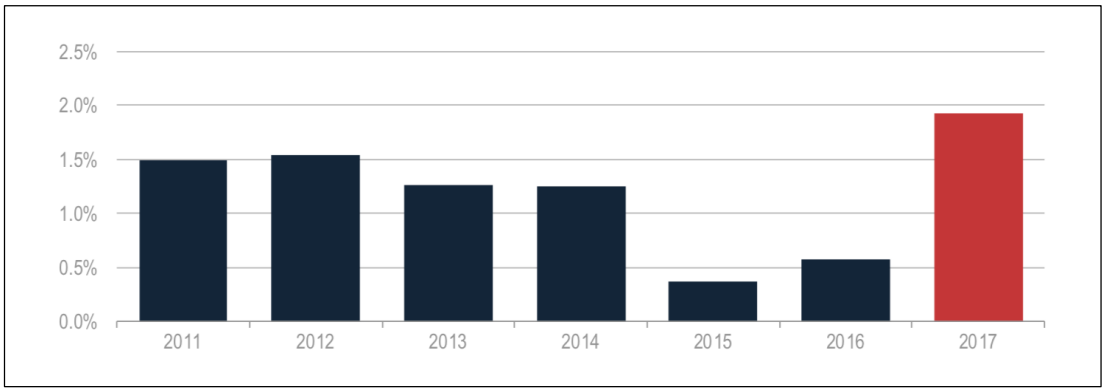


*Figura 5: Andamento dell'aumento percentuale della domanda globale di energia*

La domanda sarebbe, però, molto più elevata se non si facessero interventi di efficienza energetica e se non ci fossero continui miglioramenti in questo campo.

L'efficienza energetica ha infatti da sola compensato più di un terzo l'aumento del consumo energetico derivante dall'aumento delle attività. Solo nel 2017 gli interventi di efficienza energetica hanno impedito un aumento sostanziale del consumo energetico, il quale, altrimenti, sarebbe stato del 12%.

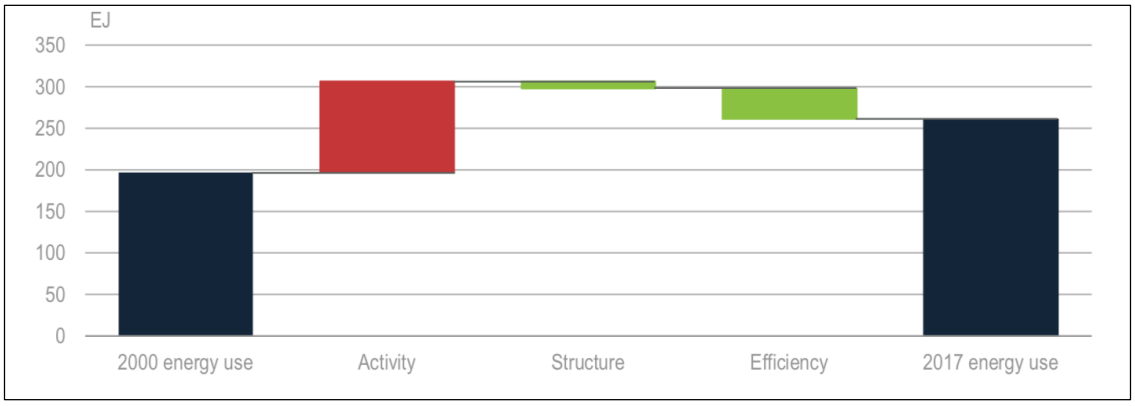


*Figura 6: Contributo dell'efficienza energetica alla riduzione consumi totali di energia*

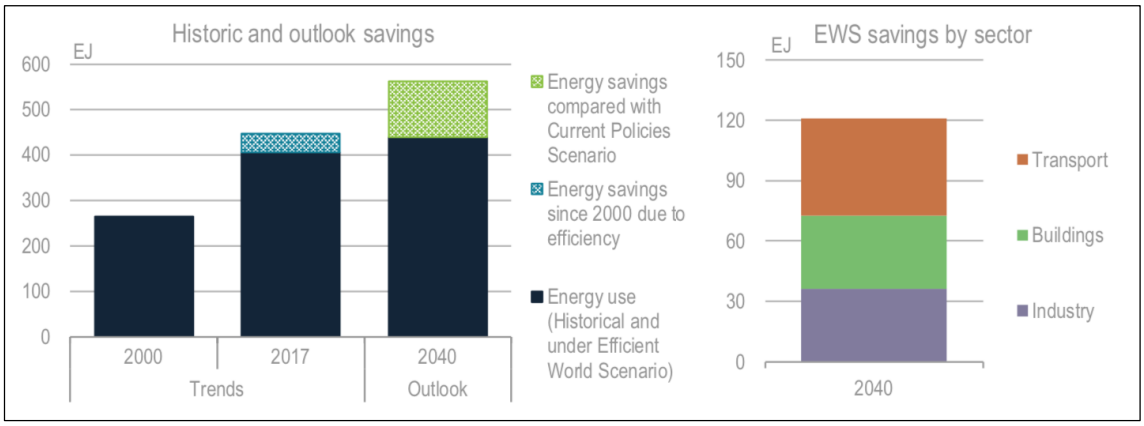


*Figura 7: Contributo dell'efficienza energetico odierno, secondo lo scenario e per settore*

Tutti i dati citati in questo paragrafo sono raccolti nell'*Efficient World Scenario* (EWS) sviluppato dall'IEA, *International Energy Agency*, *World Energy Outlook* in cui si evidenzia l'importanza di attuare progetti di efficienza energetica.

Lo scenario rappresentato dal grafico nella figura 7, mostra cosa si otterrebbe se tutte le misure di efficienza energetica disponibili fossero messe in atto entro il 2040. Per lo scenario sono state prese le misure accessibili sia dal punto di vista dei costi sia dal punto di vista delle tecnologie e sono tutte volte ad ottenere esclusivamente un risparmio energetico.

L'EWS prevede che se ciò avvenisse si otterrebbe una riduzione sostanziale delle emissioni nel 2040, nonostante l'ipotesi di partenza del raddoppio dell'economia globale.

La sola efficienza energetica potrebbe fornire oltre il 40% della riduzione delle emissioni richiesta entro il 2040 per essere in linea con l'accordo di Parigi del 2015.

Inoltre, essa porterà una riduzione delle importazioni di carbone, petrolio e gas, migliorando al tempo stesso anche la sicurezza energetica. Ad oggi le importazioni in seguito agli interventi sono state ridotte del 20%.

L'EWS consente inoltre una riduzione di circa un terzo rispetto ad oggi degli inquinanti più pericolosi quali l'anidride solforosa, gli ossidi di azoto e il particolato. Per esempio, solo installando cucine più efficienti si ridurrebbe di un milione all'anno il numero di morti legate all'inquinamento atmosferico domestico.

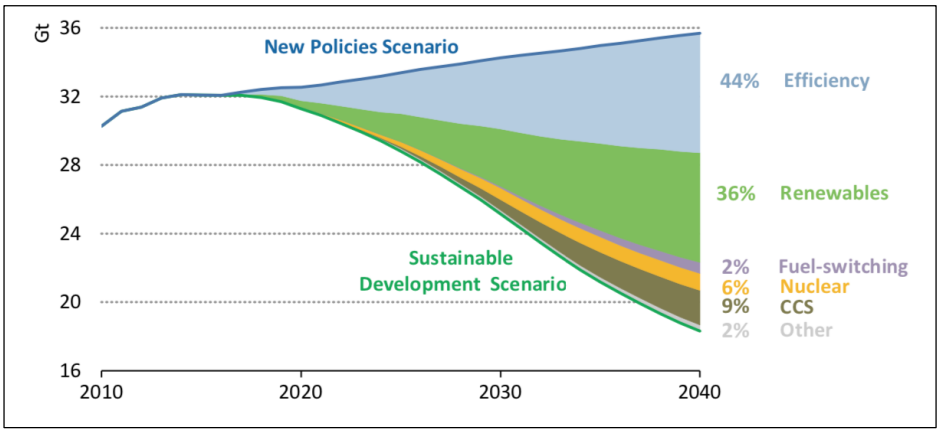


*Figura 8: Misure per ridurre le emissioni di $CO_2$ secondo lo scenario EWS*

Tuttavia, gli investimenti globali in efficienza energetica non sono però sulla buona strada per raggiungere gli obiettivi richiesti dall'EWS.

In tutti i settori gli investimenti sono cresciuti solo del 3%, benché comunque la spesa affrontata nel 2017 a tal scopo sia stata di 236 miliardi di dollari. Questa è cresciuta in Europa, massimo investitore, ma è leggermente diminuita in Cina e negli Stati Uniti.

A livello globale la crescita è rallentata in tutti i settori, trasporti, edilizia ed industria.

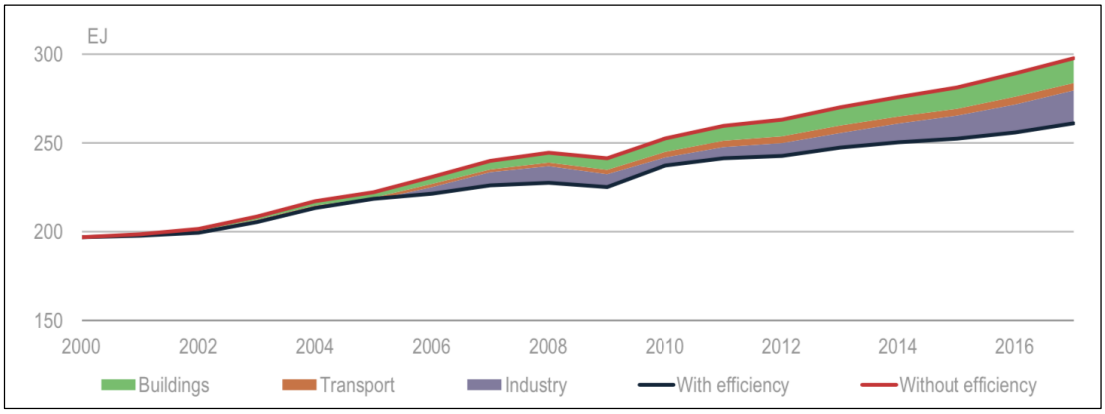


*Figura 9: Contributo dell'efficienza energetica per settore*

Per investire adeguatamente nell'EWS sono infatti necessari nuovi meccanismi di finanziamento ma, ad oggi, la maggior parte degli investimenti continua ad essere autofinanziata, attraverso risparmi personali a livello delle utenze o attraverso bilanci di impresa a livello aziendale. È altamente improbabile che questi tipi di finanziamento riescano a realizzare da soli la crescita di investimento necessaria.

Sono pertanto necessarie *policy* a sostegno di investimenti più ampi e società di servizi energetici (ESCO). Il mercato delle ESCO è difatti aumentato del 18% raggiungendo quasi 29 miliardi di dollari nel 2017, in crescita anche le cosiddette obbligazioni verdi emesse ma in decrescita gli sforzi politici.

La percentuale dell'uso globale di energia coperta da *policy* e regolamenti in materia di efficienza energetica è passata dal 32% nel 2016 al 34% nel 2017. L'aumento di due punti percentuale è dovuto quasi esclusivamente alle sostituzioni di veicoli, apparecchiature e attrezzature con nuovi stock soggetti alle politiche di efficienza energetica esistenti, piuttosto che all'introduzione di nuove *policy* e strategie.

In particolare l'EWS richiede un rafforzamento delle *policy* obbligatorie, non di semplici linea guida, che sono cresciute solo marginalmente nel 2017.

Nei grafici sottostanti vengono riportate le coperture politiche suddivise per settori economici. La grandezza delle torte indica il grado di consumi: più una torta è grande maggiori sono i consumi stimati per quel dato settore.

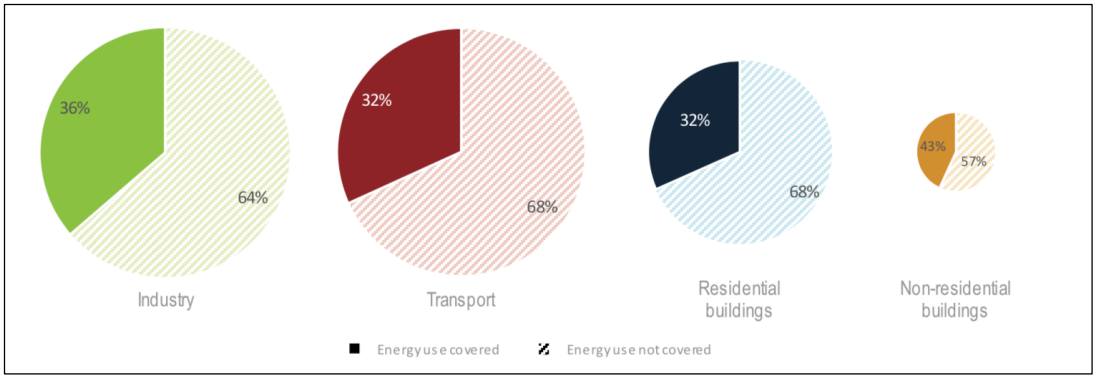


*Figura 10: Coperture politiche per settore*

### 1.3.1 Panorama mondiale per il settore dei trasporti

La copertura delle politiche obbligatorie nel campo dell'efficienza energetica nel settore dei trasposti si attesta al 32%, ovvero è la più bassa se confrontata con le percentuali relative agli altri settori. Tuttavia la variazione positiva di 2,4 punti percentuali è stata la maggiore di tutti i settori nel 2017, nonché il più grande incremento mai registrato in un solo anno nel settore, grazie all'aumento degli standard di risparmio di carburante dei veicoli attuato, in particolare, nei Paesi dell'Unione

Europea, in Canada, in Cina e in India ed alle vendite record di veicoli ad impatto più ridotto rispetto alla media.

Il settore dei trasporti è quello a maggior potenziale di efficienza energetica: senza il miglioramento dei veicoli si utilizzerebbero 1,2 milioni di barili di petrolio in più al giorno.

È opportuno investire, inoltre, non solo nelle autovetture, ma anche negli autocarri, in quanto rappresentano circa il 40% del consumo di carburante per il trasporto su strada, quota in crescita. I dati dimostrano che il miglioramento degli autocarri è stato ed è più lento rispetto a quello delle autovetture. Nuovamente il motivo è politico: pochi Paesi, infatti, dispongono politiche per l'efficienza del consumo di carburante utilizzato dagli autocarri.

Tra il 2000 e il 2017 il consumo di energia legato ai trasporti è aumentato del 38%, in particolare presso le economie emergenti, pertanto occorre proseguire la strada intrapresa di un miglioramento continuo dei mezzi di trasporto.

### 1.3.2 Panorama mondiale per il settore dell'edilizia

Per questo settore, l'EWS non evidenzia grandi aumenti legati alla domanda di energia per gli edifici entro il 2040, nonostante la superficie residenziale sia cresciuta del 60%. Nel 2040 gli edifici potrebbero essere più efficienti di quasi il 40% dal punto di vista energetico rispetto ad oggi. In particolare, il riscaldamento degli ambienti offre oltre un quarto del potenziale di risparmio energetico.

L'efficienza legata al riscaldamento dell'acqua, altra questione molto importante che rappresenta una buona fetta dei consumi legati all'edificio, potrebbe migliorare del 43%.

Il raffreddamento degli ambienti è la voce che è a più rapida crescita nel fabbisogno energetico degli edifici: è stato stimato che i condizionatori ad aria potrebbero migliorare del 50%. Occorrono quindi misure che alzino gli standard minimi di rendimento energetico per le apparecchiature chiave come le pompe di calore e i condizionatori.

### 1.3.2 Panorama mondiale per il settore dell'industria

Le *policy* coprono il 36% del consumo dell'industria, al quale dev'essere riservata una particolare attenzione in quanto rappresenta il principale settore di consumo energetico.

La copertura più elevata è in Cina, in India e in Giappone.

L'attività industriale è in continua crescita e con essa il consumo energetico, se non fossero stati fatti i dovuti interventi solo per questo settore il consumo energetico rispetto al 2000 sarebbe aumentato del 20%.

Anche qui le soluzioni sono il rafforzamento degli standard minimi di efficienza energetica per molte apparecchiature chiave, come ad esempio i motori elettrici, degli incentivi e dei finanziamenti, l'adozione di sistemi di gestione dell'energia e la promozione di programmi di formazione, sensibilizzazione e sviluppo.

### 1.3.3 Panorama per le economie emergenti

Le politiche di efficienza energetica sono importanti specialmente nelle economie emergenti.

Infatti in Brasile, Cina, India, Indonesia, Messico e Sudafrica la domanda di energia è cresciuta rapidamente: dal 2000 è più che raddoppiata.

Entro il 2040 l'economia di questi sei Paesi potrebbe essere di 2,5 volte più grande di oggi, il che comporterebbe un aumento della domanda di energia del 25%.

Attualmente i consumi energetici di questi sei Paesi rappresentano il 40% della domanda globale di energia. Lo scenario EWS prevede che attuando le opportune misure ci sarebbe un risparmio di 147 miliardi di dollari in termini monetari nella spesa energetica delle famiglie e di 3,4 Gton di $CO_2$ equivalente in termini di emissioni.

I risparmi sulle emissioni rappresentano quasi la metà del totale delle emissioni globali evitabili nello scenario.

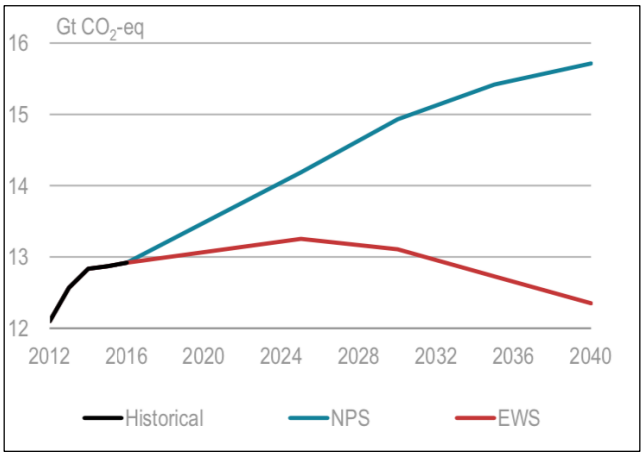


*Figura 11: Riduzione delle emissioni di $CO_2$ per lo scenario EWS per i Paesi emergenti*

Per questi Paesi è molto alta la richiesta di energia per il raffrescamento degli ambienti ed è ragionevole ritenere che, con il riscaldamento del clima e il miglioramento del tenore di vita, continuerà a crescere. Per portare un esempio, è stato calcolato che in India la domanda di energia per il raffrescamento degli ambienti dovrebbe addirittura quadruplicare entro il 2040. Pertanto l'EWS prevede nuovamente un innalzamento degli standard minimi di rendimento energetico per i condizionatori.

Anche presso le economie emergenti i migliori risultati nel campo dell'efficienza energetica si stanno ottenendo presso il settore dei trasporti, specialmente per Cina e India. Inoltre, ci sono buone opportunità in tutti e sei i Paesi per aumentare la vendita di veicoli elettrici.

### 1.4 Panorama italiano

L'*Energy Efficiency Report 2019*, pubblicato da *Energy&Strategy* in collaborazione con il Politecnico di Milano, raccoglie tutte le informazioni necessarie a dare una fotografia della situazione odierna riguardante l'efficienza energetica in Italia, analizzandone in modo particolare lo stato della domanda e dell'offerta.

Nel 2018 a tale scopo sono stati investiti più di 7 miliardi di euro.

Gli investimenti si dimostrano anche questa volta positivi e in crescita (il 2018 ha infatti registrato un trend del +6,3%), seppur quest'ultima sia rallentata leggermente dopo il boom del 2014: lo stesso trend del 2018 risulta infatti essere un po' più basso di quello degli anni precedenti.

È notevole l'incremento degli investimenti riguardante il processo produttivo, con una crescita addirittura superiore al 50% rispetto al 2017.

Analizzando nel dettaglio tutti i settori dell'industria manufatturiera - tessile, dell'*automotive*, della gomma e della plastica, della carta, alimentare, chimico e metallurgico - si può notare come i consumi di processo superino il 50% dei consumi totali e, nonostante ciò, gli investimenti destinati a diminuire questo tipo di consumi raggiungono al massimo il 37%.

È interessante, dunque, focalizzarsi su alcuni dati relativi ai singoli settori. Per esempio, nel settore dell'*automotive,* nonostante il 60% dei consumi sia legato ai processi produttivi, solo il 9% degli investimenti è riservato a diminuire questa percentuale: il 91% è destinato ad interventi su servizi ausiliari e generali. In definitiva, l'industria preferisce investire sui servizi ausiliari e generali in quanto si tratta di interventi molto standard. È difficile standardizzare gli interventi produttivi poiché i processi possono risultare molto diversi da fabbrica a fabbrica. Quindi, benché il 2018 sia stato un anno positivo dal punto di vista degli interventi sul processo produttivo, la strada da percorrere è ancora lunga.

Nei paragrafi precedenti è emersa l'importanza delle ESCO, in aumento in Italia del 6% rispetto al 2017 con circa 10.000 dipendenti in più in un anno. Tuttavia, solo il 32% delle ESCO ha dichiarato di aver fatto interventi sul processo produttivo.

Assieme alle ESCO è indispensabile il supporto dei SGE, Sistemi di Gestione dell'Energia; supporto accolto positivamente in Italia, dove sono cresciuti del 28% rispetto al 2017. Questo risultato può essere facilmente spiegato dall'introduzione nel 2019 dell'obbligo dell'*audit* energetico, ovvero della diagnosi energetica. A supporto di questa tesi, la percentuale delle aziende senza l'obbligo di diagnosi energetica che hanno dichiarato di aver fatto interventi di efficienza energetica si attesta infatti al 60%, mentre per le altre al 91%.

Le prime si sono quindi mostrate più restie ad investire in efficienza energetica.

Si è cercato di dare un elenco di ciò che frena gli investimenti. I responsabili sono principalmente l'incertezza sul quadro normativo, il quale muta velocemente e in maniera significativa ed i lunghi tempi di ritorno degli investimenti, sia per le pmi, piccole medie imprese, sia per le grandi aziende.

Nelle grandi aziende le barriere sono spesso rappresentate dalla difficoltà nell'interagire con complessi processi produttivi, mentre, nelle realtà più piccole, il problema è anche solo di scarsa sensibilizzazione alla questione.

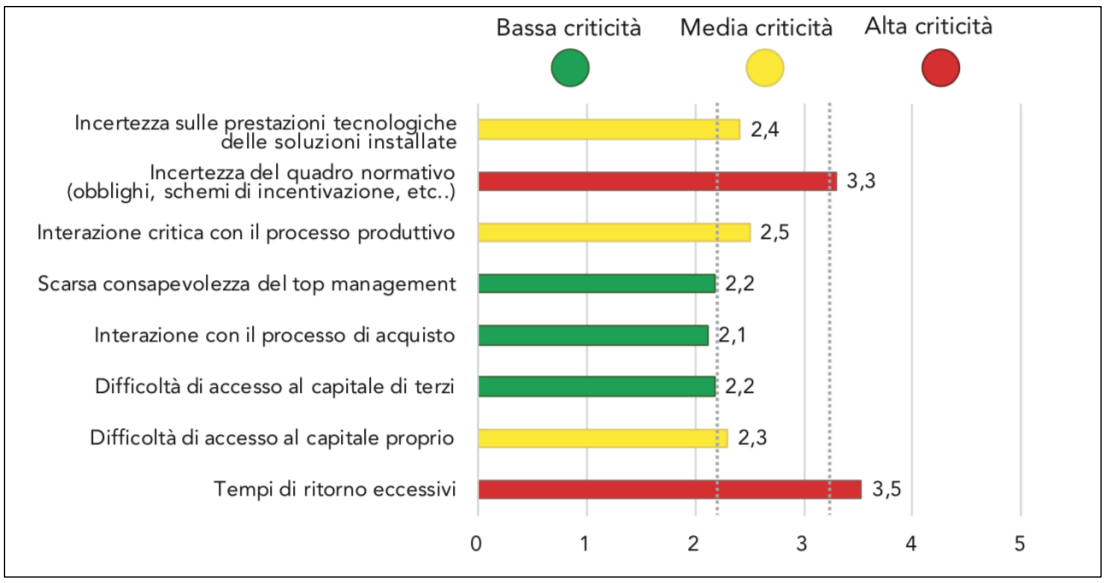


*Figura 12: Problematiche legate all'attuazione delle misure di efficienza energetica*

Le soluzioni adottate maggiormente nel 2018 hanno riguardato i sistemi di combustione efficienti e la cogenerazione: questi due interventi hanno, da soli, assorbito quasi il 40% degli investimenti totali.

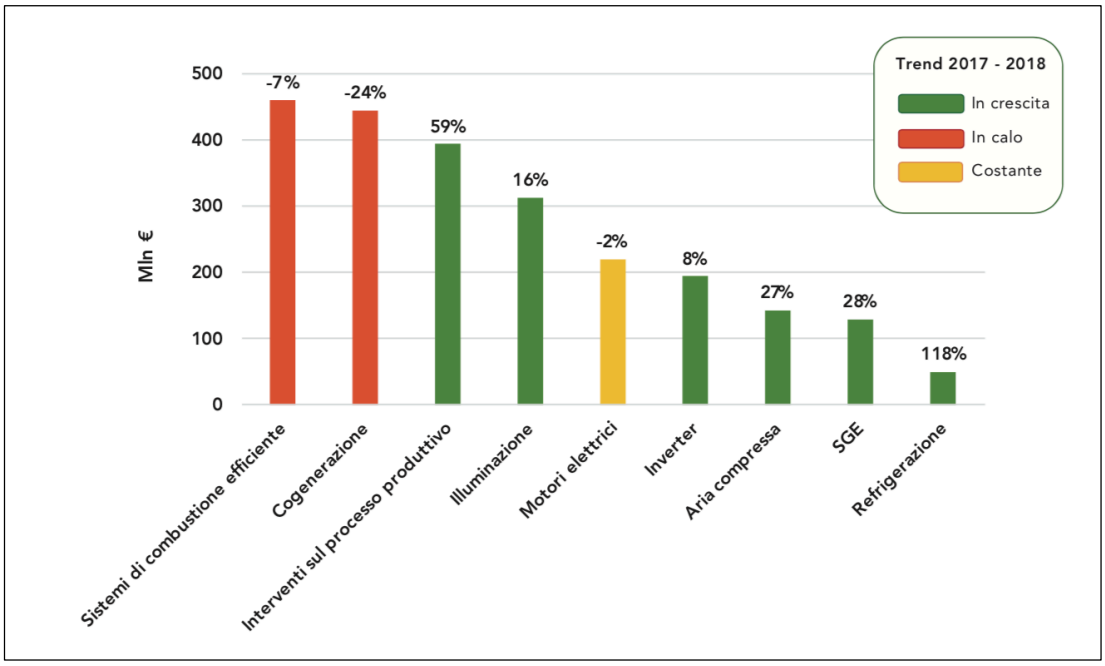


*Figura 13: Ripartizione dei progetti di efficienza energetica con relativi trend*

Tuttavia, analizzando il grafico, non per percentuale di soldi investiti ma per ricorrenza degli interventi di efficienza energetica, è interessante notare come la cogenerazione e i sistemi di combustione efficiente siano entrambi inferiori al 25%. Gli interventi più ricorrenti hanno infatti riguardato il processo produttivo, seguito dall'illuminazione, la quale ha subito molti piccoli grazie alla sostituzione delle lampadine più tradizionali con quelle a led. Per gestire tutti questi interventi solo il 25% delle aziende nel 2018 ha dichiarato di essersi rivolte a soggetti esterni; la maggior parte, per cui, preferisce di gran lunga gestire internamente gli interventi sul processo produttivo.

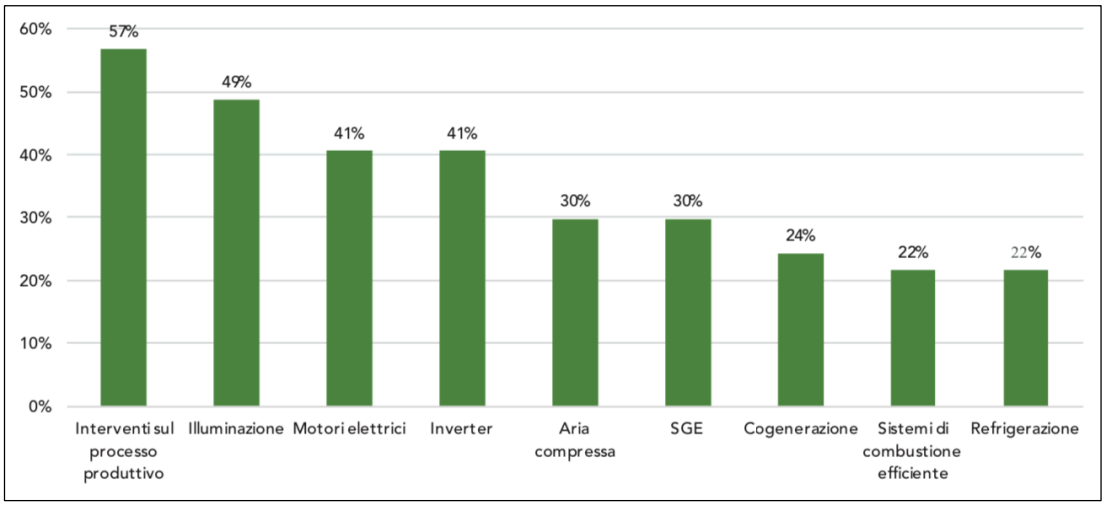


*Figura 14: Ricorrenza degli interventi di efficienza energetica*

Da notare un dato interessante non riportato sul grafico, ovvero su 353 progetti di efficienza energetica attuati nelle 15 cosiddette *smart cities,* città intelligenti, d'Italia (Milano, Venezia, Bologna, Firenze, Torino, Trento, Genova, Reggio Emilia, Ravenna, Rimini, Padova, Bergamo, Vicenza, Modena e Trieste) solo il 5% sfrutta le tecnologie digitali. Il digitale in campo energetico viene infatti utilizzato ancora a livelli base ed è principalmente legato alla connettività e alla disponibilità delle informazioni. In questo 5% è poi da notare come non ci siano nemmeno le tecnologie di ultima generazione. In Italia sono stati contati 47 milioni di euro destinati alla digitalizzazione dell'energia, un numero basso se confrontato con gli altri investimenti ma in crescita: sono aumentate le applicazioni nel settore residenziale e della mobilità. È interessante notare come le applicazioni siano davvero tante: ad esempio numerose soluzioni intelligenti sono state trovate nell'illuminazione pubblica e nella gestione dei rifiuti.

L'analisi dei dati raccolti ha permesso l'individuazione di tre possibili scenari legati agli investimenti in efficienza energetica in Italia:

1) Scenario "*as is*": non cambieranno in maniera significativa le condizioni al contorno, gli investimenti continueranno a crescere e rimarranno le incertezze sul quadro normativo.

2) Scenario ottimistico: ci saranno nuove linee guida per i TEE, Titoli di Efficienza Energetica, che contribuiranno ad aver una maggiore chiarezza nel mercato dei Certificati Bianchi. Gli investimenti saranno quindi in netto aumento grazie anche all'ottima sinergia creata tra diverse competenze.

3) Scenario vincolato: gli investimenti saranno frenati e il trend comincerà a stabilizzarsi anziché continuare ad essere positivo, ciò sarà dovuto ad un'incertezza sul mercato legata ai TEE e ad un allungamento dei tempi di ritorno dell'investimento.

Qui uno spaccato dei consumi per ogni settore, tenendo presente che se sono termici riguardano per il 63% metano.

| SETTORE | ATECO 2007 | N° AZIENDE ITALIANE | CONSUMI ELETTRICI (GWh/anno) | CONSUMI TERMICI (GWh/anno) |
|---|---|---|---|---|
| Metallurgico | C24 | 3.417 | 21.281 | 21.736 |
| Chimico* | C19 – C20 | 4.768 | 14.283 | 27.908 |
| Alimentare e bevande | C10 – C11 | 56.750 | 12.412 | 19.787 |
| Cartario | C17 | 3.763 | 8.603 | 23.334 |
| Gomma e plastica | C22 | 9.859 | 7.715 | 6.656 |
| Tessile | C13 | 13.808 | 4.156 | 8.142 |
| Automotive | C29 | 2.267 | 3.590 | 6.667 |

(*) comprende il processo di raffinazione

*Figura 15: Ripartizione dei consumi per settore*

Si è poi trovato, analizzando i consumi di tutti i settori e per ogni tecnologia, la seguente matrice. Le tecnologie vengono disposte nei 4 quadranti considerando il *gap* tra il livello di efficienza e digitalizzazione installato rispetto a quello disponibile sul mercato e il peso percentuale dei consumi energetici della tecnologia rispetto a quelli totali di processo.

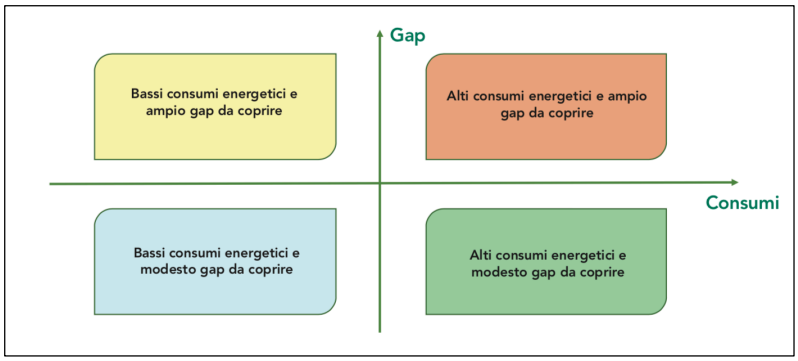


*Figura 16: Matrice gap-consumi*

I risultati sono stati infine così riportati.

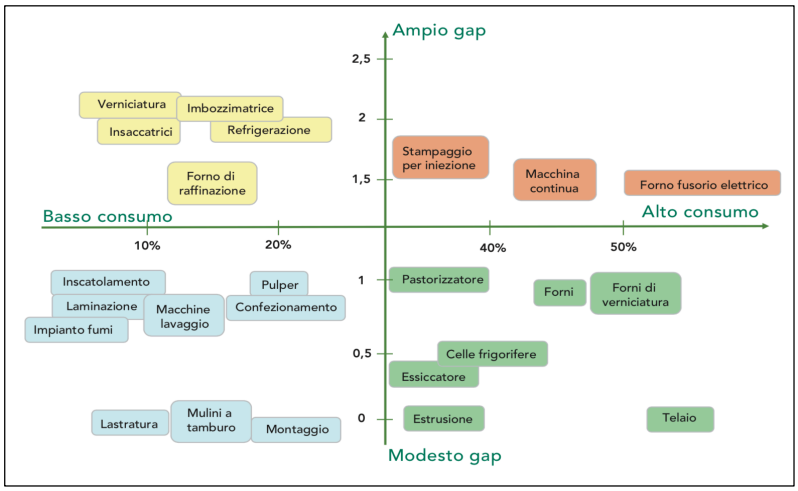


*Figura 17: Matrice gap-consumi per le principali tecnologie*

## 2. Perché la $CO_2$

La determinazione di moltissimi benefici multipli avviene spesso tramite lo studio delle emissioni di $CO_2$, ed il motivo verrà spiegato in questo capitolo.

La $CO_2$, chiamata anche anidride carbonica o biossido di carbonio, è un composto atmosferico naturale, inodore, inerte e insapore. Essa viene prodotta tramite processi naturali quali la respirazione e le eruzioni vulcaniche e tramite processi antropici come la combustione di combustibili fossili e la deforestazione.

Non è considerata un gas inquinante poiché non è né nociva né tossica e contribuisce all'effetto serra naturale, ovvero permette che vengano rispettate tutte le condizioni termiche necessarie per il mantenimento della vita terrestre.

L'effetto serra è pertanto un fenomeno di termoregolazione naturale della Terra, se però la quantità di $CO_2$ aumenta in maniera considerevole l'effetto è di riscaldamento globale non naturale, eccessivo e pericoloso per gli equilibri globali. Quindi, quando si parla di riscaldamento globale si fa riferimento a detto fenomeno.

Pertanto la $CO_2$ è considerata, insieme agli altri gas serra, un climalterante e, ad oggi, risulta essere il più rilevante contributore al riscaldamento globale. Come si può notare dal seguente grafico è infatti per il 55% la causa dell'effetto serra.

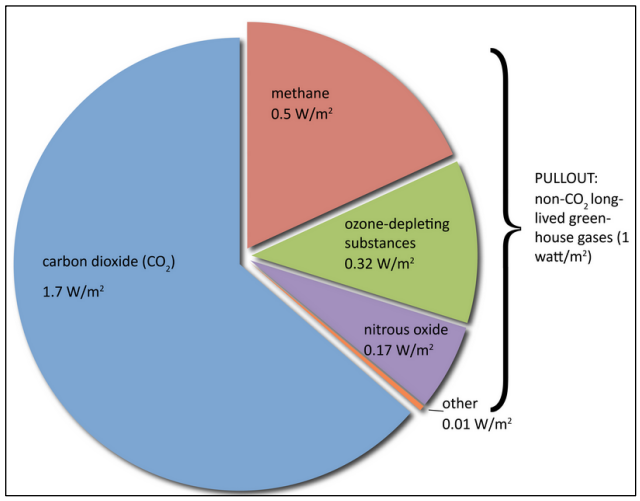


*Figura 18: Ripartizione percentuali gas responsabili dell'effetto serra*

## 2.1 Cambiamenti climatici

La Terra ha sempre subito cambiamenti climatici, in 650.000 anni ci sono stati sette cicli di avanzamento e ritiro glaciale. La fine dell'ultima era glaciale, avvenuta circa 7000 anni fa, ha decretato l'inizio dell'era moderna del clima e di conseguenza della civiltà umana. Queste mutazioni erano dovute a piccolissime variazioni dell'orbita terrestre che modificavano quindi la quantità di energia solare ricevuta dal nostro pianeta.

Fatta questa premessa, ciò che oggi preoccupa è che è stata stimata una probabilità superiore al 95%[3] che il cambiamento climatico in atto oggigiorno sia dovuto all'attività umana che, a partire da metà del XX secolo, procede ad un ritmo sostenuto. Quest'intensa attività umana ha portato ad un rapido e consistente aumento della $CO_2$ come si può notare dai seguenti grafici, stilati grazie alle misurazioni dell'osservatorio di Mauna Loa, Hawaii, negli ultimi anni.

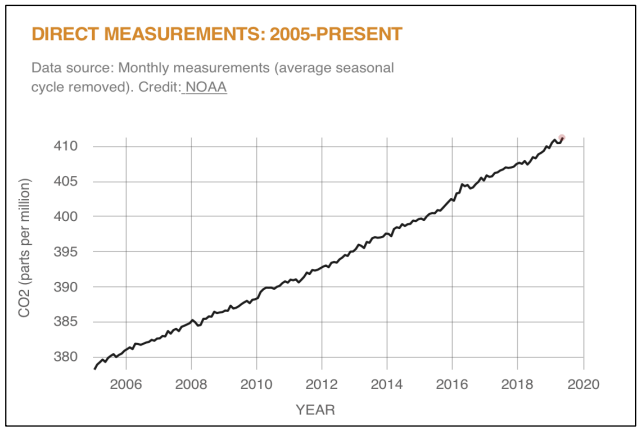


*Figura 19: Quantità globale di anidride carbonica in [ppm] rilevata negli anni*

Grazie all'odierna tecnologia avanzata ed ai satelliti intorno alla Terra, gli scienziati hanno potuto raccogliere un gran numero di informazioni per le quali è fuor dubbio che l'aumento del livello dei gas serra, ed in particolare quello dell'anidride carbonica, è causa del riscaldamento globale terrestre. Questo è aumentato maggiormente negli ultimi 35 anni, basti pensare che il 2016 è stato l'anno più caldo mai registrato.

Dalle figure qui riportate si può notare infatti come la temperatura media superficiale della Terra sia aumentata (si parla di un aumento di quasi 1°C).

[3] Fonte: NASA

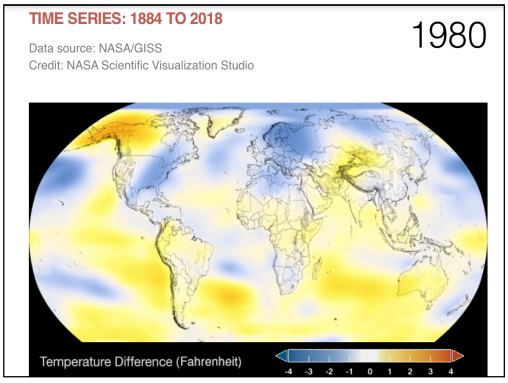


*Figura 20: Distribuzione di temperatura nel 1980*

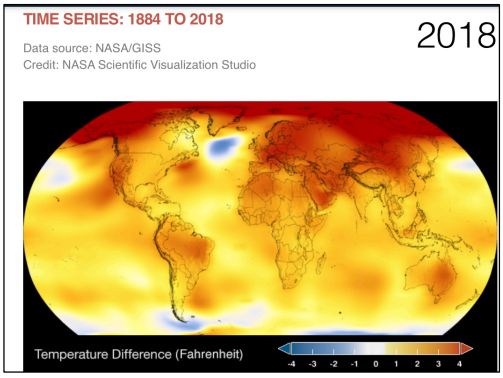


*Figura 21: Distribuzione di temperatura nel 2018*

La situazione è pertanto non sottovalutabile, com'è facilmente intuibile guardando queste due fotografie scattate grazie ai satelliti della Nasa, le quali riportano la stessa superficie dell'Iraq e del fiume Tigri vista dall'alto rispettivamente ad Aprile 2015 e ad Aprile 2019.

*Figura 22: Iraq e fiume Tigri, Aprile 2015*

*Figura 23: Iraq e fiume Tigri, Aprile 2019*

## 2.2 Effetti del riscaldamento globale

Lo storico delle risposte della Terra ai cambiati climatici non viene solo dalle carote di ghiaccio provenienti dalla Groenlandia e dall'Antartide: antiche testimonianze si possono trovare anche dai sedimenti oceanici, dalle barriere coralline e da strati di rocce sedimentarie. Analizzando i dati storici, si evince che il riscaldamento attuale si sta verificando circa dieci volte più velocemente del tasso medio di riscaldamento per il recupero dell'era glaciale.

Qui di seguito un elenco sulle risposte delle Terra al riscaldamento globale.

1) Riscaldamento degli oceani: dal 1969 i primi 700 metri di oceano si sono riscaldati di oltre 0,4°C.

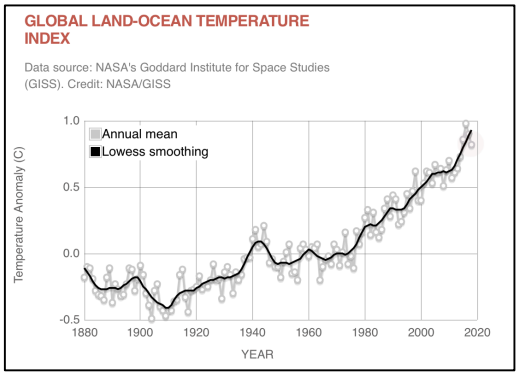


*Figura 24: Andamento della temperatura superficiale delle acque marittime*

2) Innalzamento del livello del mare e aumento della sua acidità: il livello del mare è aumentato in media di 0,2 m nell'ultimo secolo. Il tasso di aumento degli ultimi vent'anni è tuttavia quasi il doppio di quello del secolo scorso e sta accelerando leggermente ogni anno. L'assorbimento di una maggiore quantità di $CO_2$ del mare ha inoltre portato ad un aumento della sua acidità superficiale di circa il 30%.

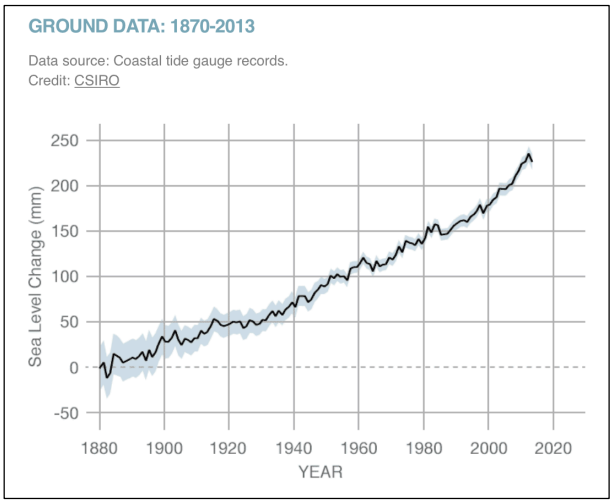


*Figura 25: innalzamento del livello del mare*

3) Restringimento delle calotte glaciali e ritiro dei ghiacciai: le calotte glaciali dell'Antartide e della Groenlandia si sono ridotte e stanno diminuendo in maniera preoccupante. Basti pensare che la Groenlandia ha ridotto la sua massa glaciale di circa 286 miliardi di tonnellate all'anno tra il 1993 3 il 2016, mentre l'Antartide ha perso circa 127 miliardi di tonnellate nello stesso arco

temporale, una perdita minore rispetto a quella della Groenlandia ma non meno allarmante in quanto nell'ultimo decennio il tasso di perdita di massa ghiacciata in Antartide è triplicato. I ghiacciai si stanno ritirando ovunque nel mondo, solo per citarne alcuni tra questi vi sono le Alpi e l'Himalaya. Anche lo spessore del ghiaccio marino artico è rapidamente diminuito negli ultimi decenni. La riduzione dei ghiacciai è inoltre accompagnata da una riduzione del manto nevoso, le osservazioni satellitari infatti riportano nell'emisfero settentrionale una quantità di neve sempre minore a partire dagli ultimi cinquant'anni.

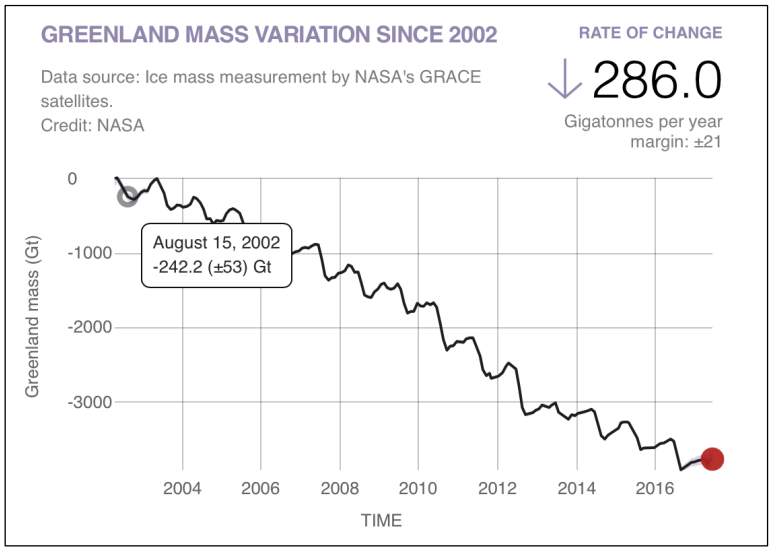


*Figura 26: Riduzione della massa ghiacciata in Groenlandia*

4) <u>Altri effetti</u>: è stato stimato che negli Stati Uniti continueranno gli anomali eventi di forti precipitazioni, mentre in altre zone più calde si prevedono forti siccità. Inoltre sembra, ma non è ancora stato verificato del tutto, che anche la frequenza e la durata degli uragani sia in aumento a causa del riscaldamento globale.

### 2.3 Interventi contro il riscaldamento globale

L'accordo di Parigi siglato nel 2015 segna una svolta di portata mondiale, in quanto si prefissa l'ambizioso e necessario scopo di consegnare alle prossime generazioni un pianeta più sano e stabile, puntando ad un'economia a basse emissioni di carbonio.

L'Unione Europea in particolare si presta ad essere leader mondiale nel settore dell'innovazione: tra gli obiettivi c'è infatti quello di innalzare di almeno il 27% la percentuale di energie rinnovabili e di incrementare nella stessa misura i progetti di efficienza energetica. Questo è necessario se si vuole raggiungere l'importante obiettivo di ridurre entro il 2030 almeno del 40% le emissioni del gas serra.

Un obiettivo ancora più ambizioso è stato fissato successivamente nella COP 24[4], svoltasi a Katowice in Polonia nel 2018, dove si auspica di arrivare al 2050 con zero emissioni di anidride carbonica e dove la riduzione di emissioni entro il 2030 è passata dal 40% al 45%.

Per arrivare a ciò è necessario che tutti gli aderenti all'accordo comunichino entro il 2020 le strategie per un mondo a basse emissioni di carbonio e quindi per mantenere l'incremento della temperatura globale a non più di 1,5 °C.

Le strategie di riduzione delle emissioni di carbonio prevedono che venga fissato un prezzo al carbonio.

Questo può essere fatto in diversi modi, per esempio tramite sistemi economici e/o finanziari o con un sistema di scambio di emissioni, com'è il caso dell'Unione Europea, o tramite un'imposizione fiscale.

Alcuni Paesi come Cina e Corea del Sud danno già un prezzo al carbonio e altrettanto si accingono a fare altri Paesi migliorando, al tempo stesso, le loro politiche in materia di efficienza energetica.

[4] Conferenza delle Parti sul Clima

## 3. Benefici nel fissare un prezzo al carbonio

Oggigiorno non ci si può sottrarre all'esigenza di un'economia sostenibile, il mercato deve funzionare come mezzo efficace per ridurre le emissioni di gas ad effetto serra, promuovendo sia il passaggio ad un'economia basata sull'energia rinnovabile sia l'innovazione delle tecnologie a basse emissioni di carbonio.

Fissare un prezzo reale monetario al carbonio aiuta quindi al raggiungimento di tale scopo, in modo tale che i costi degli impatti climatici e le opportunità per le diverse opzioni energetiche a basse emissioni di carbonio possano riflettersi nelle scelte di produzione e consumo.

Emettere carbonio sarà dunque più costoso, fatto che porterà consumatori e produttori a tecnologie e prodotti che ne consumano di meno.

Molte grandi aziende hanno già iniziato ad utilizzare un prezzo interno sul carbonio, e molte altre hanno comunicato l'intenzione di inserirlo a breve.

Queste aziende sono tenute a comunicarlo annualmente nel questionario CDP, *Carbon Disclosure Project*, nell'apposita sezione relativa ai cambiamenti climatici.

Secondo il CDP attualmente sono più di mille le aziende che stanno applicando un prezzo al carbonio o che comunque prevedono di farlo nei prossimi due anni.

Il mondo sta facendo enormi passi avanti, come testimoniano queste due immagini che rispecchiano rispettivamente le aziende nel mondo che applicavano l'IPoC già nel 2014 e quelle che lo hanno applicato nel 2017.

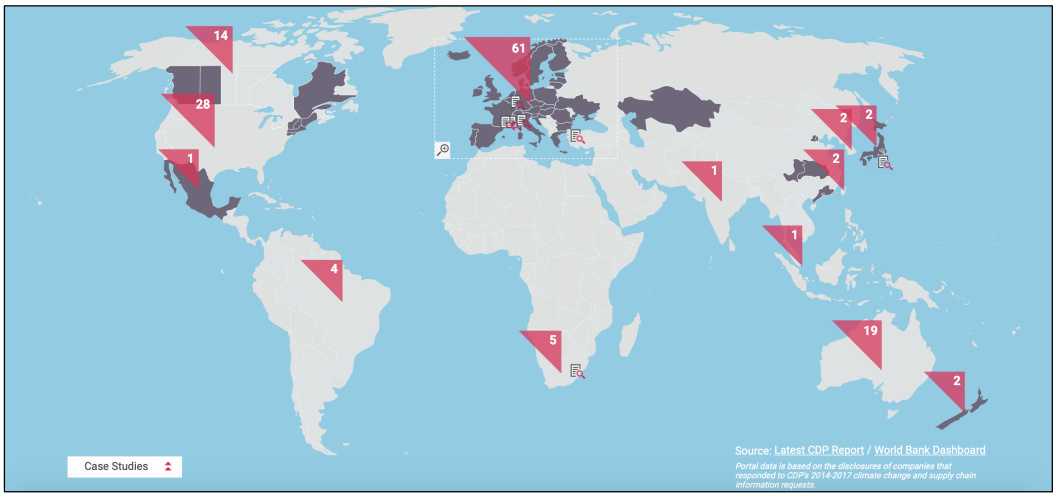


*Figura 27: Aziende che applicano l'IPoC nel 2014*

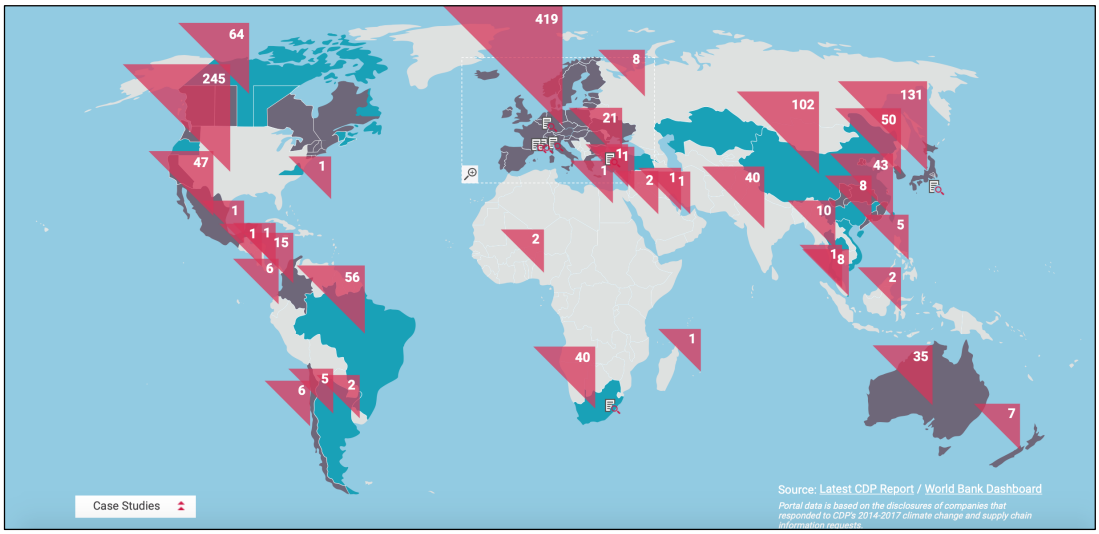


*Figura 28: Aziende che applicano l'IPoC nel 2017*

Tali aziende non si limiteranno solo a fissare un prezzo al carbonio, ma questo dovrà essere sufficientemente elevato in modo tale che possa influire nelle decisioni di investimento affinché vengano approvati i progetti di efficienza energetica che permettono di ridurre il più possibile le emissioni di gas ad effetto serra.

Esse dovranno inoltre comunicare i progressi nel tempo, analizzando i risultati ottenuti tramite l'applicazione dell'IPoC. La condivisione degli obiettivi, se fatta su larga scala, migliorerà inoltre la collaborazione tra azionisti, fornitori, clienti, partners della *supply chain*, investitori e comunità locali.

Gli investitori sono infatti diventati sempre più desiderosi di capire come le aziende gestiscono i rischi e le opportunità nell'ambito delle politiche di cambiamento climatico. Per citare un esempio, BlackRock, la più grande società di investimento nel mondo, ha recentemente annunciato piani per spingere le aziende a rivelare come i cambiamenti climatici potrebbero influenzare il loro *business*.

Necessaria è la stesura di scenari futuri per garantirne il successo a lungo termine, valutando e testando la redditività dei progetti e puntando ad ottenere rendimenti sempre più alti. La valutazione basata su scenari richiede spesso tre scenari, un caso migliore, un caso più probabile e un caso peggiore. Vengono stimati i flussi di cassa per ogni scenario futuro mostrando come cambierà il valore dell'investimento se i prezzi del carbonio varieranno. L'incertezza sui futuri prezzi del carbonio verrà quindi rappresentata con una distribuzione di probabilità in modo che gli analisti di un'azienda possano fare tutte le valutazioni del caso valutando anche i progetti a lungo

termine. Più lungo è l'orizzonte temporale, più si allargherà la gamma dei prezzi, poiché maggiore sarà l'incertezza sul possibile impatto delle politiche e delle innovazioni tecnologiche. Non è facile stilare e valutare questi scenari, la previsione dei prezzi del carbonio richiede la revisione critica dei dati e dalle analisi di esperti del clima, istituti di ricerca, aziende simili e agenzie ambientali. Basarsi esclusivamente sulle stime divulgate da società simili non basta perché potrebbe portare a previsioni distorte, le aziende devono sviluppare competenze interne o affidarsi ad esterni per identificare la probabile evoluzione delle politiche pubbliche e dei relativi prezzi del carbonio, indicandone l'evoluzione e i picchi legati ad ogni scenario. In aiuto ci sono anche degli appositi pacchetti Software.
Così facendo le aziende si allineano ai criteri di leadership aziendale del Global Compact delle Nazioni Unite sui prezzi del carbonio.

### 3.1 Metodi di determinazione dell'IPoC

I programmi di determinazione del prezzo del carbonio possono essere attuati attraverso un'azione legislativa o normativa a livello locale, statale o nazione.
Quando si parla di IPoC si fa riferimento ad un prezzo esplicito o ad un prezzo implicito. L'OCSE ha recentemente pubblicato i "Tassi effettivi di carbonio", ovvero un report dei prezzi espliciti e dei prezzi impliciti del carbonio.

#### Prezzo esplicito

La metodologia ETS, UE *Emission Trading Scheme*, è l'esempio più popolare del prezzo esplicito. È il primo programma commerciale mondiale sul carbonio, lanciato dall'Unione Europea nel 2005. L'ETS prevede che venga definita una quantità equivalente di emissione di $CO_2$ che le industrie possono rilasciare e al tempo stesso impone delle tasse sulla produzione, distribuzione e uso dei combustibili fossili.
Perché questo metodo funzioni le aziende devono monitorare, comunicare e verificare le proprie emissioni, o agendo direttamente sugli impianti o tramite un sistema d'asta. Questo sistema è comunemente chiamato *cap-and-trade*.
L'azienda in quest'ultimo caso deve comprare delle quote dal governo in base al limite di emissioni consentito, che potrà scambiare e/o vendere liberamente tra partecipanti idonei.

Poiché le quote sono limitate e quindi preziose, coloro che ne sono soggetti cercheranno di ridurre le emissioni, riducendo così il numero di quote da acquistare. Il prezzo del carbonio sarà determinato dalla domanda e dall'offerta delle suddette quote sul mercato. Solitamente il prezzo è reso esplicito sulla piattaforma della Borsa Europea dell'Energia. La Banca Mondiale fornisce, inoltre, i dati aggiornati di ogni sistema normativo nazionale e le tendenze nel fissare dei prezzi sul carbonio.

Un altro esempio tipico di questo tipo di prezzo è l'applicazione di una tassa sul carbonio da parte del governo, vengono quindi emanate leggi o regolamenti che stabiliscono una tassa per ogni tonnellata di $CO_2$ equivalente (unità di misura che considera la somma ponderata della capacità di tutti e sei i diversi gas ad effetto serra) emessa da un settore o dall'intera economia. Si può inoltre pensare che una tassa di carbonio in aumento contribuirebbe a garantire un abbassamento delle emissioni nel tempo, inoltre queste entrate potrebbero essere poi usate dal governo per iniziative quali incentivi e finanziamenti alla ricerca e all'energia rinnovabile. Questa misura è però semplice solo in apparenza in quanto è difficile misurare le emissioni effettive, pertanto la *carbon tax* viene comunemente applicata sulle emissioni non effettive, considerando solo il carbonio dei combustibili fossili utilizzati. Per esempio, verrà applicato l'IPoC tenendo conto delle emissioni derivanti dalla combustione del gas per il riscaldamento ma non le emissioni che fluiscono dai tubi di scarico dei camion.

È emersa la difficoltà nell'applicare entrambe le metodologie contemporaneamente, per cui, in genere, ne viene applicata una sola delle due e, in entrambi i casi, i risultati ottenuti non risultano essere soddisfacenti.

Le quote di emissione *cap-and-trade* nel sistema comunitario di scambio delle quote di emissione, sono passate da essere scambiate a cinque euro per tonnellata di $CO_2$ nel 2017 a più di venti nel 2018 e ad esempio in Svezia alcune costano più di novanta euro per tonnellata di $CO_2$. Si prevede dunque in linea generale un aumento del prezzo delle quote.

**Prezzo implicito**

Il prezzo implicito prevede che le politiche governative incoraggino tramite sussidi e agevolazioni la riduzione delle emissioni.

L'azienda adottando questo tipo di prezzo definirà lei stessa un teorico prezzo interno del carbonio valutando quindi il costo per ogni tonnellata di $CO_2$ equivalente emessa per poi tenerne conto in modo che ciò influenzi sui processi decisionali.
Il piano strategico aziendale dovrà quindi utilizzare il prezzo interno principalmente per valutare i progetti di efficienza energetica.
Per applicarlo le imprese devono avere un quadro chiaro delle loro emissioni.
Le aziende che lo hanno già provato garantiscono, a differenza del prezzo esplicito, buoni risultati sia in termini di ammortamento degli investimenti verso tecnologie a basse emissioni, sia in termini di valore aggiunto del prodotto e dell'intero sistema.
È bene tenere a mente che non esiste un unico modello per fissare il prezzo del carbonio ma ogni azienda sceglie il più adatto alla propria situazione, fissando uno specifico prezzo che potrà variare di molto, da pochi euro a centinaia di euro per tonnellata di $CO_2$. Nel 2017 quasi 1400 aziende hanno usato il prezzo implicito, quasi la totalità delle aziende che applicano l'IPoC.

**Tre approcci per fissare il prezzo del carbonio**

1- **Prezzo ombra:**

   questo metodo risulta essere il più semplice in quanto prevede di fissare un prezzo del carbonio uguale o molto simile a quello imposto dalle normative esistenti. Il prezzo del carbonio è incluso quindi nella valutazione delle opzioni di investimento, proprio come gli altri costi. Generalmente si utilizza in fase di approvazione di un progetto, in quanto la riduzione dei gas ad effetto serra porterà grandi benefici in termini di ritorno dell'investimento.
   Questo prezzo più che rappresentare le attuali spese effettive riflette i costi che l'azienda si aspetta di dover imporre alle emissioni di carbonio man mano che le politiche e le normative cambiano nel corso della vita dell'investimento. Ad esempio, se si valuta a breve termine come fonte di energia quella fossile questa per le normative vigenti può essere l'opzione più economica, ma se si tiene conto del prezzo del carbonio e delle politiche climatiche future una fonte rinnovabile può essere più strategica anche dal punto di vista finanziario.

Per citare un caso vero, la Phillips adottando questo metodo ha abbandonato l'idea di un progetto a lungo investimento che altrimenti sembrava vantaggioso.

2- **Tassa sul carbonio:**
l'azienda deciderà internamente di applicare a se stessa una tassa sul carbonio, ovvero aggiungerà ai normali costi operativi un costo della $CO_2$ che verrà poi reinvestito per i progetti di efficienza energetica e per l'energia pulita.

3- **Prezzo indicativo interno:**
il valore del prezzo del carbonio viene calcolato in ottica di superamento degli obiettivi di riduzione delle emissioni stabiliti dall'azienda.

Questi tre approcci vengono trattati separatamente e non sono sovrapponibili.
Per applicarli le imprese devono avere un quadro chiaro delle loro emissioni.
Le emissioni si dividono in tre tipi. Le emissioni del primo tipo sono dette dirette, vengono indicate più comunemente come *scope 1* e derivano dalla combustione nelle caldaie di un'azienda. Le emissioni del secondo tipo sono dette indirette, vengono indicate come *scope 2* e derivano dal consumo di elettricità, vapore e calore acquistati da un'azienda. Ci sono poi altre emissioni indirette dette *scope 3* che sono legate alla catena di fornitura di un'azienda, per esempio nella produzione e nel trasporto dei materiali e nello smaltimento dei rifiuti. Distinguere la natura delle emissioni è un'operazione necessaria poiché anche le industrie che sembrano a basse emissioni di carbonio possono in realtà non esserlo se si identificano tutti gli *scope*. Un esempio lampante è quello della Swiss Re, la quale nel 2017 ha registrato emissioni dirette molto basse ma emissioni indirette 15 volte superiori a quelle dirette a causa dei numerosi viaggi aziendali. L'azienda ha quindi valutato di ridurre i voli non necessari.
Il *GreenHouse Gas Protocol* può venire in aiuto in quanto ha creato un approccio standardizzato per la misurazione e la gestione delle emissioni aziendali, fornendo linee guida per settore e appositi strumenti di calcolo.
Attualmente l'applicazione dell'IPoC è un'operazione volontaria ma, viste le normative sempre più stringenti in materia di sostenibilità, è ragionevole pensare che

sarà presto obbligatoria. Perciò le aziende che non l'hanno ancora applicato anziché chiedersi se sia conveniente o no fissare un prezzo al carbonio dovrebbero chiedersi come farlo; la scelta di una metodologia rispetto ad un'altra è del tutto libera, conviene valutare quale sia la più adatta al proprio contesto.

In questo momento il prezzo può variare molto in base alla nazione o al continente ma si auspica che possa venire attuata un'unica linea guida a livello mondiale che miri a rispettare gli accordi della COP21 e della COP24, sviluppando la metodologia più efficace.

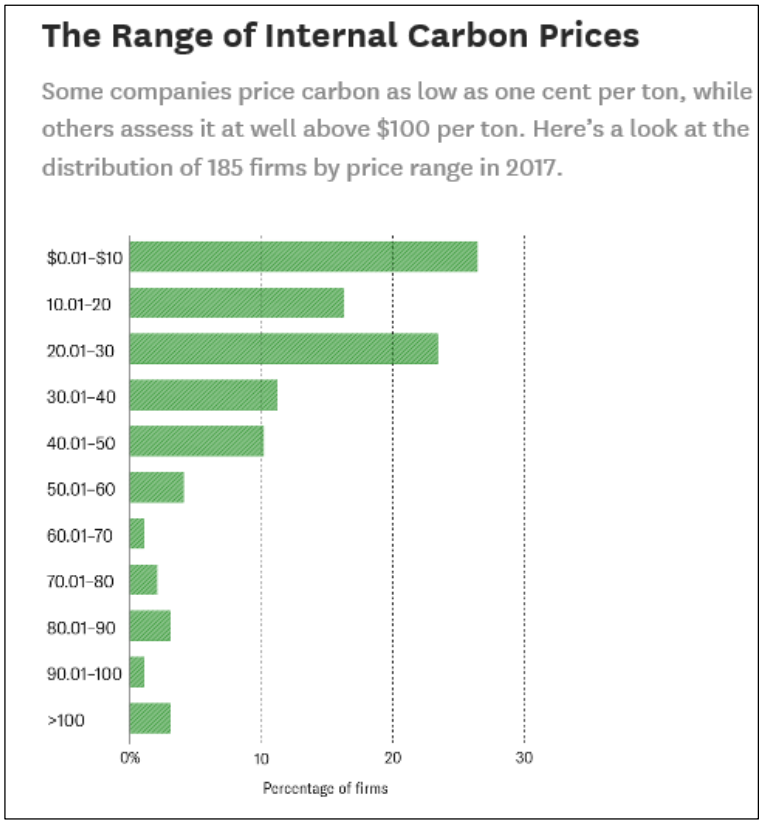


*Figura 29: Diversi valori dell'IPoC nel mondo*

Ciò che ad oggi è consigliabile, poiché ha portato a migliori risultati, è l'applicazione di un prezzo implicito del carbonio.

Le aziende, inoltre, non sono solo quindi libere di scegliere la metodologia a loro più appropriata, ma possono anche cercare di sviluppare nuove metodologie. Un'ulteriore metodologia è infatti quella del *target price*, ovvero il prezzo del carbonio è rivelato dalle riduzioni del consumo di energia e di gas serra emessi e viene calcolato in base

alle misure delle iniziative già attuate; questa è la scelta fatta da CNH Industrial la quale verrà attuata e applicata al caso studio.

### 3.2 Calcolo dell'IPoC

Prima di procedere alle formule occorre aprire una parentesi sul valore che permette di sapere i grammi di $CO_2$ emessi per ogni GJ consumato. Per far questo occorre fare una prima distinzione, ovvero occorre sapere se si tratta di un consumo di energia elettrica o termica.

Se è di energia elettrica, allora il protocollo GHG (*GreenHouse Gas*) offre una linea guida ufficiale attraverso l'uso di un approccio basato sul mercato. Il *Residual Mix* è il fattore in grado di stimare i grammi di $CO_2$ emessi per ogni GJ elettrico consumato, in funzione del Paese in cui si trova l'impianto. Dove non disponibile il *Residual Mix* è sostituito da altri analoghi indici come DEFRA per il Regno Unito. In alternativa può essere anche utilizzato l'indice IEA. Questi indici sono calcolati da apposite organizzazioni mondiali e sono acquistabili sul mercato.

Se il consumo è di energia termica allora occorre valutare se questo è acquistato esternamente o prodotto internamente. Nel primo caso allora i grammi di $CO_2$ emessi per ogni GJ consumato di energia termica vengono dati dal fornitore, altrimenti occorre considerare il combustibile in ingresso e consultando apposite tabelle trovarne i fattori di consumo specifici.

Le formule qui riportate sono quelle che sono state usate nel caso studio.

Un primo passo prevede di calcolare le tonnellate di $CO_2$ risparmiate in seguito ad un progetto di efficienza energetica:

$$CO_{2\,risparmiata}=E_{red} \cdot 10^{\wedge(-6)} \cdot RM \qquad [\frac{ton\ CO2}{anno}] \qquad (3.1)$$

$$CO_{2\,risparmiata}=E_{red} \cdot 10^{\wedge(-6)} \cdot EF \qquad [\frac{ton\ CO2}{anno}] \qquad (3.2)$$

Dove $E_{red}$ è la riduzione di energia stimata grazie al progetto di efficienza energetica espressa in [GJ/anno], RM è il *residual mix* sopracitato in [$gCO_2$ emessi/GJ], EF, *emission from fuel*, indica le emissioni dovute dalla combustione di combustibile fossile in [$gCO_2$ emessi/GJ].

A questo punto va trovato il SPB, *Simple Pay Back* equivalente:

$$SPB = \frac{CAPEX}{EURO\ SAVING} \qquad [anno] \qquad (3.3)$$

Dove il CAPEX, ovvero il costo dell'investimento, è misurato in [€] e l'EURO SAVING, ovvero il risparmio in termine monetario da ogni progetto di efficienza energetica in [€/anno].

Per non avere un'incertezza troppo grande occorrerà trovare il SPB in [mese], dividendo per dodici e arrotondando in modo che si sappiano esattamente quanti mesi occorrono per il ritorno dell'investimento.

Quindi è ora possibile calcolare la stima del costo di un progetto, EPC, *Estimated Project Cost*:

$$EPC_{mese} = \frac{CAPEX}{SPB} \qquad [\frac{€}{mese}] \qquad (3.4)$$

Per poi riportarlo all'anno:

$$EPC_{anno} = EPC_{mese} \cdot (12 - n) \qquad \left[\frac{€}{anno}\right] \qquad (3.5)$$

Dove la *n* indica i mesi rimanenti dell'anno.

A questo punto non risulta difficile trovare l'IPoC:

$$IPoC = \frac{EPC_{anno}}{CO_2\ risparmiata} \qquad [\frac{€}{ton\ CO_2}] \qquad (3.6)$$

# 4.Esternalità

## 4.1 Cosa si intende per esternalità

I danni alla salute dell'ambiente e alla salute delle persone collegati all'attività umana, che variano a seconda del tipo di attività e del luogo in cui essa viene svolta, vengono tramutati in costi chiamati esternalità. Si parla di esternalità positiva se rappresenta un vantaggio per la società in generale, ma non per il produttore, il quale non ne trae profitto, di esternalità negativa se rappresenta invece un costo per la società, ma non per il produttore. Queste ultime sono, purtroppo, le più comuni.

Si pensi all'inquinamento, un'azienda che inquina non ha una perdita economica dovuta alle sue emissioni, ma la società deve pagare per rimediare ai danni causati da queste. Questo è un semplice esempio di esternalità negativa. Riassumendo, le esternalità sono quindi gli effetti positivi o negativi provocati da un'attività economica e/o industriale su altre attività e/o sul benessere sociale, ma che non vengono conteggiati nei guadagni e nei costi. I costi sono definiti esterni proprio per questo, poiché, pur essendo reali per la società, non vengono considerati dai produttori al momento di prendere decisioni di investimento.

La difficoltà sta nel capire in quale misura tener conto degli impatti sulla salute umana, sull'ecosistema e sul paesaggio. Tuttavia, con un po' di sforzo, la quantificazione delle esternalità può risultare determinante nelle scelte strategiche sia di breve sia di lungo periodo, uno strumento utile nella ricerca di un equilibrio tra efficienza energetica e compatibilità ambientale, in poche parole, di uno sviluppo più sostenibile. Questo calcolo è difatti molto utile in particolare in campo energetico, per esempio nel caso in cui si dovesse scegliere tra due diverse fonti energetiche.

Per capire bene il discorso occorre aprire una parentesi ai danni qui citati. Non basta considerare l'impatto fisico sull'ambiente e sulla salute umana di un'attività, occorre anche valutare la perdita di benessere in seguito ad essa. Ad esempio la deturpazione di un paesaggio può sembrare che abbia impatto nullo sulla salute umana, ma dovrà invece essere valutato come esternalità in quanto può dare riscontri negativi quali perdita di interesse del luogo in cui si vive con conseguente deterioramento dell'umore. Si parla infatti di danni di mercato e di danni non di mercato, i primi sono facilmente quantificabili grazie ai prezzi già esistenti (la quantificazione avviene

infatti consultando i costi delle patologie correlate agli impatti, quindi consultando le spese per i medicinali, le spese di ospedalizzazione, le possibili invalidità etc.), i secondi no, poiché fanno riferimento alla perdita di benessere legata a beni intangibili. Questi ultimi danni non sono lievi e dovrebbero avere molta influenza nelle scelte di investimento di un'azienda.

| External cost figures for electricity production in the EU for existing technologies[1] (in € cent per kWh*) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Country | Coal & lignite | Peat | Oil | Gas | Nuclear | Biomass | Hydro | PV | Wind |
| AT | | | | 1-3 | | 2-3 | 0.1 | | |
| BE | 4-15 | | | 1-2 | 0.5 | | | | |
| DE | 3-6 | | 5-8 | 1-2 | 0.2 | 3 | | 0.6 | 0.05 |
| DK | 4-7 | | | 2-3 | | 1 | | | 0.1 |
| ES | 5-8 | | | 1-2 | | 3-5** | | | 0.2 |
| FI | 2-4 | 2-5 | | | | 1 | | | |
| FR | 7-10 | | 8-11 | 2-4 | 0.3 | 1 | 1 | | |
| GR | 5-8 | | 3-5 | 1 | | 0-0.8 | 1 | | 0.25 |
| IE | 6-8 | 3-4 | | | | | | | |
| IT | | | 3-6 | 2-3 | | | 0.3 | | |
| NL | 3-4 | | | 1-2 | 0.7 | 0.5 | | | |
| NO | | | | 1-2 | | 0.2 | 0.2 | | 0-0.25 |
| PT | 4-7 | | | 1-2 | | 1-2 | 0.03 | | |
| SE | 2-4 | | | | | 0.3 | 0-0.7 | | |
| UK | 4-7 | | 3-5 | 1-2 | 0.25 | 1 | | | 0.15 |

*Figura 30: Esternalità per ogni fonte energetica*

### 4.2 Quantificazione dell'esternalità

Per procedere alla quantificazione delle esternalità occorre una fase preliminare di individuazione dei danni, successivamente si potrà procedere alla loro quantificazione (in termini sia fisici sia monetari) e infine si affronterà un'ultima fase detta di internalizzazione.

La fase di individuazione prevede un elenco con annessa valutazione dei binomi inquinante-ricettore, affinché vengano tenuti in conto solo i più rilevanti. Non è un passaggio semplice, ma ci sono diverse analisi che aiutano a compierlo, per esempio la LCA, *Life Cycle Assessment*.

Conclusa la fase di individuazione degli inquinanti che un processo può portare e dei ricettori che ne possono subire i conseguenti effetti, occorre procedere alla fase di quantificazione fisica dei danni. In questa fase devono essere trovati gli effetti che gli inquinanti avranno sui ricettori. Anche in questo caso non si tratta di un passaggio

semplice, le difficoltà sorgono specialmente nel quantificare gli effetti sul lungo termine, anche a causa dell'eventuale assenza di studi precedenti.
A questo punto occorre quantificare i danni in termini monetari, attualmente l'unico strumento accettato sul mercato. Occorre però fare attenzione a non contabilizzare due volte un'esternalità: per esempio, i possibili effetti sulla salute degli operai che lavorano negli impianti non devono essere considerati come esternalità qualora ci fosse un'indennità di rischio, la quale rappresenterebbe già una valutazione del danno alla salute, ipotizzando che venga compromessa.
Una difficoltà aggiuntiva è data dall'incapacità del mercato di offrire un valore ai beni intangibili quali la qualità della vita o di offrirlo in qualche modo distorto, forzato da un tentativo azzardato di uniformizzazione.
Dopo aver determinato i costi, tramite l'ultimo passaggio, l'internalizzazione, devono essere attuate delle politiche di redistribuzione e/o di ricollocazione delle risorse, tenendo conto quindi delle esternalità calcolate. L'obiettivo di questa fase è infatti quello di riequilibrare la dimensione sociale e ambientale con quella puramente economica, e quindi, di conseguenza, quello di ottenere una maggiore sostenibilità ambientale. Si tratta di un obiettivo chiaro per l'Unione Europea, come espresso nel Protocollo di Göteborg già nel 2001.
Un esempio per comprendere meglio il concetto di internalizzazione: la disciplina comunitaria degli aiuti di Stato per la tutela dell'ambiente prevede che gli Stati membri dell'UE possano concedere aiuti economici, calcolati proprio in base ai costi esterni evitati, per la costruzione di nuovi impianti ad energia pulita.

### 4.3 Il progetto ExternE

Ad oggi la metodologia che si può adottare è quella di ExternE, *External costs of Energy,* la più utilizzata nel difficile calcolo delle esternalità. Sebbene sia nata nella seconda metà del '900, la sua applicazione è piuttosto recente.
Essa è una rete europea che dal 1991 ha coinvolto più di cinquanta gruppi di ricerca in oltre venti Paesi, compiendo negli ultimi vent'anni notevoli progressi nell'analisi dei costi dei danni ambientali.
Lo scopo di ExternE non è solo quello di valutare gli impatti legati alle attività di produzione, ma anche a quelle di consumo. Per esempio, finora in ambito energetico

le valutazioni delle esternalità erano legate solo alla combustione, ma ora la metodologia è stata estesa tenendo conto di tutti i passaggi dei diversi processi industriali.

Essa prevede che venga selezionato un determinato numero di impatti, sovrappesando quelli più rilevanti. Dopodiché vengono studiate le seguenti fasi relative agli inquinanti: emissione, deposizione al suolo (in cui si deve specificare se ciò avviene tramite acque) e permanenza nell'atmosfera. Vengono inoltre individuate eventuali interazioni tra inquinanti ed eventuali formazioni di prodotti intermedi.

La quantificazione degli inquinanti è abbastanza semplice se si tratta di $CO_2$, $SO_2$, $NO_x$, CO e di altri composti volatili, mentre risulta più difficile misurare sostanze come il piombo e il mercurio, presenti spesso sotto forma di tracce, ma, proprio per questo motivo, spesso il loro impatto, se le loro quantità sono così ristrette, è da considerarsi trascurabile.

Al termine dell'individuazione degli inquinanti inizia quella dei ricettori.

Queste operazioni hanno permesso, infine, la compilazione della tabella fornita da ExternE, la quale offre una panoramica degli effetti sulla salute umana ed ambientale attualmente inclusi nell'analisi. Per esempio, sotto la voce *global warming*, i responsabili individuati sono $CO_2$, $CH_4$, $N_2O$, N ed S e gli effetti sono quelli elencati nel capitolo precedente.

La tabella non è da considerare come completa ed esaustiva, è infatti costantemente aggiornata poiché si mira ad un ampliamento di questo elenco.

| External costs of energy and transport: Impact pathways of health and environmental effects included in the analysis | | |
|---|---|---|
| **Impact Category** | **Pollutant / Burden** | **Effects** |
| Human Health – mortality | $PM_{10}$ [a], $SO_2$ NOx, $O_3$ | Reduction in life expectancy |
| | Benzene, Benzo-[a]-pyrene 1,3-butadiene Diesel particles | Cancers |
| | Noise | Loss of amenity, impact on health |
| | Accident risk | Fatality risk from traffic and workplace accidents |
| Human Health – morbidity | $PM_{10}$, $O_3$, $SO_2$ | Respiratory hospital admissions |
| | $PM_{10}$, $O_3$ | Restricted activity days |
| | $PM_{10}$, CO | Congestive heart failure |
| | Benzene, Benzo-[a]-pyrene 1,3-butadiene Diesel particles | Cancer risk (non-fatal) |
| | $PM_{10}$ | Cerebro-vascular hospital admissions<br>Cases of chronic bronchitis<br>Cases of chronic cough in children<br>Cough in asthmatics<br>Lower respiratory symptoms |
| | $O_3$ | Asthma attacks<br>Symptom days |
| | Noise | Myocardial infarction<br>Angina pectoris<br>Hypertension<br>Sleep disturbance |
| | Accident risk | Risk of injuries from traffic and workplace accidents |
| Building Material | $SO_2$ Acid deposition | Ageing of galvanised steel, limestone, mortar, sand-stone, paint, rendering, and zinc for utilitarian buildings |
| | Combustion particles | Soiling of buildings |
| Crops | $NO_x$, $SO_2$ | Yield change for wheat, barley, rye, oats, potato, sugar beet |
| | $O_3$ | Yield change for wheat, barley, rye, oats, potato, rice, tobacco, sunflower seed |
| | Acid deposition | Increased need for liming |
| Global Warming | $CO_2$, $CH_4$, $N_2O$, N, S | World-wide effects on mortality, morbidity, coastal impacts, agriculture, energy demand, and economic impacts due to temperature change and sea level rise |
| Amenity losses | Noise | Amenity losses due to noise exposure |
| Ecosystems | Acid deposition, nitrogen deposition | Acidity and eutrophication (avoidance costs for reducing areas where critical loads are exceeded) |

*Figura 31: Tabella inquinanti e relativi effetti*

Per confrontare e scegliere quindi la tecnologia che preveda il minor impatto la metodologia trasforma l'impatto in unità monetaria proprio perché è difficile confrontare i diversi impatti, tenendo conto anche che possono avere diverse unità di misura. La trasformazione degli impatti in unità monetarie avviene tramite algoritmi, i quali permettono trasparenza e riproducibilità dei risultati. Avendo tutti un'unica unità di misura è quindi facile fare l'analisi costi-benefici e trasferire il valore monetario da un'applicazione ad un'altra. La valutazione degli effetti si basa sulle preferenze misurate della popolazione interessata, ben informata. Le persone

intervistate devono perciò comprendere il cambiamento effettivo dovuto all'impatto, non ad un pericolo.

Per la metodologia è, inoltre, importante valutare l'effetto di un impatto sia su scala temporale sia su scala spaziale.

### 4.3.1 Approccio del percorso di impatto.

Si veda ora più nel dettaglio quello accennato nel paragrafo precedente. L'approccio del percorso d'impatto rappresenta il cuore del progetto ExternE, è un approccio dal basso verso l'alto in cui costi ambientali e benefici sono stimati seguendo il percorso che va dalle emissioni alla fonte, attraverso i cambiamenti di qualità dell'aria, del suolo e delle acque.

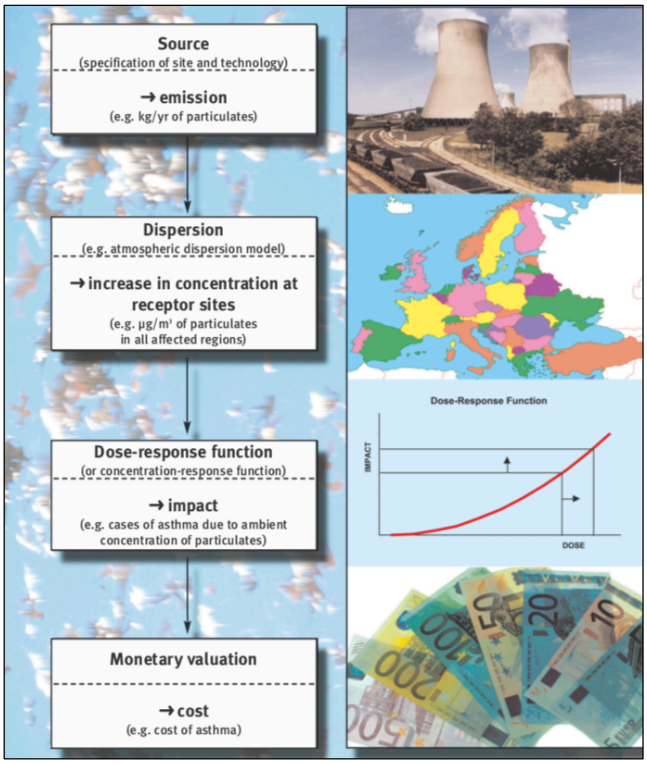


*Figura 32: Diagramma del percorso di impatto*

È infatti necessario valutare anche lo stato di salute delle acque e del suolo in quanto l'esposizione alla sostanza avviene anche tramite la catena alimentare.

È importante notare che non devono essere presi in considerazione solo i danni locali, gli inquinanti atmosferici vengono infatti trasformati e trasportati, causando danni

considerevoli anche a centinaia di chilometri di distanza dalla fonte. Quindi, accanto ad una modellizzazione locale, ne occorre una europea ed emisferica. La metodologia include attualmente gli impatti ambientali dovuti alle emissioni legate all'ordinaria attività umana, gli impatti dovuti al riscaldamento globale e quelli dovuti agli incidenti. Essa analizza, inoltre, le questioni riguardanti la sicurezza energetica. Ciò che non è considerata come esternalità da ExternE, ma che erroneamente viene presa in considerazione, è l'occupazione, poiché influenzata dal mercato del lavoro. Un altro esempio di non esternalità è data dall'impoverimento delle fonti non rinnovabili esauribili, considerato come prezzo interno e pertanto non tenuto in considerazione da ExternE.

Affinché alle aziende risulti facile applicare tale metodologia viene offerto un pacchetto software chiamato EcoSense capace, fornendo diversi scenari per diverse quantità e tipi di inquinante e permettendo anche di specificare il luogo di studio, di restituire il valore monetario del danno, l'esternalità, appunto. È importante specificare il luogo in cui viene fatta l'analisi perché laddove il reddito sia basso c'è maggiore possibilità di riduzione del benessere rispetto ad una popolazione ricca, se viene infatti sottratto un euro di esternalità ad una popolazione molto povera l'impatto è senz'altro maggiore rispetto a quello provocato dalla sottrazione dello stesso euro ad una popolazione ricca. Questo si riflette enormemente specialmente sugli effetti causati dal riscaldamento globale. Quindi, occorre valutare se l'area analizzata sia arretrata o sviluppata, il progetto ExternE ha pertanto seguito il principio di equità, caposaldo del protocollo di Kyoto. L'analisi è pertanto ponderata considerando anche il reddito delle aree. Non basta suddividere le aree secondo il reddito, ma anche secondo l'uso: anche di una stessa regione occorre individuare se un'area è turistica, adibita ad uso agricolo, industriale o residenziale. Il progetto comunque considera tutte queste sfumature.

### 4.3.2 Calcolo dell'esternalità tramite la metodologia ExternE

Per il caso studio del seguente capitolo è quindi stata usata la metodologia ExternE, seguendo le seguenti procedure di calcolo indicate dal progetto. Dapprima il progetto prevedeva di ricorrere al concetto di vita statistica VSL, *Value of Statistical Life.* Questo valore è stato stimato da ExternE pari a 3.100.000,00 €. Ora l'esternalità non è più trovata tramite il semplice calcolo dei decessi addizionali per il VSL, ma ci si

focalizza più sulla riduzione dell'aspettativa di vita, misurata in [YOLL]. Gli YOLL, *Years Of Life Los*t, sono gli anni di vita persi a causa dell'interazione con un determinato inquinante, scontati di un tasso variabile che per ExternE è il 3%. Il valore di ciascun anno di vita perso a causa delle emissioni inquinanti è stato valutato essere di 83.000 €. Definito quindi il valore in [€/YOLL] il calcolo si sviluppa in quattro passi:

1. Viene preso un inquinante di cui si vogliono calcolare le esternalità derivanti dai suoi effetti e se ne definisce l'unità di misura, perciò, se viene presa, ad esempio, in esame la $CO_2$, l'unità di misura è il chilogrammo. Si ricorre quindi ad appositi registri per trovare il numero corrispondente agli anni di vita persi per ogni chilogrammo di $CO_2$ emesso, chiamato fattore di caratterizzazione ed espresso quindi in [YOLL/kg].
2. L'impatto fisico si trova moltiplicando questo valore per 83.000 €/YOLL, il valore ottenuto sarà quindi espresso in [€/kg].
3. Quindi, dividendo per il consumo energetico (o il risparmio energetico), si troverà il valore espresso in [€/KWh/kg].
4. Moltiplicando infine per la quantità di inquinante emessa (o risparmiata) all'anno si troverà finalmente il valore dell'esternalità espresso in [€/kWh].

Nel caso si volesse il valore in euro basterà moltiplicare per i kWh emessi (o risparmiati).

### 4.3.3 Come trovare il fattore di caratterizzazione espresso in [YOLL/kg].

Per cercare questo parametro si è fatto ricorso al database presente sul sito dell'Università Di Tecnologia di Göteborg, il quale descrive anche il percorso per ottenerlo.

Poiché l'intero calcolo delle esternalità nel caso studio è incentrato sulla $CO_2$ e sugli effetti del riscaldamento globale si è quindi ricorsi a quella voce. Il metodo per trovare il fattore di caratterizzazione è empirico. Sotto l'ipotesi di un accorciamento medio della vita di 0,3 anni e di un aumento della temperatura di 1,5 gradi, l'accorciamento totale della vita su scala globale a causa del riscaldamento climatico è stato stimato di 5,9 milioni di YOLL all'anno, in media per 100 anni. Per trovare il valore effettivo espresso in [YOLL/kg$CO_2$] sono stati analizzati diversi scenari esistenti, ad esempio,

per lo scenario IS92A dell'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) è stato analizzato che un chilogrammo di $CO_2$ contribuisce di $1{,}26 \cdot 10^{-16}$ all'effetto serra (almeno per i prossimi 100 anni).
Perciò:

$$5{,}96 \cdot 10^{6} \cdot 100 \cdot 1{,}26 \cdot 10^{-16} = 7{,}43 \cdot 10^{-8} \qquad [\frac{YOLL}{kgCO_2}] \qquad (4.1)$$

Questo valore è stato poi corretto tenendo in considerazione anche dell'aumento della mortalità dovuta alla fame causata dal riscaldamento globale, stimato di 54 milioni di YOLL per 100 anni, quindi di $5{,}4 \cdot 10^{9}$ YOLL per 100 anni.
Perciò seguendo questo percorso:

$$5{,}4 \cdot 10^{9} \cdot 1{,}26 \cdot 10^{-16} = 6{,}8 \cdot 10^{-7} \qquad [\frac{YOLL}{kgCO_2}] \qquad (4.2)$$

Un terzo modello tiene conto dell'aumento della frequenza delle catastrofi naturali in termini di inondazioni e cicloni, L'IPCC stima 15.000 vittime all'anno, un valore modesto rispetto agli altri ma che può risultare utile per il principio di precauzione. È stata stimata una riduzione della speranza di vita di 30 anni, per cui moltiplicando il numero delle vittime per 30 anni si trova il valore di $4{,}5 \cdot 10^{7}$ YOLL, per 100 anni.
Perciò, seguendo questo percorso:

$$4{,}5 \cdot 10^{7} \cdot 1{,}26 \cdot 10^{-16} = 5{,}75 \cdot 10^{-9} \qquad [\frac{YOLL}{kgCO_2}] \qquad (4.3)$$

Un quarto ed ultimo modello tiene infine conto dell'aumento della trasmissione della malaria, arrivando a trovare $2{,}6 \cdot 10^{8}$ YOLL per cento anni,
Quindi:

$$2{,}6 \cdot 10^{8} \cdot 1{,}26 \cdot 10^{-16} = 3{,}3 \cdot 10^{-8} \qquad [\frac{YOLL}{kgCO_2}] \qquad (4.4)$$

Considerando infine tutti i modelli si trova così il fattore finale di caratterizzazione:

$$7{,}43 \cdot 10^{-8} + 6{,}8 \cdot 10^{-7} + 5{,}75 \cdot 10^{-9} + 3{,}3 \cdot 10^{-8} = 7{,}93 \cdot 10^{-7} \quad [\frac{YOLL}{kgCO_2}] \quad (4.5)$$

### 4.4 Limiti della metodologia ExternE

I danni causati dal riscaldamento globale, pur essendo stati valutati dal progetto ExternE a livello globale, hanno un intervallo di incertezza molto più ampio rispetto agli altri, non è infatti ancora possibile fare una previsione certa e ad ampio raggio sugli impatti effettivi che ne derivano. L'approccio ExternE, come già specificato, rimane comunque ad oggi il più affidabile, ciò però non esclude che ci siano altri studi scientifici che propongono differenti metodologie altrettanto valide, i quali partono da altre ipotesi e percorrono altre strade di calcolo per cui il valore finale dell'esternalità risulterà differente rispetto a quello calcolato da ExternE, nonostante l'impatto preso in esame sia lo stesso.

Inoltre, bisogna fare attenzione a confrontare i numeri degli studi più recenti con quelli dei rapporti più vecchi, alcune aree stanno infatti cambiando molto velocemente e in maniera significativa, per cui le esternalità precedentemente calcolate risultano molto diverse da quelle calcolate più recentemente. Tra questi rapidi cambiamenti ci sono quelli riguardanti la quantificazione degli impatti sulla salute pubblica a causa degli inquinanti e la quantificazione degli impatti a causa del riscaldamento globale. Quindi è bene verificare che le relazioni più vecchie siano state aggiornate.

Le esternalità calcolate, anche quelle caratterizzate da un'ampia incertezza, rimangono comunque un utile strumento per affrontare molte decisioni politiche, sono infatti state tenute in conto per l'incenerimento dei rifiuti non pericolosi, per le direttive sui grandi impianti di combustione, per le strategie UE contro l'acidificazione, per le strategie nazionali che mirano a migliorare la qualità dell'aria e per le direttive sui limiti di emissione, solo per citarne alcune.

A differenza di molte altre metodologie, quella di ExternE prevede che l'incertezza venga sempre quantificata e resa nota.

In passato sono stati utilizzati sia i valori della parte superiore sia quelli della parte inferiore dell'incertezza e, considerata l'esternalità da prima corretta per eccesso e poi per difetto, si è visto che la risposta da parte delle politiche che mirano ad una minimizzazione dei costi sociali è rimasta pressoché la stessa, l'incertezza non ha quindi influito sulle decisioni finali.

Senza i dati forniti da ExternE il rischio di incorrere in una scelta sbagliata o in un'elevata penalizzazione dei costi sociali sarebbe molto più elevato. Pertanto, anche quando le incertezze sono troppo grandi per giungere a conclusioni certe, le esternalità possono essere comunque utili in fase di approvazione di un intervento, poiché permettono una discussione più informata e consapevole. Con il progresso scientifico e le continue ricerche si pensa che quest'incertezza diminuirà in maniera significativa. Una lacuna di questa metodologia è rappresentata dal fatto che non ci siano ancora danni quantificati per la proliferazione nucleare, la sicurezza nucleare, la sicurezza dell'approvvigionamento energetico e l'intrusione visiva. Si sta iniziando a quantificare questi impatti, ma le stime non sono ancora sufficientemente affidabili da poter essere utilizzate.

In linea di massima qualsiasi impatto può essere quantificato e monetizzato, alcuni problemi possono però sorgere se una questione è molto controversa, com'è per esempio la questione degli impatti associati all'energia nucleare.

È bene infine ricordare che l'analisi deve essere svolta in seguito ad una domanda, per esempio devono essere prima creati degli scenari futuri legati alla domanda di energia e in base a questi, considerando l'approvvigionamento energetico e lo sviluppo di nuove tecnologie, effettuate le stime di ExternE.

# 5. Caso studio

Il caso studio è stato affrontato tramite uno stage curriculare presso CNH Industrial, in cui si è cercato di mettere in pratica lo studio relativo ai benefici multipli dei progetti di efficienza energetica descritto nei precedenti paragrafi.
Sono stati analizzati sia progetti di efficienza energetica dell'azienda passati (precisamente quelli del 2017 e del 2018) sia quelli in programma per il 2019, al fine di determinare quali risultino essere più vantaggiosi e quali invece più svantaggiosi, considerando tutti gli aspetti ad essi legati, al fine di sapere, dunque, dove conviene investire, e dove, invece, no.

## 5.1 Cos'è CNH Industrial

CNH Industrial è un leader globale nel settore industriale.
Attraverso i suoi 12 marchi l'azienda progetta, produce e vende macchine per l'agricoltura, macchine edili, autobus, camion, veicoli speciali e propulsori.
Attualmente è composta da 66 stabilimenti di produzione e 54 centri di ricerca e sviluppo, con più di 60.000 dipendenti e una presenza commerciale in circa 180 Paesi.

*Figura 33: Logo di CNH Industrial*

La suddivisione può essere fatta per marchio e per regione. Qui di seguito la divisione per marchio di CNH Industrial, che verrà d'ora in avanti indicata semplicemente con AG, CE, CV e FPT.

*Figura 34: Suddivisione marchi CNH Industrial per brand*

Se viene fatta per regione vengono evidenziate cinque zone, NAFTA, EMEA, APAC e LATAM.

Nell'immagine NAFTA è indicata in grigio scuro, EMEA in arancione scuro, APAC in grigio chiaro e LATAM in rosa.

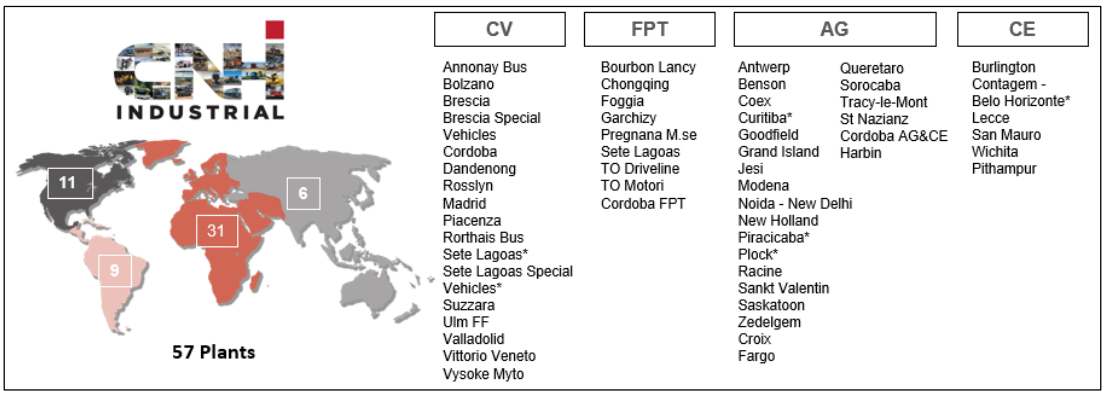


*Figura 35: Suddivisione CNH Industrial per regione*

### 5.1.1 Il ruolo di CNH Industrial nella sostenibilità

Per l'ottavo anno consecutivo, grazie al costante impegno, l'azienda è stata premiata per i risultati raggiunti in termini di sostenibilità garantendosi, ancora una volta, l'inclusione in alcuni degli indici azionari di sostenibilità più prestigiosi al mondo.

Per raggiungere questo ambito riconoscimento l'azienda si affida ad un'analisi di materialità, uno strumento di impresa strategico che mira a identificare gli argomenti materiali attraverso i quali l'azienda intende rispondere alle sfide globali e definire gli obiettivi allineati con gli SDG (*Sustainable Development Goals*, obiettivi di uno

sviluppo sostenibile) delle Nazioni Unite nel Piano di Sostenibilità calcolando anche possibili rischi e opportunità ad essi collegati.

I risultati guideranno un'ulteriore analisi sulla crescita aziendale, daranno pertanto informazioni e linee guida sulle decisioni di investimento e un aiuto sulla determinazione delle priorità di intervento.

Nell'analisi di materialità, gli argomenti sono considerati materiali se riflettono l'impatto economico, ambientale e/o sociale di CNH Industrial e se influenzano le decisioni degli azionisti.

La matrice di materialità è infine uno specchio della frequenza con cui è stato trattato ogni argomento materiale, questo è situato al suo interno in base alla pertinenza interna o esterna, per la quale la matrice può essere letta in due modi:

l'asse delle ascisse mostra il grado di importanza per CNH Industrial, l'asse delle ordinate quello per gli azionisti; per entrambe le letture l'ordine è ascendente.

*Figura 36: Matrice di materialità*

Sono state evidenziate con una freccia le voci relative all'energia rinnovabile e alla $CO_2$, elementi chiave trattati in questa tesi. Come si può vedere il grado di importanza risulta essere molto alto sia per gli azionisti sia per l'azienda.

Le emissioni atmosferiche sono infatti tra i temi prioritari proprio per la portata del loro impatti ambientale ed economico e della loro associazione con il riscaldamento globale.

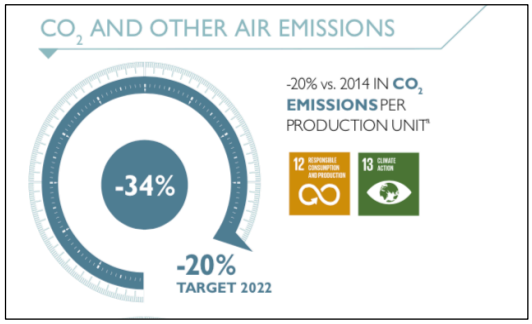


*Figura 37: riduzione delle emissioni di anidride carbonica da parte dell'azienda*

Com'è riportato in figura, le emissioni di $CO_2$ sono state ridotte del 34% rispetto al 2014, definita la linea base; considerando che l'obiettivo fissato al 2022 è una riduzione del 20% questo è stato già ampiamente raggiunto.

Ciò è stato possibile grazie ad un'intensa attività di monitoraggio delle emissioni atmosferiche e a continui interventi di riduzione delle stesse.

Al fine di ridurre le emissioni gli interventi di efficienza energetica sono numerosi. Nel 2018 sono infatti stati investiti quasi 8 milioni per il miglioramento delle prestazioni energetiche, attraverso soluzioni tecniche sia convenzionali sia innovative, che hanno portato ad una riduzione del consumo energetico di 160 TJ e di 11.800 ton di $CO_2$.

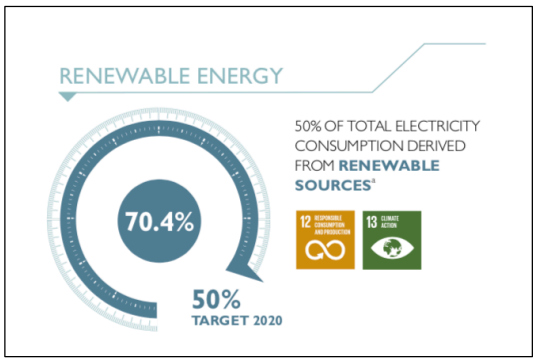


*Figura 38: Impegno dell'azienda ad usare energia rinnovabile*

Questi interventi hanno portato a risultati promettenti in quanto, come testimonia la figura 38, l'energia rinnovabile è aumentata del 70,4% rispetto al 2014, raggiungendo ampiamente l'obiettivo del 50% fissato per il 2020.

Per spiegare come sono stati raggiunti tali traguardi occorre fare la distinzione tra *actual* e *target*. I target vengono fissati annualmente e sono gli obiettivi che CNH Industrial, tramite il dipartimento Energy, si pone di raggiungere. L'*actual* indica, invece, i valori realmente ottenuti. Vengono fatti monitoraggi mensili per capire quanto quest'ultimo si discosta dal *target*. Può capitare che mensilmente l'obiettivo non sia raggiunto, ad esempio mesi particolarmente freddi richiedono un maggiore riscaldamento degli ambienti, che porta ad un consumo maggiore di combustibile, questo non è importante, ciò che conta è che venga raggiunto l'obiettivo annuale.

Sono quindi necessari dei KPI, *key performance indicators*, ovvero degli indicatori di prestazione. In particolare, vengono calcolati due KPI, che andranno poi inseriti nel bilancio di sostenibilità. Il primo terrà conto del rapporto tra il consumo di energia e le ore di produzione, mentre il secondo del rapporto tra la $CO_2$ emessa sempre per le ore di produzione.

A denominatore si trovano quindi le ore, denominate solitamente con l'acronimo TMH, *total manufacturing hours*, poiché è stato ritenuto il parametro migliore considerata la vasta gamma di prodotti costruiti dall'azienda.

È, inoltre, utile vedere il confronto tra *actual* e *target* anche per quel che riguarda l'energia rinnovabile.

Qui di seguito si riportano alcune immagini rappresentanti i grafici dei KPI *actual* in rosso scuro e dei KPI *target* per i prossimi anni in rosa.

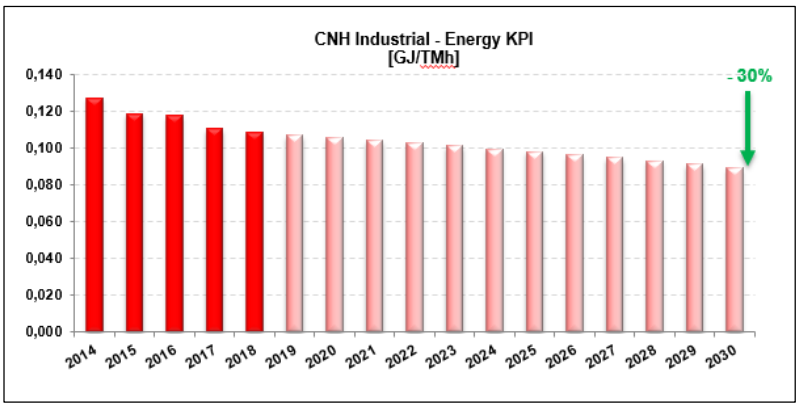


*Figura 39: KPI [GJ/TMH]*

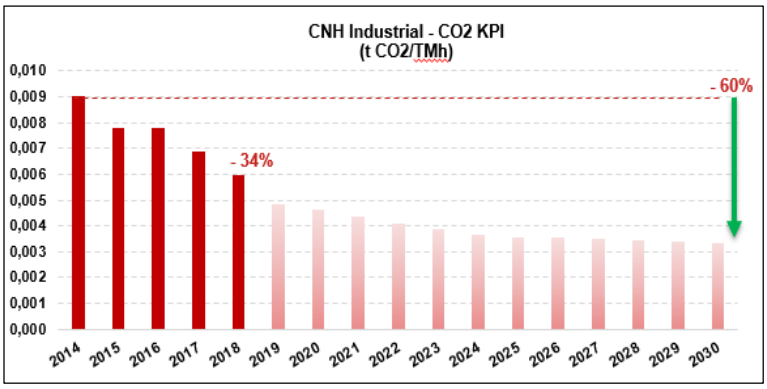


*Figura 40: KPI [tCO2/TMH]*

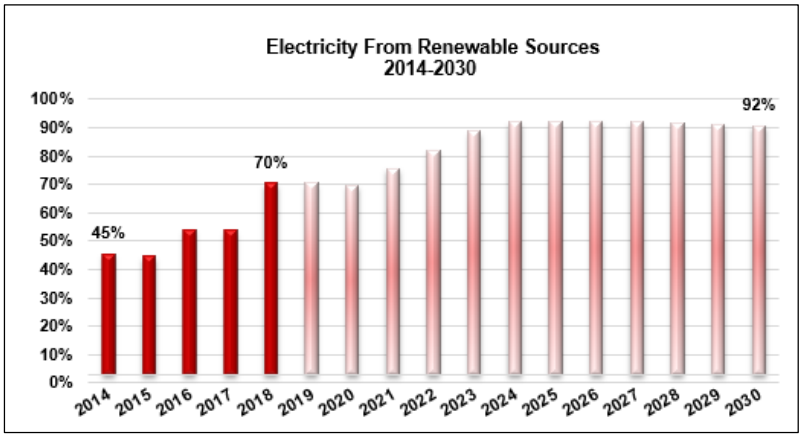


*Figura 41: Actual vs target energia rinnovabile*

Tra gli impegni di CNH Industrial c'è anche quello di continuare ad applicare la metodologia del prezzo interno del carbonio, IPoC, considerata uno strumento di impresa strategico per valutare gli investimenti e per ridurre le emissioni di $CO_2$. Questo consente di classificare e dare una priorità ai progetti di efficienza energetica

in base anche al costo di investimento. Questo metodo consente inoltre di valutare i progetti più efficaci in termini di riduzione di $CO_2$ a livello mondiale, valutando ciascun'area geografica.

Sulle basi dell'analisi dei dati storici il prezzo globale stimato al 2018 da CNH Industriale oscilla tra i 100 e i 135 dollari per tonnellata di $CO_2$.

Di seguito tramite il caso studio verrà calcolato quello attuale e analizzato confrontandolo con quello degli scorsi anni.

## 5.2 Analisi dei consumi

Prima di approcciarsi al modello, è stata fatta un'analisi dei consumi dell'anno precedente, in modo tale che sia possibile il confronto con il 2019, anno che sta per concludersi. In questo modo si può valutare non solo il beneficio che gli interventi di efficienza portano di anno in anno, ma anche dove è necessario intervenire per ridurre i consumi.

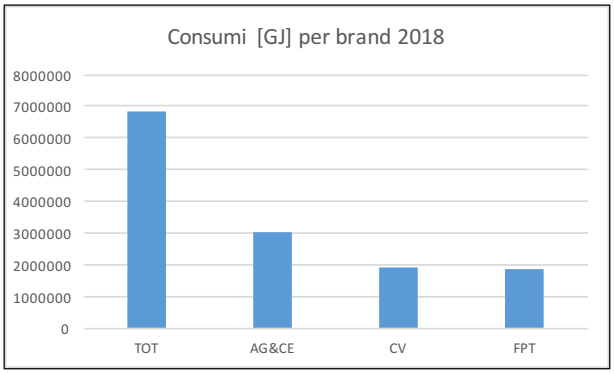


*Grafico 1: Consumi di CNH Industrial per brand*

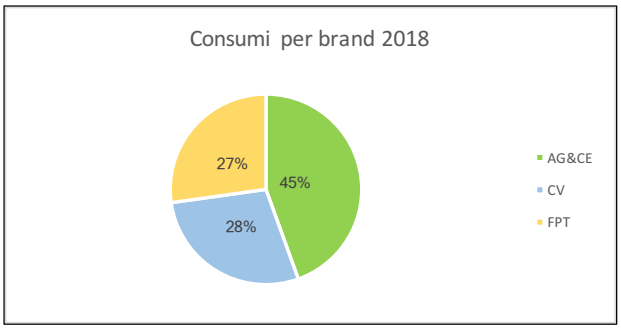


*Grafico 2: Ripartizione dei consumi per brand*

La ripartizione dei consumi è stata valutata per *brand* poiché, per il nuovo assetto dell'azienda, il quale prevede un ente energetico centrale che monitora tutti i consumi energetici di tutto il gruppo CNH Industrial, è consigliabile un'analisi per marchio rispetto ad un'analisi per regione.

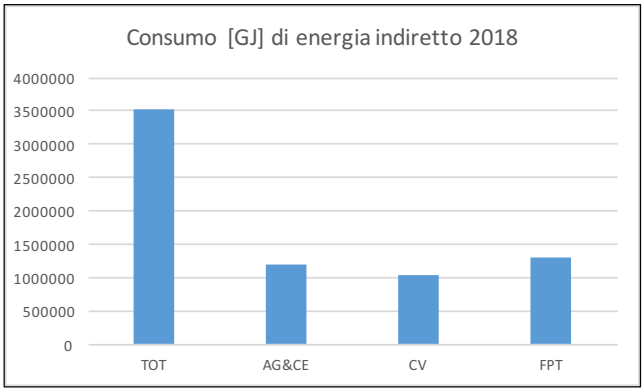


*Grafico 3: Consumo di energia indiretto per brand*

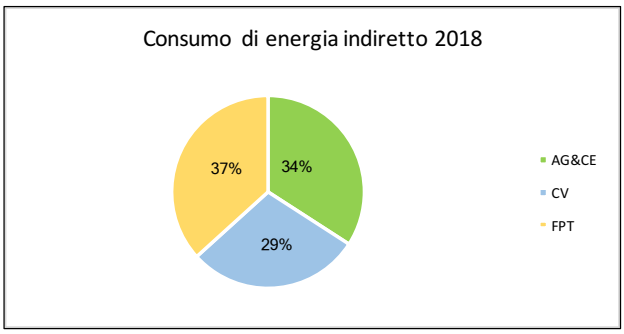


*Grafico 4: Ripartizione del consumo indiretto di energia*

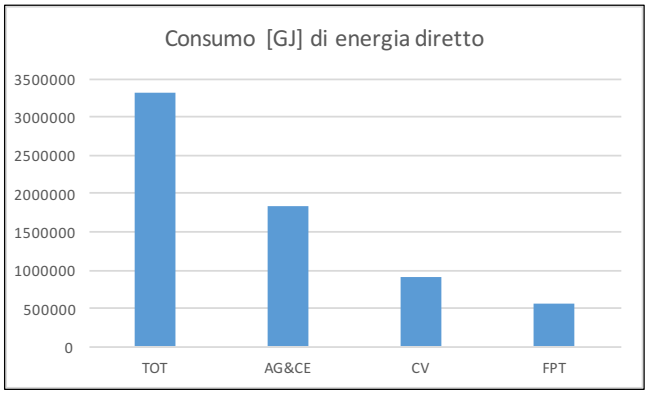


*Grafico 5: Consumo di energia diretto per brand*

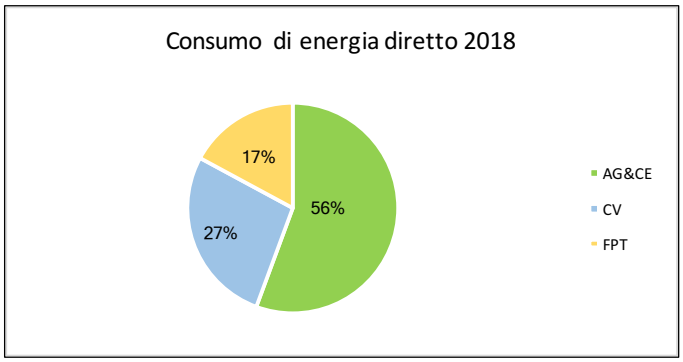


*Grafico 6: Ripartizione dei consumi diretti per brand*

Guardando i grafici si nota come FPT, pur essendo responsabile solo del 27% dei consumi totali dell'azienda, risulti essere il primo per quel che riguarda i consumi indiretti di energia; ciò può fungere da indicatore per valutare dove convenga intervenire per ridurre tale percentuale.

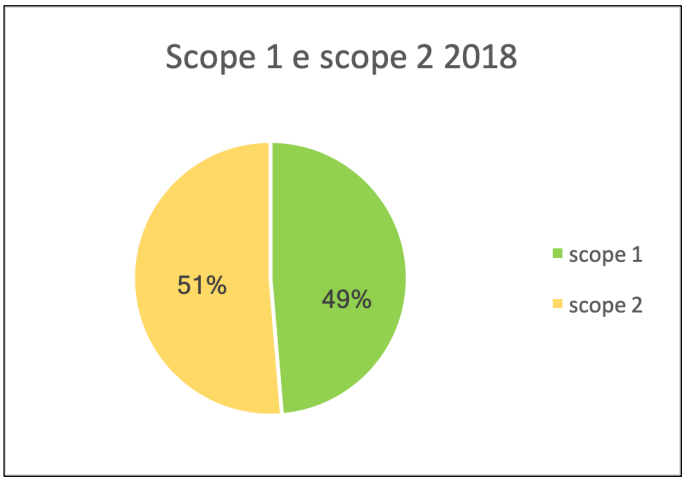


*Grafico 7: Ripartizione dei consumi scope 1 e scope 2*

La definizione tra *scope* 1 e *scope* 2 è di consumo di energia diretta ed indiretta è quella analizzata al paragrafo 1 del capitolo 3.

Parallelamente all'analisi dei consumi, è stata portata avanti un'analisi delle emissioni di $CO_2$.

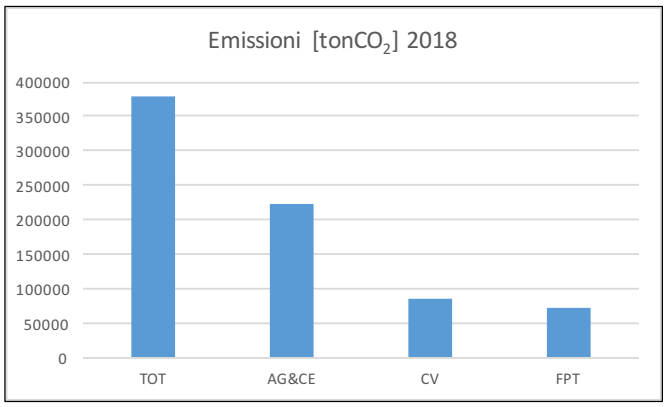


*Grafico 8: Tonnellate di $CO_2$ emesse per brand*

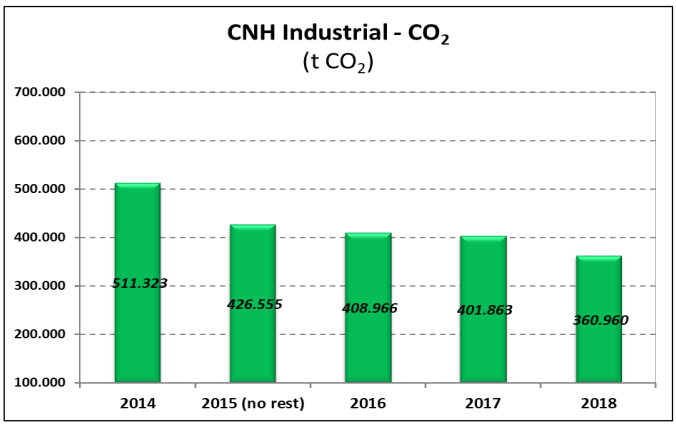


*Grafico 9: Riduzione ton $CO_2$ negli anni*

Anche in termini di valori assoluti e non di KPI si può notare una riduzione costante e significativa negli anni delle emissioni di $CO_2$.

## 5.3 Modello per valutare i benefici dei progetti di efficienza energetica

Il modello Excel utilizzato e in parte creato per il caso studio si compone delle seguenti voci che verranno analizzate passo a passo in questo capitolo.

| Year | Region | Brand | PLANT | PROJECTS | TYPOLOGY | SECONDARY VECTOR | AREA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

| ENERGY TYPE (vedi note) | Estimated ENERGY REDUCTION [GJ/year] | EURO SAVING [€/y] | SIMPLE PAYBACK [y] | CAPEX [€] | Estimated DUE DATE | Approved |
|---|---|---|---|---|---|---|

| $CO_2$ reduction [ton/year] | SBP [month] | Estimated project cost [€/month] | Estimated project cost [€/y] | IPOC [€/t$CO_2$] |
|---|---|---|---|---|

| Externalities [€/GJ] | Externalities [€/MWh] | Priority region | Priority WW | Priority brand |
|---|---|---|---|---|

*Figura 42: Modello sviluppato*

Tramite la compilazione di tutte le caselle si ottiene un elenco che consente all'azienda di valutare, anno per anno, tutti i progetti di efficienza energetica, per ogni stabilimento CNH Industrial.

Il modello preesistente era composto solamente dalle caselle rosse; sono state quindi studiate e aggiunte le voci indicate dalle caselle azzurre e verdi per implementare il suddetto, in modo tale che venissero considerati non soltanto i benefici diretti, ma anche quelli indiretti, citati nei precedenti capitoli.

Di seguito la spiegazione di come va compilato il modello, casella per casella.

### 5.3.1 Valutazione dei benefici diretti

Sotto la prima casella, *year*, va indicato l'anno in cui è stato presentato un progetto.

Sotto la seconda, la regione a cui appartiene lo stabilimento analizzato (ovvero se EMEA, NAFTA, LATAM o APAC), il *brand* sotto la terza (ovvero se CV, FPT o AG&CE) e sotto la quarta la città in cui si trova lo stabilimento.

Sotto *typology*, la tipologia, viene specificato se il progetto prevede la sostituzione di un vecchio componente con uno nuovo più efficiente o se il risparmio dei consumi energetici avviene per un miglioramento senza che sia avvenuta una sostituzione di qualche componente.

La voce *secondary vector*, ovvero vettore secondario, verrà compilata scegliendo una delle seguenti categorie sotto citate, a seconda di dove rientra il progetto.

1) <u>Aria compressa</u>: qualora gli interventi siano mirati alla riduzione delle perdite d'aria, all'introduzione di inverter aggiuntivi, ad un abbassamento della pressione, ad un uso più intelligente dei macchinari che miri allo spegnimento

quando questi sono inattivi, alla sostituzione dei componenti con altri più efficienti e all'eliminazione dell'uso non appropriato di aria compressa.

2) Edifici: qui rientrano tutti gli interventi mirati ad una riduzione dei consumi grazie agli interventi sull'edificio, come, ad esempio, il miglioramento dell'isolamento termico.

3) Illuminazione: in questa categoria, che non necessita spiegazioni, gli interventi che sono risultati essere più ricorrenti sono stati l'introduzione dei LED e dei rilevatori di presenza.

4) EMF (pompe, ventilatori e motori): qui sono inclusi tutti quei progetti che richiedono l'installazione di inverter, miglioramenti riguardanti i ventilatori, i trasformatori e le cabine, tra cui l'installazione di sistemi di spegnimento automatico per quando questi sono inattivi.

5) Misurazione: qui rientrano gli interventi sui sistemi di misurazione.

6) Calore di riscaldamento e/o di processo e raffreddamento: occorre indicare questa categoria se il progetto riguarda la sostituzione di vecchi sistemi di riscaldamento, la riduzione di riscaldamento e di raffrescamento (ove è possibile), la sostituzione di componenti quali bruciatori, la reimpostazione delle temperature di *set point* in modo che siano ottimali, l'installazione di prese d'aria sul tetto e/o il riscaldamento dell'acqua tramite la cogenerazione.

7) Altro: tutto ciò che non rientra nelle precedenti categorie.

Alla voce area va identificata la parte dello stabilimento dove si intende attuare il progetto, come può essere ad esempio il reparto verniciatura, lastratura, assemblaggio, gli uffici, la sezione collaudo etc.
Sotto la casella *Energy type* va specificato se l'energia risparmiata da un determinato progetto sia termica o elettrica.

Sarà premura dello stabilimento compilare la stima di energia risparmiata, il conseguente risparmio in termini monetari e il CAPEX, ovvero l'investimento. Con una semplice divisione tra gli ultimi due si trova il *payback time*, cioè il tempo di ritorno dell'investimento. Sotto *Estimated due date* va indicata la data prevista di attuazione del progetto ed infine la casella *Approved* va compilata indicando se il progetto è stato poi, in fase decisionale, approvato.
È chiaro quindi come questo modello si limitasse a stimare il risparmio in termini energetici e monetari, non tenendo conto degli aspetti ambientali.
Com'è stato scritto negli scorsi capitoli, però, con le ambiziose richieste sancite negli accordi di Parigi e, successivamente, rese ancora più ambiziose dagli accordi di Katowice, è necessario prepararsi a valutare gli interventi tenendo conto anche delle questioni ambientali, per valutare in maniera completa i benefici derivanti dall'efficienza energetica.

### 5.3.2 Valutazione dei benefici indiretti

Seguendo quindi le formule elencate nel paragrafo 3.2 è possibile compilare la seconda parte del modello. Nello stesso paragrafo è, inoltre, specificata l'importanza di quello che è chiamato *Residual Mix,* qualora l'*Energy type* sia elettrico.
Questo dato, che corrisponde ai grammi di $CO_2$ per ogni GJ (o kWh) di energia emesso, dipende dai fornitori di energia elettrica e perciò, essendo CNH Industrial una realtà globale, bisogna tenere conto che questo varierà molto a seconda di dove si trova lo stabilimento. Quindi, si è deciso di lavorare riportando per ogni stabilimento il rispettivo *Residual Mix*, per poi fare la media rispettivamente degli stabilimenti EMEA, APAC, NAFTA e LATAM, poiché per ogni *Region* sono molto simili. È perciò importante controllare la provenienza del progetto affinché, applicando la formula (3.1), il risultato sia il più affidabile possibile.
Va, inoltre, ricordato che il dato va controllato anno per anno, per verificare che non ci siano cambiamenti.
Qui di seguito un esempio di *Residual Mix* di uno stabilimento EMEA e di uno stabilimento APAC a confronto, dove la loro diversità, e con essa l'importanza di essere trattati separatamente, appare evidente.

| | | | Gas Naturale | | | Energia Elettrica | | | Combustibili equivalenti | | Emissioni specifiche CO2 gCO2/kWh | Emissioni CO2(t) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | per energia elettrica | per calore | per energia frigorigena | per energia termica | per energia frigorigena | per aria compressa | Gas Naturale | Energia Elettrica | | da CH4 | da EE | Totale |
| | | | Sm³/kWh | Sm³/MJ | Sm³/MJ | kWh/MJ | kWh/MJ | kWh/Nm³ | Sm³ | kWh | | | | |
| Energia Elettrica da fonte interna | (MWh) | 0 | 0,245 | | | | | | 0 | | | 0 | | 11.135 |
| Energia Elettrica da fonte esterna | | 34.960 | | | | | | | | | 318,500 | | 11.135 | |
| **Totale Energia Elettrica** | | **34.960** | | | | | | | | | | | | |
| Energia Termica da fonte | (MWh) | 36.220 | | 0,0326400 | | ######## | | | 4.256.025 | 528.222 | | 8.475 | 168 | 8.643 |
| Energia Termica da fonte | | 0 | | | | | | | | | 318,500 | | 0 | |
| **Totale Energia Termica** | | **36.220** | | | | | | | | | | | | |
| **Totale Energia Frigorigena** | (MWh) | **0** | | | | | | | | | | | | |
| prodotta con gruppi elettrici | | 0 | | | | | #DIV/0! | | | #DIV/0! | | | #DIV/0! | |
| prodotta con gruppi ad assorbimento calore | | 0 | | | 0 | | | | 0 | | | 0 | | |
| Energia Frigorigena da fonte interna | | **0** | | | | | | | | | | | | |
| Energia Frigorigena da fonte esterna | | **0** | | | | | | | | | 318,500 | | | |

*Figura 43: Residual Mix EMEA*

| | | | Gas naturale | | | Energia elettrica | | | | Combustibile equivalente | | Emissioni specifiche CO2 gCO2/kWh | Emissioni CO2(t) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | per energia elettrica | per calore | per energia frigorigena | per energia elettrica | per energia termica | per energia frigorigena | per aria compressa | Gas naturale | Energia elettrica | | da CH4 | da EE | Totale |
| | | | Sm³/kWh | Sm³/MJ | Sm³/MJ | kWh/kWh | kWh/MJ | kWh/MJ | kWh/Nm3 | Sm³ | kWh | | | | |
| Energia Elettrica da fonte interna | kWh | 0 | | | | | | | | 0 | 0 | 771,300 | 0 | 0 | 11.861 |
| Energia Elettrica da fonte esterna | | 15.378.336 | | | | | | | | | 0 | 771,300 | | 11.861 | |
| **Totale Energia Elettrica** | | **15.378.336** | | | | | | | | | | | | | |
| Energia Termica da fonte interna | kWh | 0 | | | | | | | | 0 | 0 | 771,300 | 0 | 0 | 0 |
| Energia Termica da fonte esterna | | 0 | | | | | | | | | | 771,300 | | 0 | |
| **Totale Energia Termica** | | **0** | | | | | | | | | | | | | |
| prodotta con gruppi elettrici | kWh | 0 | | | | | | | | | 0 | 771,300 | | 0 | 0 |
| prodotta con gruppi ad assorbimento calore | | 0 | | | | | | | | 0 | 0 | 771,300 | 0 | 0 | |
| Energia Frigorigena da fonte interna | | **0** | | | | | | | | | | | | | |
| Energia Frigorigena da fonte esterna | | **0** | | | | | | | | | | 771,300 | | 0 | |
| **Totale Energia Frigorigena** | | **0** | | | | | | | | | | | | | |

*Figura 44: Residual Mix APAC*

Il calcolo dell'IPoC ha portato ad ottenere il seguente grafico che riassume una media per *Region* e per *brand* per il 2019.

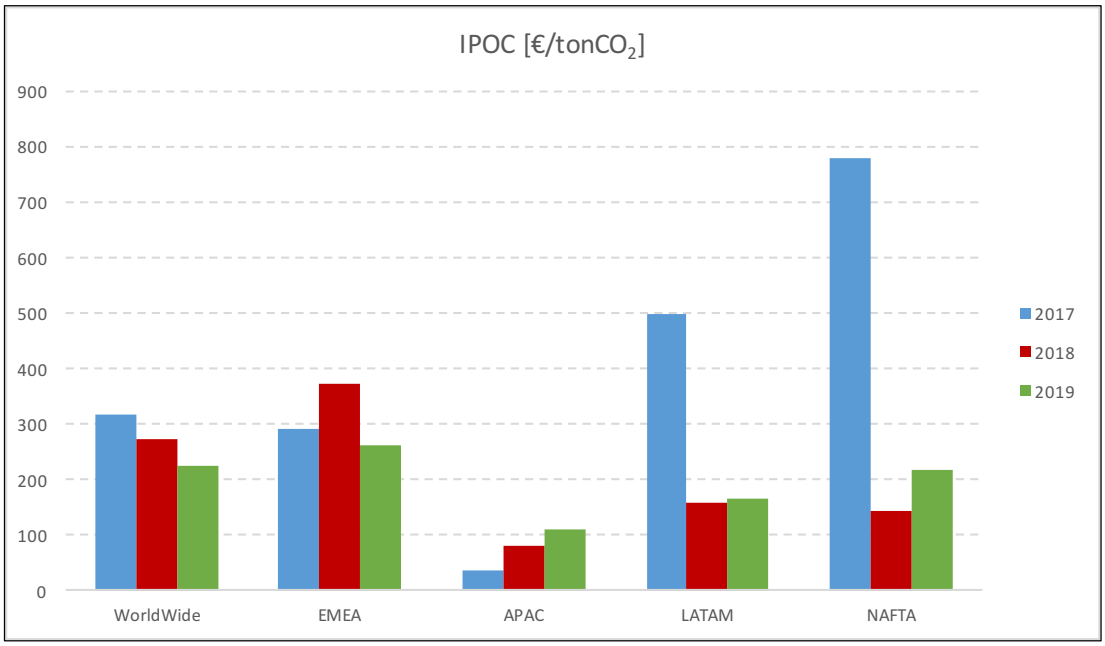


*Grafico 10: IPoC per Region*

Come si può notare, globalmente l'IPoC è sceso, in particolare per LATAM e NAFTA risulta essersi ridotto in maniera significativa tra il 2017 e il 2018.

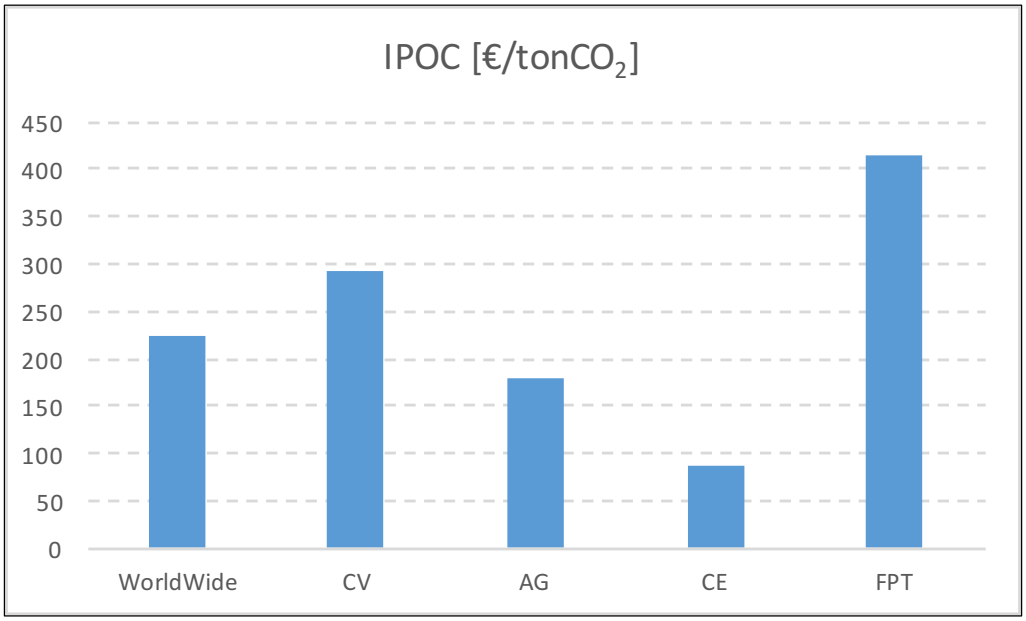


*Grafico 11: IPoC per brand*

Se la divisione viene fatta per *brand* si può notare come risulti più alto per gli stabilimenti FPT.

Per il calcolo delle esternalità, si fa riferimento alla procedura indicata al capitolo 4. Perciò, applicando la formula finale:

$$Esternalità = 83000 \cdot 7{,}93 \cdot 10^{-7} \cdot CO_{2\,risparmiata} \cdot \frac{1}{Energia\ risparmiata} \left[\frac{€}{GJ}\right] \qquad (5.1)$$

Le esternalità possono risultare molto simili per molti progetti, infatti, come specificato nel quarto capitolo, la metodologia rappresenta dei limiti e svolgere un'analisi incentrata sulla $CO_2$, come nel caso studio, implica l'accettazione di una tolleranza non indifferente.

Dopo aver calcolato le esternalità per ogni progetto di efficienza energetica, sono state riportate su grafici per analizzare come siano state distribuite per tipologia di intervento, per marchio e per regione.

Qui di seguito sono riportati i grafici ottenuti.

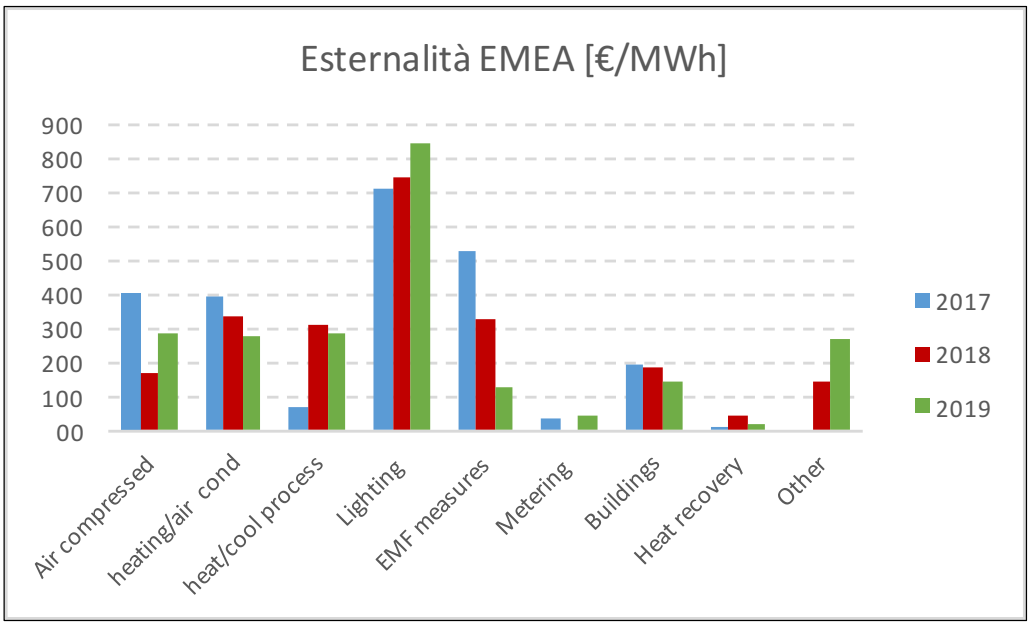


*Grafico 12: Distribuzione esternalità negli anni per intervento per EMEA*

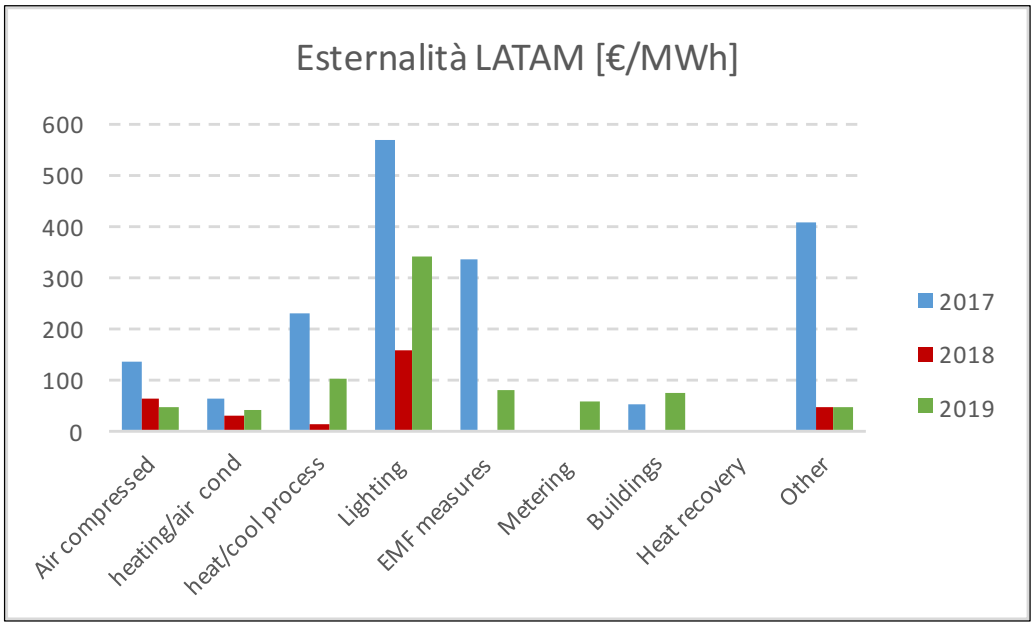


*Grafico 13: Distribuzione esternalità negli anni per intervento per LATAM*

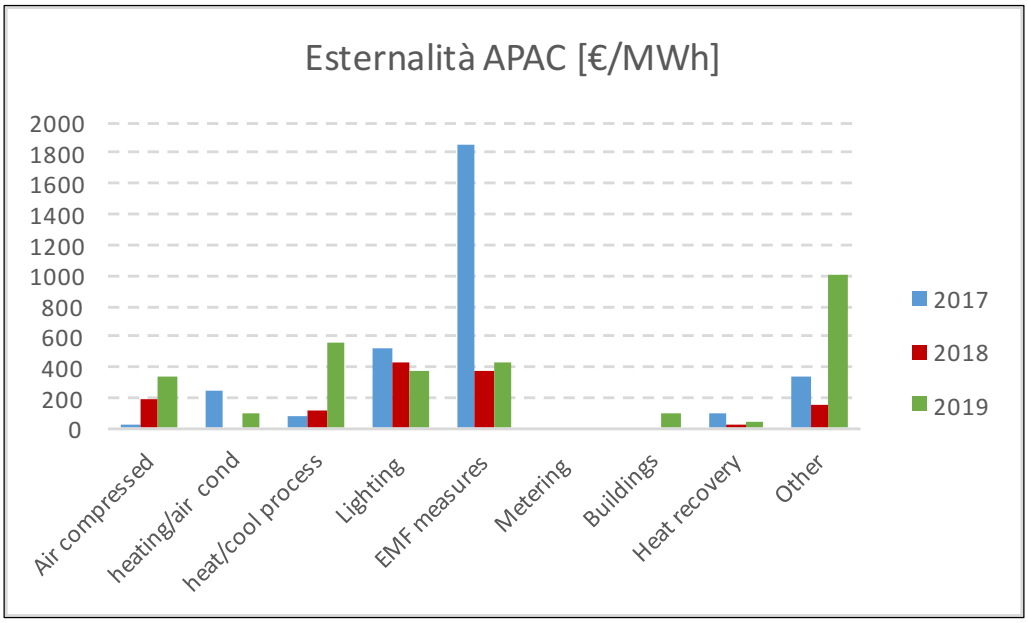


*Grafico 14: Distribuzione esternalità negli anni per intervento per APAC*

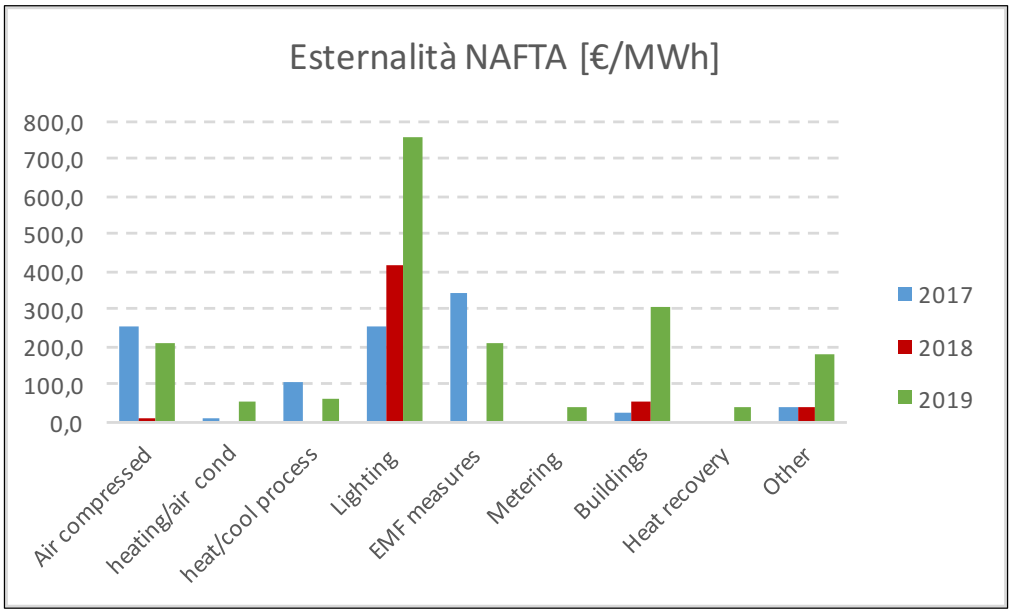


*Grafico 15: Distribuzione Esternalità negli anni per intervento per NAFTA*

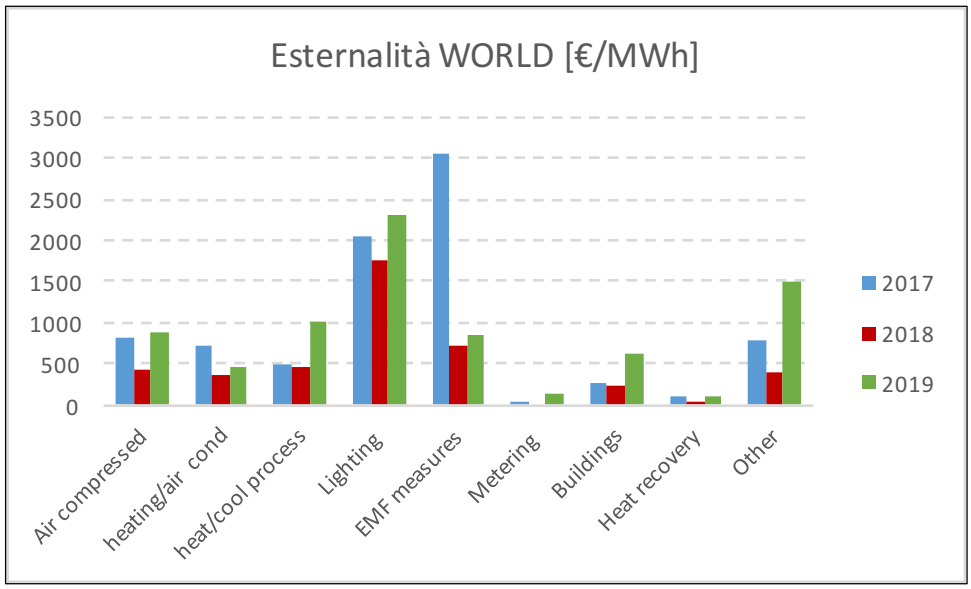


*Grafico 16: Distribuzione globale esternalità negli anni per intervento*

Come si può notare, globalmente, le esternalità risultano essere molto elevate negli interventi riguardanti l'illuminazione. Essi risultano, infatti, essere i più numerosi. Al contrario, gli interventi sui sistemi di misurazione ed il recupero di calore non hanno portato molti benefici in termini di esternalità. Molto di più si potrebbe ottenere, inoltre, intervenendo per migliorare gli edifici ma, a causa dei tempi di ritorno molto

lunghi, mediante lo studio del caso, è emersa la tendenza ad essere restii nell'investire in questo tipo di interventi.

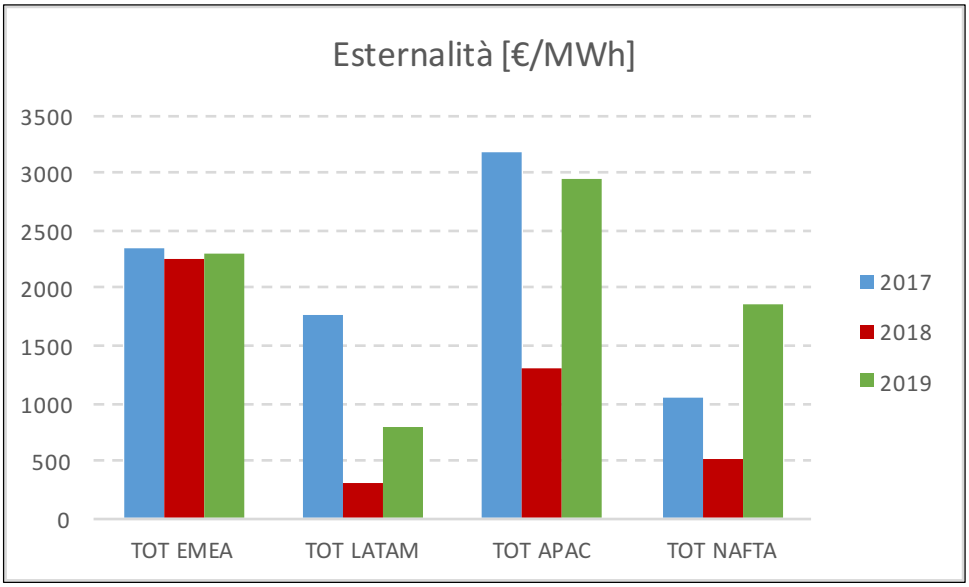


*Grafico 17: Distribuzione esternalità per Region negli anni*

EMEA ed APAC, avendo investito molto in attività di efficienza energetica, risultano le regioni che hanno ottenuto negli anni maggiori benefici in termini di esternalità.

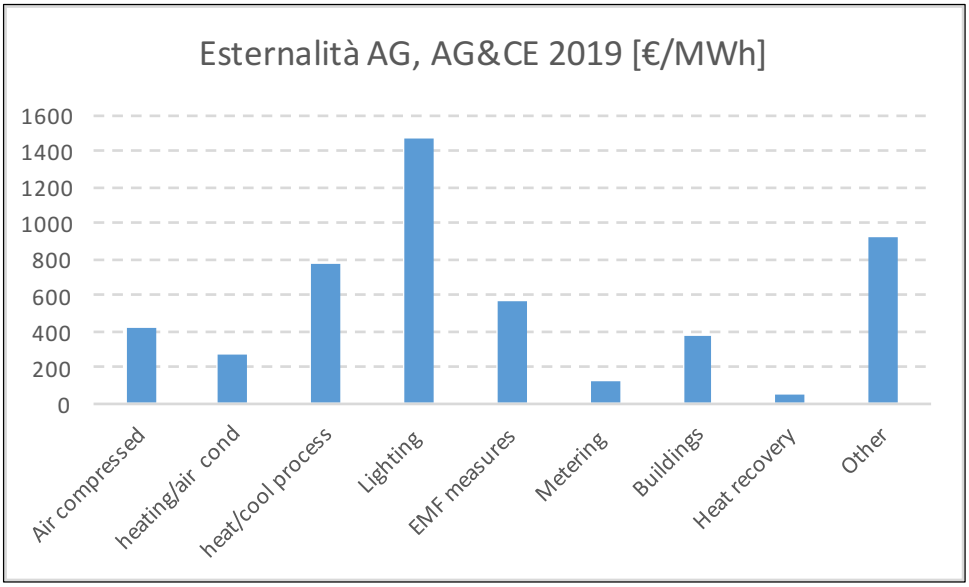


*Grafico 18: Distribuzione esternalità 2019 per intervento per AG e AG&CE*

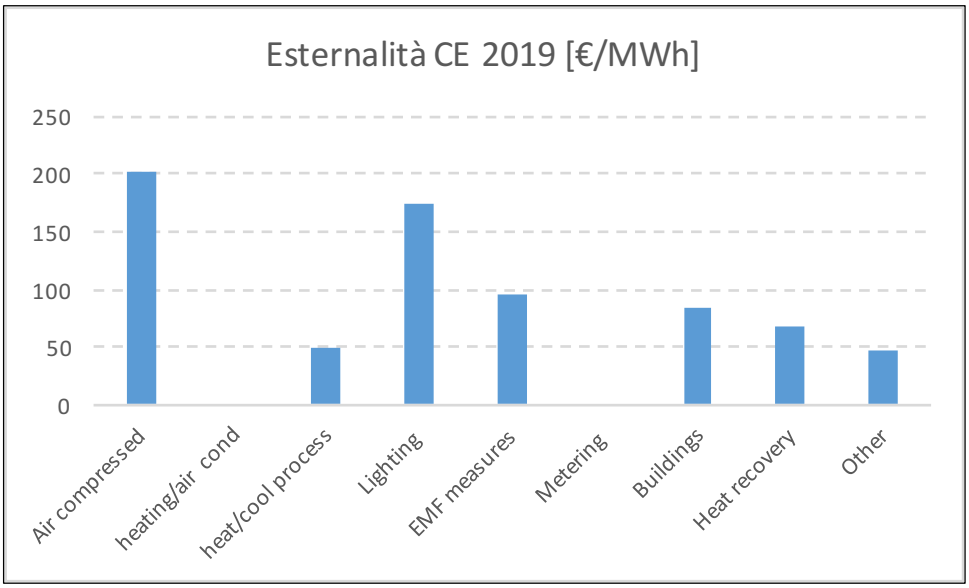


*Grafico 19: Distribuzione esternalità 2019 per intervento per CE*

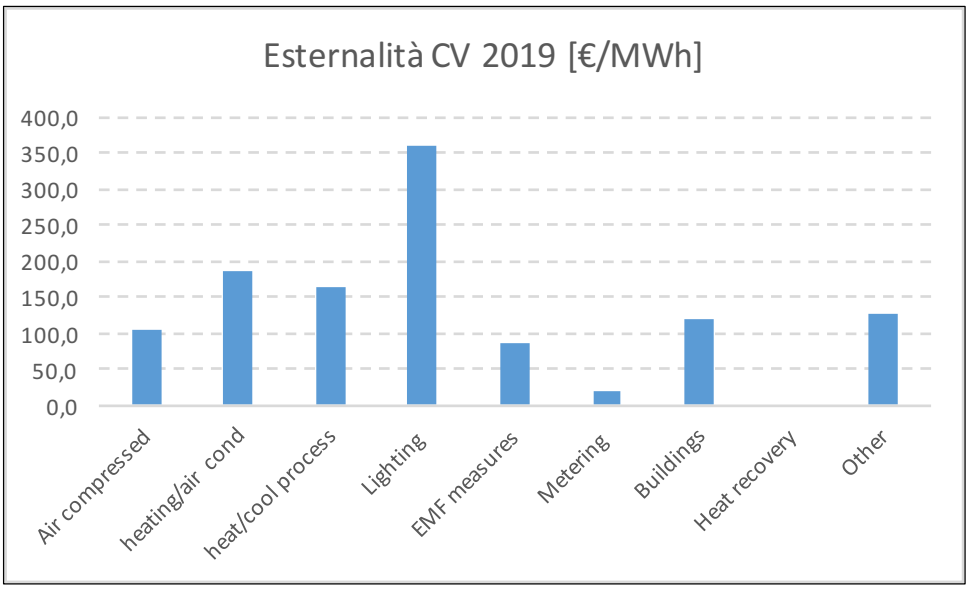


*Grafico 20: Distribuzione esternalità 2019 per intervento per CV*

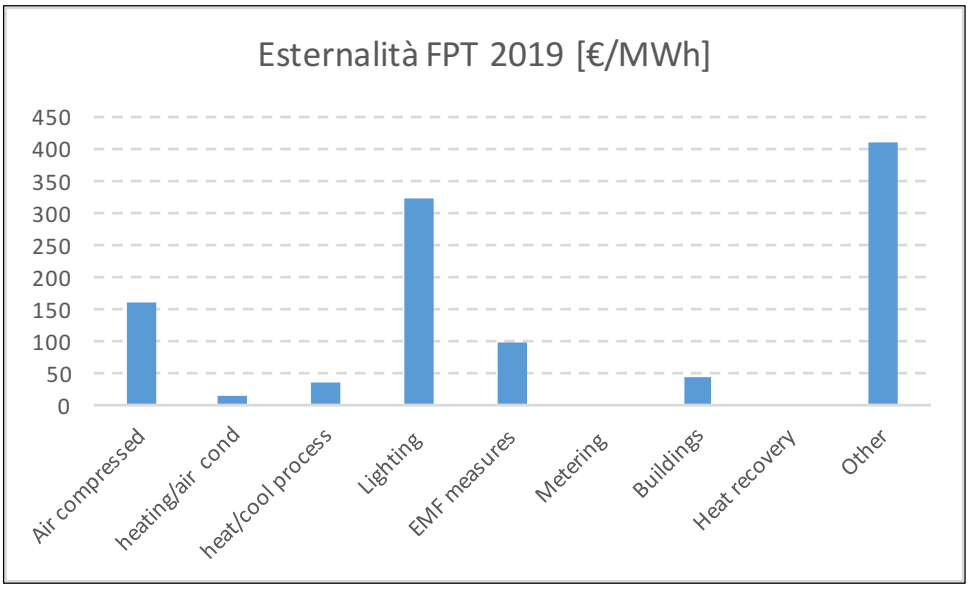


*Grafico 21: Distribuzione esternalità 2019 per intervento per FPT*

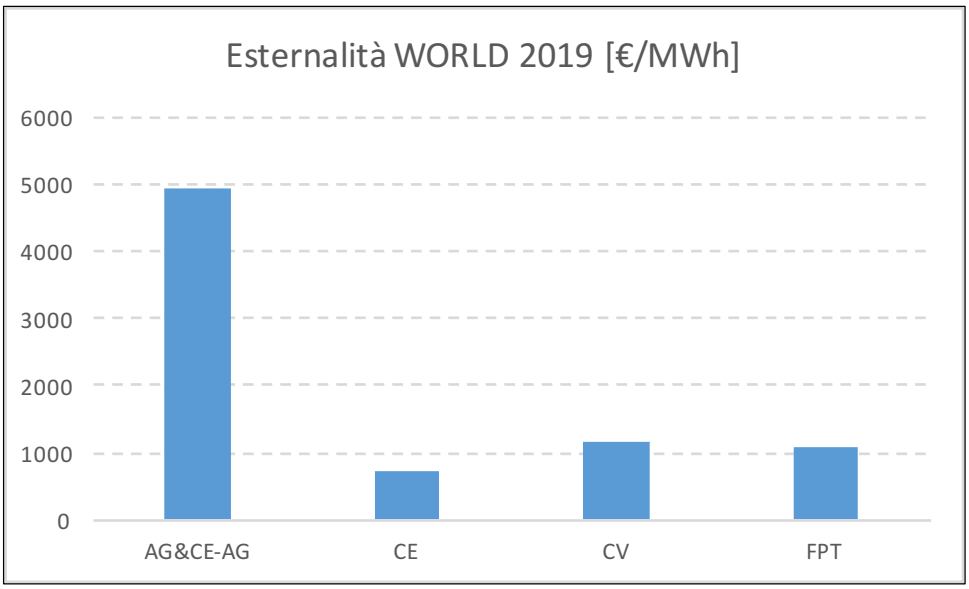


*Grafico 22: Distribuzione esternalità 2019 per brand*

La maggior parte delle esternalità è derivata quindi, secondo quest'ultimo grafico, dagli interventi per il segmento AG&CE e AG.

Infine, è stata data una priorità ai progetti di efficienza energetica incrociando informazioni ambientali ed economiche, perciò IPoC e *payback time*.

Il risultato è una classificazione secondo una scala che va da 1 a 5, 1 indica che il progetto è assolutamente vantaggioso e quindi che è caldamente consigliabile attuarlo, 2 che è vantaggioso e che quindi anch'esso è auspicabile che venga attuato, 3 che è da

attuare successivamente, 4 che è sconsigliabile attuarlo in quanto non è vantaggioso e 5 che risulta da non realizzare affatto.
La priorità è stata fatta a livello globale, per regione e per marchio[5], classificando l'IPoC in base alla media per ogni caso e valutando un *payback time* positivo se compreso tra i 2 e i 5 anni.

## 5.4 Risultati

Per avere una panoramica dei risultati, si è scelto di selezionare alcuni dei progetti migliori per ogni anno analizzato, valutando dapprima solo i benefici diretti e successivamente anche quelli indiretti. Ciò ha lo scopo di mettere in luce quanto questi ultimi possano influenzare nella scelta del progetto e su come possa essere fuorviante non tenerne conto.
Per motivi di privacy sono stati nascosti i nomi veri degli stabilimenti e sono stati sostituiti con degli altri fittizi.
I criteri di scelta dei migliori i progetti in cui non si è tenuto conto dei benefici indiretti sono stati i seguenti:

1) PBT ≤ 2 anni
2) Risparmio in termini monetari [€/y] ≥ 5000 €/y
3) Stima del risparmio energetico ≥ 2500 GJ/y

I criteri di scelta dei migliori progetti in cui sono stati considerati anche i benefici indiretti sono stati, invece, i seguenti:

1) Tutte le priorità uguali ad 1
2) Esternalità maggiori
3) Una volta soddisfatti i primi punti, i progetti con la stima maggiore di risparmio energetico

[5] La priorità per marchio è stata data solo per il 2019 per il motivo spiegato al paragrafo 5.2

Le frecce che si trovano su alcune delle tabelle seguenti indicano che il progetto selezionato è tra i migliori sia nel primo caso sia nel secondo.

| Year | Region | Brand | PLANT | PROJECTS | TYPOLOGY | SECONDARY VECTOR | AREA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2017 | EMEA | AG&CE | Plant 1 | Energy - New automatic exhaust aspiration system | New equipment | Heating Process | Testing |
| 2017 | EMEA | AG&CE | Plant 2 | Waste Heat recovery Unit - CT2 | New equipment | Fumes/Recovery | All |
| 2017 | EMEA | CV | Plant 3 | Energy Management System 2° step Lastratura | Operational changes | Heating | Welding |
| 2017 | EMEA | AG&CE | Plant 4 | Replacement of old hot air curtain by a new one (better technology) | New equipment | Heating | Delivery |
| 2017 | LATAM | AG&CE | Plant 5 | Elimination type 5 loss in cable of cabin priElimination loss type 5 of cable in cabin primary energy | New equipment | Other | Other |
| 2017 | APAC | AG&CE | Plant 6 | Attacking Overconsumptions of Gas due to continuous working of hot water generator , we interlinked its working with SCADA system to stop in lunch and tea time. | Operational changes | Heating Process | Paint Shop |
| 2017 | APAC | AG&CE | Plant 7 | Energy Saving by Design Modification of Fumes Exhaust System in Washing machine | Other | Fumes/Recovery | Plant |

| ENERGY TYPE | Estimated ENERGY REDUCTION [GJ/year] | EURO SAVING [€/y] | Cost energy saving [€/GJ] | SIMPLE PAYBACK [y] | CAPEX [€] | Estimated DUE DATE | Approved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Electric | 3.581 | 46.000 | 13 | 1,63 | 75.000 | 1/5/2017 | Yes |
| Thermal | 12.897 | 131.000 | 10 | 1,68 | 220.000 | 1/5/2017 | Yes |
| Thermal | 6.243 | 70.000 | 11 | 0,14 | 10.000 | 1/5/2017 | Yes |
| Thermal | 3.376 | 35.000 | 10 | 1,14 | 40.000 | 1/6/2017 | Yes |
| Electric | 3.627 | 162.611 | 45 | 0,06 | 9.034 | 20/5/2017 | Yes |
| Thermal | 5.814,11 | 40.418 | 7 | 0,00 | 33 | Jan | Yes |
| Electric | 2.867,01 | 97.660 | 34 | 0,07 | 7.167 | May | Yes |

| SBP [month] | Estimated project cost [€/month] | Estimated project cost [€/y] | IPOC [€/tCO2] | Externalities [€/GJ] | Externalities [€/MWh] | Priority region | Priority WW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20,00 | 3750,00 | 45000,00 | 153,00 | 5,41 | 19,5 | 2 | 2 |
| 21,00 | 10476,19 | 125714,29 | 173,75 | 3,69 | 13,3 | 2 | 2 |
| 2,00 | 5000,00 | 10000,00 | 25,34 | 3,83 | 13,8 | 1 | 1 |
| 14,00 | 2857,14 | 34285,71 | 181,03 | 3,69 | 13,3 | 2 | 2 |
| 1,00 | 9034,00 | 9034,00 | 35,16 | 4,66 | 16,8 | 1 | 1 |
| 1,00 | 33,18 | 33,18 | 0,10 | 3,69 | 13,3 | 1 | 1 |
| 1,00 | 7166,56 | 7166,56 | 12,42 | 13,25 | 47,7 | 2 | 1 |

*Tabella 1: Migliori progetti 2017 senza benefici indiretti*

| Year | Region | Brand | PLANT | PROJECTS | TYPOLOGY | SECONDARY VECTOR | AREA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2017 | EMEA | AG&CE | Plant 1 | Switch heaters B44 from outside to inside airflow | Conversion and retrofitting equipment | Heating | Assembly |
| 2017 | EMEA | | | Energy Management System 2° step Lastratura | Operational changes | Heating | Welding |
| 2017 | LATAM | | | Elimination type 5 loss in cable of cabin priElimination loss type 5 of cable in cabin primary energy | New equipment | Other | Other |
| 2017 | LATAM | CV | Pant 4 | Alto consumo dos compressores fora do horario produtivo | Operational changes | Compressed Air | All |
| 2017 | APAC | | | Attacking Overconsumptions of Gas due to continuous working of hot water generator , we interlinked its working with SCADA system to stop in lunch and tea time. | Operational changes | Heating Process | Paint Shop |
| 2017 | APAC | AG&CE | Plant 6 | Attacked overconsumption of Gases in ASU's Burner for heating Paint Booth for Operators comforts stopped due to Optimum Production Planning. | Operational changes | Heating Process | Paint Shop |
| 2017 | APAC | AG&CE | Plant 7 | Cut off machines energy during non-production times | Conversion and retrofitting equipment | EMF | Driveline Machining |

| ENERGY TYPE | Estimated ENERGY REDUCTION [GJ/year] | EURO SAVING [€/y] | Cost energy saving [€/GJ] | SIMPLE PAYBACK [y] | CAPEX [€] | Estimated DUE DATE | Approved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Thermal | 2.371 | 17.700 | 7 | 0,51 | 9.000 | 1/4/2017 | Yes |
| Thermal | 6.243 | 70.000 | 11 | 0,14 | 10.000 | 1/5/2017 | Yes |
| Electric | 3.627 | 162.611 | 45 | 0,06 | 9.034 | 20/5/2017 | Yes |
| Electric | 1.782 | 178.888 | 100 | 0,02 | 4.432 | 10/4/2017 | Yes |
| Thermal | 5.814,11 | 40.418 | 7 | 0,00 | 33 | Jan | Yes |
| Thermal | 1.783,04 | 12.395 | 7 | 0,00 | 33 | Jan | Yes |
| Electric | 2.411 | 36.015 | 15 | 0,00 | 100 | 30/4/2017 | yes |

| SBP [month] | Estimated project cost [€/month] | Estimated project cost [€/y] | IPOC [€/tCO2] | Externalities [€/GJ] | Externalities [€/MWh] | Priority region | Priority WW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7,00 | 1285,71 | 9000,00 | 67,66 | 3,69 | 13,3 | 1 | 1 |
| 2,00 | 5000,00 | 10000,00 | 25,34 | 3,83 | 13,8 | 1 | 1 |
| 1,00 | 9034,00 | 9034,00 | 35,16 | 4,66 | 16,8 | 1 | 1 |
| 1,00 | 4432,06 | 4432,06 | 35,10 | 4,66 | 16,8 | 1 | 1 |
| 1,00 | 33,18 | 33,18 | 0,10 | 3,69 | 13,3 | 1 | 1 |
| 1,00 | 33,18 | 33,18 | 0,33 | 3,69 | 13,3 | 1 | 1 |
| 1,00 | 100,00 | 100,00 | 0,21 | 13,25 | 47,7 | 1 | 1 |

*Tabella 2: Migliori progetti 2017 con benefici indiretti*

| Year | Region | Brand | PLANT | PROJECTS | TYPOLOGY |
|---|---|---|---|---|---|
| 2018 | EMEA | AG&CE | Plant 1 | Autonomous heating for night working | New equipment |
| 2018 | APAC | FPTI | Plant 2 | Increase cooling tower capacity for compress air station to increase electricity transform efficiency | Other |
| 2018 | APAC | FPTI | Plant 3 | Condensate water dehydration filter for compress air on C11/C13 machining line machine | Other |
| 2018 | APAC | FPTI | Plant 4 | Air cooler in operating position instead of centrel cooling | Other |
| 2018 | EMEA | CV | Plant 5 | New paint shop concept | Process redesign |
| 2018 | EMEA | AG&CE | Plant 6 | new burners on powderoven and primeroven | Conversion and Retrofitting equipment |
| 2018 | EMEA | CV | Plant 7 | RECUPERO CALORE FORNI | New equipment |

| AREA | ENERGY TYPE (vedi note) | Estimated ENERGY REDUCTION [GJ/year] | EURO SAVING [C/y] | Energy cost saving [€/GJ] | SIMPLE PAYBACK [y] | CAPEX [€] | Estimated DUE DATE | Approved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Body Shop | Thermal | 2.657 | 35.000 | 13 | 1,83 | 64.000 | 1/4/2018 | Yes |
| All | Electric | 5.466 | 110.136 | 20 | 0,12 | 13.149 | 25/1/2018 | Yes |
| Other | Electric | 3.469 | 69.895 | 20 | 0,82 | 57.648 | 30/9/2018 | Yes |
| All | Electric | 3.544 | 71.416 | 20 | 0,53 | 37.853 | 26/6/2018 | Yes |
| Painting | Thermal | 3.469 | 79.133 | 23 | 0,13 | 10.000 | 1/7/2018 | Yes |
| Painting | Thermal | 7.235 | 55.438 | 8 | 1,98 | 109.495 | 1/9/2018 | Yes |
| Painting | Thermal | 3.607 | 52.147 | 14 | 0,81 | 42.000 | 1/10/2018 | Yes |

| $CO_2$ reduction [ton/year] | SBP [month] | Estimated project cost [€/month] | Estimated project cost [€/y] | IPOC [€/tCO2] | Externalities [€/GJ] | Externalities [€/MWh] | Priority region | priority WW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 149,06 | 22,00 | 2.909,09 | 34.909,09 | 234,20 | 3,69 | 13,3 | 2 | 2 |
| 1.100 | 2,00 | 6.574,62 | 13.149,24 | 11,95 | 13,25 | 47,7 | 2 | 1 |
| 698 | 10,00 | 5.764,81 | 57.648,10 | 82,54 | 13,25 | 47,7 | 3 | 1 |
| 714 | 7,00 | 5.407,64 | 37.853,47 | 53,05 | 13,25 | 47,7 | 2 | 1 |
| 194,62 | 2,00 | 5.000,00 | 10.000,00 | 51,38 | 3,69 | 13,3 | 1 | 1 |
| 405,88 | 24,00 | 4.562,29 | 54.747,50 | 134,88 | 3,69 | 13,3 | 2 | 2 |
| 202,33 | 10,00 | 4.200,00 | 42.000,00 | 207,59 | 3,69 | 13,3 | 2 | 2 |

*Tabella 3: Migliori progetti 2018 senza benefici indiretti*

| Year | Region | Brand | PLANT | PROJECTS | TYPOLOGY |
|---|---|---|---|---|---|
| 2018 | EMEA | AG&CE | Plant 1 | Disattivazione pompa ricircolo acqua 3 turno | Process redesign |
| 2018 | EMEA | AG&CE | Plant 2 | Serbatoio accumulo aria compressa 6000 L | New equipment |
| 2018 | EMEA | AG&CE | Plant 3 | Ottimizzazione ventilazione forno primer (verniciatura) | Operational changes |
| 2018 | EMEA | FPTI | Plant 4 | Lower steamusage washer due less fluctuation of the temperature | Process redesign |
| 2018 | EMEA | AG&CE | Plant 5 | Change régulation on central heating room | Conversion and Retrofitting equipment |
| 2018 | LATAM | FPTI | Plant 6 | Implementation of energy savings in the parts washing process | Other |
| 2018 | EMEA | [illegible] | [illegible] | New paint shop concept | Process redesign |

| AREA | ENERGY TYPE (vedi note) | Estimated ENERGY REDUCTION [GJ/year] | EURO SAVING [C/y] | Energy cost saving [€/GJ] | SIMPLE PAYBACK [y] | CAPEX [€] | Estimated DUE DATE | Approved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| All | Electric | 2.142 | 9.052 | 4 | 0,07 | 615 | 1/5/2017 | Yes |
| All | Electric | 1.413 | 5.973 | 4 | 1,51 | 9.000 | 1/8/2017 | Yes |
| Painting | Electric | 1.878 | 7.937 | 4 | 0,01 | 100 | 1/12/2017 | Yes |
| Painting | Thermal | 1.368 | 8.972 | 7 | 0,39 | 3.462 | 1/8/2018 | Yes |
| Body Shop | Thermal | 683 | 9.000 | 13 | 0,11 | 1.000 | 1/4/2018 | Yes |
| Other | Electric | 773 | 13.429 | 17 | 0,07 | 938 | 16/12/2018 | Idea 50% Confidence |
| Painting | Thermal | 3.469 | 79.133 | 23 | 0,13 | 10.000 | 1/7/2018 | Yes |

| $CO_2$ reduction [ton/year] | SBP [month] | Estimated project cost [€/month] | Estimated project cost [€/y] | IPOC [€/tCO2] | Externalities [€/GJ] | Externalities [€/MWh] | Priority region | priority WW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 190,83 | 1,00 | 615,00 | 615,00 | 3,22 | 5,86 | 21,1 | 1 | 1 |
| 125,92 | 19,00 | 473,68 | 5.684,21 | 45,14 | 5,86 | 21,1 | 1 | 1 |
| 167,31 | 1,00 | 100,00 | 100,00 | 0,60 | 5,86 | 21,1 | 1 | 1 |
| 76,76 | 5,00 | 692,40 | 3.462,00 | 45,10 | 3,69 | 13,3 | 1 | 1 |
| 38,32 | 2,00 | 500,00 | 1.000,00 | 26,10 | 3,69 | 13,3 | 1 | 1 |
| 50 | 1,00 | 938,00 | 938,00 | 18,63 | 4,29 | 15,4 | 1 | 1 |
| 194,62 | 2,00 | 5.000,00 | 10.000,00 | 51,38 | 3,69 | 13,3 | 1 | 1 |

*Tabella 4: Migliori progetti 2018 con benefici indiretti*

| Year | Region | Brand | PLANT | PROJECTS | TYPOLOGY | SECONDARY VECTOR | AREA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2019 | APAC | AG | Plant 1 | Installation of Roof top Solar system | New equipment | Heating | Painting |
| 2019 | EMEA | CV | Plant 2 | Cambio tecnologia Forno Finizione a pannelli Radianti | New equipment | Heating Process | Finishing |
| 2019 | EMEA | AG | Plant 3 | New burners on powderoven and primeroven | Process redesign | Heating Process | Painting |
| 2019 | EMEA | CV | Plant 4 | Recovery of Heat/Chiller cold to optimize the air input temperature of the extractions in Body Shop | New equipment | Heating | Assembly |
| 2019 | NAFTA | CE | Plant 5 | Vortec Coolers on Robots | Conversion and Retrofitting equipment | Compressed Air | Welding |
| 2018 | EMEA | CV | Plant 6 | 2017- 002346 - SOLAR WALL: PLASTIC PAINTING AREA | New equipment | Heating Process | Painting |
| 2019 | EMEA | FPTI | Plant 7 | settorizzazione aria compressa SPA SUD | Other | Compressed Air | All |

| ENERGY TYPE (vedi note) | Estimated ENERGY REDUCTION [GJ/year] | EURO SAVING [€/y] | Cost saving [€/GJ] | SIMPLE PAYBACK [y] | CAPEX [€] | Estimated DUE DATE | Approved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Electric | 14181,81 | 176.203 | 12 | 0,06 | 10.000 | 30/6/2019 | Yes |
| Electric | 8.130 | 100.000 | 12 | 0,85 | 85.000 | 30/10/2019 | Yes |
| Thermal | 7.235 | 55.438 | 8 | 1,98 | 109.495 | 1/9/2018 | Yes |
| Thermal | 5.919 | 100.000 | 17 | 1,40 | 140.000 | 1/9/2019 | Idea 100% Confiden |
| Electric | 5.825 | 122.585 | 21 | 0,36 | 44.000 | 1/1/2019 | Yes |
| Thermal | 51.510 | 55.022 | 1 | 1,54 | 85.000 | 15/5/2018 | Yes |
| Electric | 7.200 | 24.000 | 3 | 0,83 | 20.000 | 1/1/2019 | Idea 100% Confiden |

| $CO_2$ reduction [ton/year] | SBP [month] | Estimated project cost [€/month] | Estimated project cost [€/y] | IPOC [€/tCO2] | Externalities [€/GJ] | Externalities [€/MWh] | Priority region | Priority WW | Priority brand |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2.855,27** | **1,00** | **10.000,00** | **10.000,00** | **3,50** | **13,25** | **47,7** | **1** | **1** | **1** |
| **724,26** | **11,00** | **7.727,27** | **85.000,00** | **117,36** | **5,86** | **21,1** | **2** | **2** | **1** |
| **405,88** | **24,00** | **4.562,29** | **54.747,50** | **134,88** | **3,69** | **13,3** | **2** | **2** | **2** |
| **332,06** | **17,00** | **8.235,29** | **98.823,53** | **297,61** | **3,69** | **13,3** | **2** | **2** | **2** |
| **1.029,36** | **5,00** | **8.800,00** | **44.000,00** | **42,74** | **11,63** | **41,9** | **1** | **1** | **1** |
| **2.889,71** | **19,00** | **4.473,68** | **53.684,21** | **18,58** | **3,69** | **13,3** | **1** | **1** | **1** |
| **641,41** | **10,00** | **2.000,00** | **20.000,00** | **31,18** | **5,9** | **21,1** | **1** | **1** | **1** |

*Tabella 5: Migliori progetti 2019 senza i benefici indiretti*

| Year | Region | Brand | PLANT | PROJECTS | TYPOLOGY | SECONDARY VECTOR | AREA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2019 | EMEA | AG | Jesi | N° 2 porte a bussola per area completamento e collaudo | Other | Heating | Finishing |
| 2019 | APAC | AG | [redacted] | Installation of Roof top Solar system | New equipment | Heating | Painting |
| 2019 | EMEA | CV | Valladolid | Optimize the Operation Temperature of PVC Post-Combustion | Process redesign | Heating Process | Painting |
| 2019 | NAFTA | [redacted] | [redacted] | Vortec Coolers on Robots | Conversion and Retrofitting equipmer | Compressed Air | Welding |
| 2018 | EMEA | [redacted] | [redacted] | 2017- 002346 - SOLAR WALL: PLASTIC PAINTING AREA | New equipment | Heating Process | Painting |
| 2019 | EMEA | [redacted] | [redacted] | settorizzazione aria compressa SPA SUD | Other | Compressed Air | All |
| 2019 | NAFTA | AG | Grand Island | Radiant tube heaters for warehouse | New equipment | Heating | All |

| ENERGY TYPE (vedi note) | Estimated ENERGY REDUCTION [GJ/year] | EURO SAVING [€/y] | Cost saving [€/GJ] | SIMPLE PAYBACK [y] | CAPEX [€] | Estimated DUE DATE | Approved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Thermal | 2.861 | 11.649 | 4 | 1,07 | 12.470 | 30/3/2019 | Idea 50% Confidence |
| Electric | 14181,81 | 176.203 | 12 | 0,06 | 10.000 | 30/6/2019 | Yes |
| Thermal | 2.959 | 50.000 | 17 | 0,03 | 1.500 | 5/2/2019 | Idea 100% Confidence |
| Electric | 5.825 | 122.585 | 21 | 0,36 | 44.000 | 1/1/2019 | Yes |
| Thermal | 51.510 | 55.022 | 1 | 1,54 | 85.000 | 15/5/2018 | Yes |
| Electric | 7.200 | 24.000 | 3 | 0,83 | 20.000 | 1/1/2019 | Idea 100% Confidence |
| Thermal | 5.368 | 17 | 0 | 0,06 | 1 | 20/6/2019 | Yes |

| $CO_2$ reduction [ton/year] | SBP [month] | Estimated project cost [€/month] | Estimated project cost [€/y] | IPOC [€/tCO2] | Externalities [€/GJ] | Externalities [€/MWh] | Priority region | Priority WW | Priority brand |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 160,50 | 37,00 | 337,03 | 4.044,32 | 25,20 | 3,69 | 13,3 | 1 | 1 | 1 |
| 2.855,27 | 1,00 | 10.000,00 | 10.000,00 | 3,50 | 13,25 | 47,7 | 1 | 1 | 1 |
| 166,00 | 1,00 | 1.500,00 | 1.500,00 | 9,04 | 3,69 | 13,3 | 1 | 1 | 1 |
| 1.029,36 | 5,00 | 8.800,00 | 44.000,00 | 42,74 | 11,63 | 41,9 | 1 | 1 | 1 |
| 2.889,71 | 19,00 | 4.473,68 | 53.684,21 | 18,58 | 3,69 | 13,3 | 1 | 1 | 1 |
| 641,41 | 10,00 | 2.000,00 | 20.000,00 | 31,18 | 5,9 | 21,1 | 1 | 1 | 1 |
| 948,59 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 11,6 | 41,9 | 1 | 1 | 1 |

*Tabella 6: Migliori progetti 2019 con benefici indiretti*

## Conclusioni

È stato verificato che l'implementazione del modello permette una visuale dei progetti di efficienza energetica più ampia, catalogando alcuni di questi come migliori, i quali, altrimenti, cioè con la sola valutazione dei benefici diretti, passerebbero in secondo piano. È utile notare come, però, anche nel primo caso, la selezione dei migliori progetti non abbia incluso priorità di punteggio superiore al 2 (a parte per un caso, che appare di punteggio 3), segno che si sono dimostrati comunque vantaggiosi anche dal punto di vista ambientale. Tuttavia, nel secondo caso sono emersi progetti ancora più vantaggiosi, grazie al calcolo dell'IPoC e delle esternalità.

Il calcolo delle esternalità ha difatti permesso che venissero valutati i risparmi all'azienda e alla collettività aggiuntivi i quali, altrimenti, non sarebbero stati conteggiati in fase di valutazione del progetto. Queste hanno costituito un risparmio non indifferente, l'8% in più del risparmio energetico già calcolato nel 2017, il 21% in più nel 2018 e il 28% in più nel 2019.

| | EnergyCOST saving [€/GJ] | Externalities [€/GJ] |
|---|---|---|
| 2017 | 28033,65 | 2313,61 |
| 2018 | 6012,60 | 1264,91 |
| 2019 | 7816,38 | 2214,99 |

*Tabella 7: Esternalità e risparmio economico*

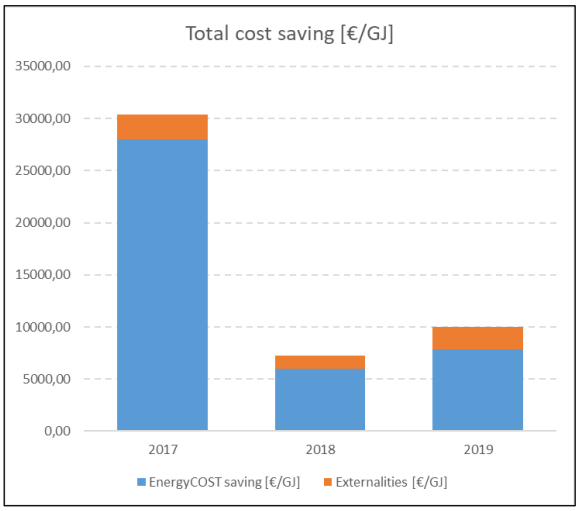


*Grafico 23: Esternalità e risparmio economico*

Il modello potrà, inoltre, essere ulteriormente implementato per tenere conto dei cambiamenti che possono avvenire e di nuovi parametri che consentono di valutare il beneficio derivante dai progetti di efficienza energetica. Per esempio, un possibile sviluppo può essere la valutazione degli OPEX, dei costi di manutenzione, non valutati.

Infine, a supporto della tesi introdotta nel primo capitolo, dove secondo lo scenario IEA per contenere le emissioni di $CO_2$ gli investimenti in efficienza dovranno raddoppiare entro il 2025 per poi raddoppiare nuovamente entro il 2040, è stato fatto il seguente grafico per i progetti di CNH Industrial negli anni, mettendo in relazione CAPEX e tonnellate di $CO_2$ risparmiate all'anno. È infatti emerso che a fronte di investimenti più elevati c'è una forte riduzione delle emissioni.

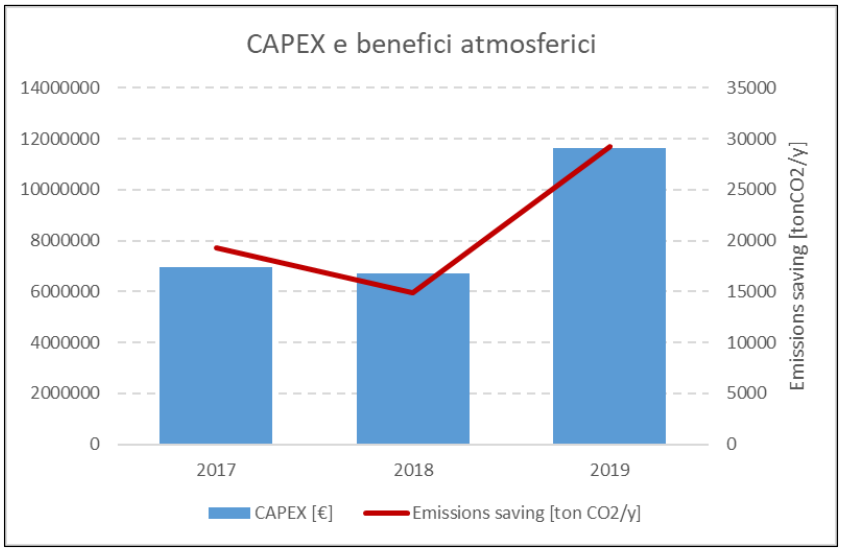


*Grafico 24: Corrispondenza CAPEX ed emissioni evitate*

## Riferimenti

## Bibliografia

[1] International Energy Agency, *Energy Efficiency 2018, Analysis and outlooks to 2040*, IEA, ottobre 2018

[2] Politecnico di Milano – Dipartimento di Energia Gestionale, *Energy Efficiency Report*, Collana quaderni AIP, giugno 2019

[3] L. de Chicchis, *Benefici multipli, gli strumenti del progetto M-Be*nefits, FIRE, luglio 2019

[4] L. Tuzzolo, *Come valutare i benefici multipli dell'efficienza energetica*, FIRE, luglio 2019

[5] L. Tuzzolo, *Introduzione ai benefici multipli dell'efficienza energetica*, FIRE, luglio 2019

[6] R. G. Eccles, G. Serafeim, "The Performance Frontier: Innovating for a Sustainable Strategy", Harvard Business School, maggio 2013

[7] F. Mori, *I benefici multipli dell'efficienza energetica,* FIRE, luglio 2017

[8] Adnkronos/Prometeo, "Energia e smart city, solo il 5% dei progetti è digitale" in *Gestione Energia*, gennaio 2019

[9] Alessandro Caratto, *Development of an innovative methodology for Internal Price of Carbon evaluation: CNH Industrial case study,* ottobre 2017

[10] P. Gabriele, E. Giacone, S. Mancò, *Dispense del corso di Gestione dei Sistemi Energetici*, Politeko, febbraio 2016

[11] Steen B (1999a), *A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS)*, *General system characteristics CPM report Chalmers*, University of Technology Sweden, Version 2000

[12] Steen B (1999b), *A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS)*, *Models and data of the default method CPM report*, Chalmers University of Technology Sweden, Version 2000

[12] European Commission EUR 20198, *External Costs - Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport,* Official Publications of the European Communities*, 2003*

[13] CNHIndustrial, *Sustainability Report 2018*, aprile 2019

[14] CNHIndustrial, *Sustainability Report 2017*, aprile 2018

## Sitografia

www.fire-italia.org
www.energystrategy.it
www.iea.org
www.nasa.climate.org
www.reteclima.it
www.ec.europa.eu
www.cdp.net
www.goldstandard.org
www.enea.it
www.externe.info

## Ringraziamenti

Un primo ringraziamento va senz'altro al mio relatore, il professor Masoero, per aver accettato di seguire il mio lavoro di tesi.
Un grazie speciale alla mia tutor aziendale, Giorgina Negro, grazie per aver reso lo stage un'opportunità di crescita, professionale e non, e per avermi coinvolta in moltissime iniziative, cosa assolutamente non scontata. Insieme a Giorgina vorrei ringraziare tutte le persone dell'Energy team, che hanno reso, ognuna a modo suo, i miei giorni in ufficio più piacevoli. E pertanto grazie a Walter, per avermi fatta sentire a mio agio sin dal primo giorno, grazie alla disponibilità di Daniela e grazie a Beppe e a Sergio. Grazie ad Alessia, Elisa e Stefano, senza dubbio i migliori colleghi di stage che potessi trovare, ma che colleghi, amici. Un grazie quindi a tutti gli altri amici che, anche solo tramite i racconti delle mie mille peripezie, hanno condiviso questa avventura universitaria con me.
Grazie al gruppo dei Falabrac, che rimarrà il mio ricordo più bello del Poli.
Grazie a Giulia, per avermi pazientemente ascoltata ogni volta ne avessi bisogno ed essermi sempre venuta incontro in tutti questi anni. Giulia, che sa meglio di tutti che la preparazione a questo giorno non è iniziata col giorno di iscrizione al Poli, bensì molto prima, sui banchi di scuola, quando eravamo ancora bambine.
Grazie alla mia famiglia, a mia mamma che mi ha insegnato, col suo esempio, a non mollare mai anche quando il gioco si fa duro. Grazie a mio papà, senza il quale tutto questo non sarebbe stato possibile, grazie per avermi supportata con ogni mezzo, non ci sono sufficienti parole per esprimere tutta la mia gratitudine.
Grazie a Federico, il primo ad essere avvisato appena uscivano i voti di un esame. È un po' come se avessi vissuto anche tu quest'esperienza, tanto è vero che, sono sicura, sarai più emozionato di me il giorno della laurea.
Ed infine un grazie a mia nonna, che è stata, dall'inizio alla fine del percorso, la mia fan numero uno.
Grazie a tutti voi.