





**Politecnico  
di Torino**

**Politecnico di Torino**

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

A.a. 2023/2024

Sessione di Laurea Novembre 2024

# **Il mercato dei crediti di carbonio**

Relatore:  
Carlo Cambini  
Correlatore:  
Flavio Pino

Candidata:  
Barbieri Giada



## Sommario

<b>Introduzione</b> .....	<b>5</b>
<b>Capitolo 1 – Il mercato volontario dei crediti di carbonio</b> .....	<b>9</b>
1.1 Le esternalità.....	9
1.1.1 Esternalità negative .....	9
1.2 I crediti di carbonio .....	12
1.2.1 Differenza tra i crediti di carbonio e i crediti di compensazione.....	13
1.3 Differenze tra il mercato regolamentato e il mercato volontario .....	15
1.4 Prezzi e qualità .....	17
1.5 Criteri per stabilire la qualità dei crediti di carbonio .....	19
1.5.1 Metodologie per verificare l’addizionalità .....	21
1.6 Standard internazionali che garantiscono la qualità dei crediti di carbonio .....	25
1.7 Tipi di progetto.....	28
1.8 Duplice obiettivo dei progetti di compensazione .....	31
1.9 Domanda e offerta dei crediti di compensazione.....	34
<b>Capitolo 2 – Puro.Earth</b> .....	<b>37</b>
2.1 Introduzione.....	37
2.2 Registro .....	39
2.3 Metodi di rimozione della CO <sub>2</sub> .....	40
2.3.1 Biochar.....	40
2.3.2 Carbonio immagazzinato geologicamente (GSC) .....	41
2.3.3 Materiali carbonati.....	42
2.3.4 Erosione avanzata delle rocce .....	42
2.3.5 Stoccaggio terrestre della biomassa .....	43
2.4 Processo di certificazione.....	44
2.4.1 Metodologia utilizzata da Puro.Earth.....	45

2.4.2 Metodologia utilizzata da VERRA .....	50
2.5 I CORC.....	55
2.5.1 Come acquistare i CORC .....	56
2.5.2 Calcolo CORC .....	57
2.6 Costi e indici .....	58
<b>Capitolo 3 – Analisi dei dati.....</b>	<b>61</b>
3.1 Descrizione database .....	62
3.2 Analisi dei dati.....	64
3.2.1 Mappatura delle aree in cui vengono realizzati i progetti .....	64
3.2.2 Mappatura aziende responsabili dei progetti .....	67
3.2.3 Mappatura della distribuzione geografica delle aziende che utilizzano i crediti per compensare le proprie emissioni.....	70
3.2.4 Analisi per tipo di metodologia utilizzata .....	73
3.2.5 Analisi per tipo di credito .....	79
3.3 Analisi Norvegia e USA .....	81
3.3.1 Norvegia .....	81
3.3.2 United States of America.....	87
<b>Conclusione.....</b>	<b>97</b>
<b>Sitografia.....</b>	<b>99</b>

## Introduzione

L'obiettivo del seguente elaborato è quello di illustrare in generale il funzionamento del mercato volontario dei crediti del carbonio (Voluntary Carbon Market, VCM), per poi fare un focus su Puro.Earth, uno dei registri volontari che ha avuto maggior successo in questi ultimi anni. Lo scopo sarà quello di descrivere le sue caratteristiche principali e capire cosa lo ha portato a emergere rispetto ad altri registri.

Nel primo capitolo verrà fatta una breve contestualizzazione partendo dalla definizione di esternalità, concentrandosi in modo particolare su quelle negative, al fine di illustrare come queste portino ad un equilibrio sociale sub-ottimale. In seguito, verrà fornita una definizione sui crediti di carbonio, sottolineando la differenza tra crediti di carbonio e crediti di compensazione. Sarà dedicato un paragrafo per definire chiaramente tutte le differenze tra il mercato volontario e quello regolamentato. Verrà inoltre trattato il tema della qualità dei crediti di compensazione, mettendo in evidenza il grande problema reputazionale del mercato volontario, esistente ancora tutt'ora, causato da diversi comportamenti scorretti che si sono verificati in passato, che ha portato delle conseguenze sui prezzi dei crediti di compensazione che risultano mediamente bassi a causa di alcuni crediti di scarsa qualità rimasti in circolazione. Successivamente sono stati definiti criteri di qualità che permettono di verificare l'effettiva compensazione che certifica il credito, concentrandosi su uno dei più importanti che è l'addizionalità. È stato effettuato un approfondimento per la verifica dell'addizionalità dei progetti su due tra gli strumenti più utilizzati da uno dei più riconosciuti e utilizzati programmi volontari, ossia Verified Carbon Standard (VCS) di cui si avvale VERRA. Sono stati poi definiti gli Standard internazionali che garantiscono la qualità dei crediti di compensazione del VCM, e successivamente verrà illustrata una panoramica generale per differenziare le varie tipologie di progetto che generano questi crediti. Si evidenzia inoltre il duplice obiettivo dei progetti di compensazione, in quanto non hanno unicamente fini ambientali, ma hanno anche un valore socio-economico dal momento che si mira a fornire finanziamenti e tecnologie a paesi poveri e in via di sviluppo con il fine di supportare la loro transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio.

Infine, il capitolo si conclude con la citazione di diversi studi che sostengono che la domanda di tali crediti aumenterà, e si pone l'attenzione su un dato rilevante, ossia

l'offerta che ha da sempre superato la domanda e vengono discussa alcune possibili soluzioni per evitare l'accumulo di quelli inutilizzati e di bassa qualità.

Nel secondo capitolo verrà fatto un approfondimento su Puro.Earth, una piattaforma di certificazione e commercializzazione dei crediti di compensazione del carbonio. In particolare, verrà spiegato come questa piattaforma nata nel 2019 ha avuto sin da subito grande successo nonostante il problema reputazionale del mercato volontario, dato che per garantire il massimo della trasparenza, tracciabilità e integrità, nei primi mesi del 2022 ha reso pubblica la visualizzazione del loro registro Puro Registry, il quale contiene tutte le informazioni relative ai certificati rilasciati. Puro.Earth si occupa unicamente della rimozione della CO<sub>2</sub> presente nell'atmosfera, e in questo capitolo verranno approfondite nel dettaglio le metodologie utilizzate, ponendo un accento su quella maggiormente utilizzata che è il Biochar, e sarà effettuato un confronto con tecnica del Biochar utilizzata da VERRA. Puro.Earth per certificare l'effettivo contributo alla lotta al cambiamento climatico emette i crediti di chiamati CORC, i quali rappresentano una tonnellata di CO<sub>2</sub> rimossa e immagazzinata in modo permanente, sarà trattato come avviene il calcolo per valutare la quantità di CORC fornita dall'attività di produzione di Biochar, e le modalità per poterli acquistare. Infine, verrà fornita una panoramica sui costi e sugli indici che permettono di tracciare il prezzo del sequestro del carbonio tramite la rimozione ingegnerizzata del carbonio.

Nell'ultimo capitolo relativo all'analisi dei dati, saranno riportate diverse analisi effettuate partendo dal database online di Puro.Earth (il Puro Registry). Inizialmente verrà fornita una descrizione dei vari campi presenti nel database, seguita da analisi effettuate tramite il software Tableau, che ha permesso di mappare diverse informazioni, tra cui: le aree in cui vengono realizzati i progetti, la distribuzione geografica delle aziende che utilizzano i crediti per compensare le loro emissioni, e la distribuzione geografica delle aziende responsabili dei progetti. Per quest'ultima mappatura, è stato necessario rielaborare i dati scaricati con l'ausilio di Excel, poiché il Puro Registry riporta solo informazioni relative ai ritiri effettuati. Per mappare le aziende responsabili dei progetti, erano richieste informazioni sui progetti non presenti nel database scaricato, per cui sono state condotte ulteriori ricerche e, grazie ai risultati ottenuti, i dati sono stati integrati. Sono state inoltre realizzate analisi per identificare le metodologie e i tipi di credito più utilizzati. Infine, sono

state effettuate altre analisi sulle due nazioni più attive nel registro di Puro.Earth, ovvero Norvegia e USA.



## Capitolo 1 – Il mercato volontario dei crediti di carbonio

### 1.1 Le esternalità

In economia, con il termine esternalità si fa riferimento all'insieme degli effetti esterni generati dall'attività economica di un attore su altri soggetti che non sono direttamente coinvolti in tale attività.

Esistono due tipologie di esternalità: positive e negative. Le prime si verificano quando un soggetto economico genera un beneficio per altri attori esterni, senza che essi siano identificabili e senza la possibilità di quantificare con precisione il vantaggio economico che ne deriva. Un esempio può essere il caso di un'azienda che investe in ricerca e sviluppo, essa potrebbe riuscire ad accedere a nuove tecnologie che sarebbero poi a disposizione di tutti, migliorando in questo modo il benessere generale, senza ricevere un compenso diretto.

Al contrario, le esternalità negative si manifestano quando un soggetto è responsabile di un'attività economica che provoca danni alla collettività, senza però essere tenuto a risarcire tali danni, poiché risultano difficili da identificare o quantificare in modo preciso. In questo caso l'esempio più comune è quello di un'azienda che inquina, creando danni all'ambiente, alle comunità e all'intero ecosistema, senza però farsi carico dei costi associati a tali danni generati dalle sue emissioni inquinanti.

#### 1.1.1 Esternalità negative

La presenza di esternalità in un mercato comporta inefficienza, poiché la quantità di beni scambiata non ottimizza il benessere complessivo degli operatori economici coinvolti, in particolare nel caso di esternalità negative, la produzione o il consumo di alcuni beni provoca un deterioramento del benessere sociale.

L'inquinamento è un effetto dannoso che accompagna molte attività produttive o di consumo. In genere, non è possibile eliminare del tutto questi impatti negativi, ma è possibile gestirli e trovare un equilibrio per produrre una quantità che sia socialmente ottimale.

Nella Figura 1.1 le curve di domanda e offerta rappresentano rispettivamente i benefici e i costi. La curva di offerta mostra i costi marginali privati di produzione, cioè il costo di produrre un'unità in più, mentre la curva di domanda riflette i benefici marginali privati che i consumatori percepiscono dal consumo di un'unità aggiuntiva.

L'equilibrio di mercato si raggiunge nel punto in cui le due curve si incontrano, il che indica che al prezzo di equilibrio i benefici marginali e i costi marginali sono uguali. Si massimizza così il surplus complessivo di produttori e consumatori e non vi è alcuna perdita di benessere, tutto ciò in assenza di esternalità.

Se si producesse di più rispetto alla quantità di equilibrio, il costo delle unità aggiuntive sarebbe maggiore rispetto al beneficio che generano, rendendo quindi preferibile non produrle.

Nell'eventualità che invece si producesse meno della quantità di equilibrio, il beneficio di un'unità aggiuntiva supererebbe il suo costo, per questo motivo sarebbe vantaggioso aumentare la produzione.

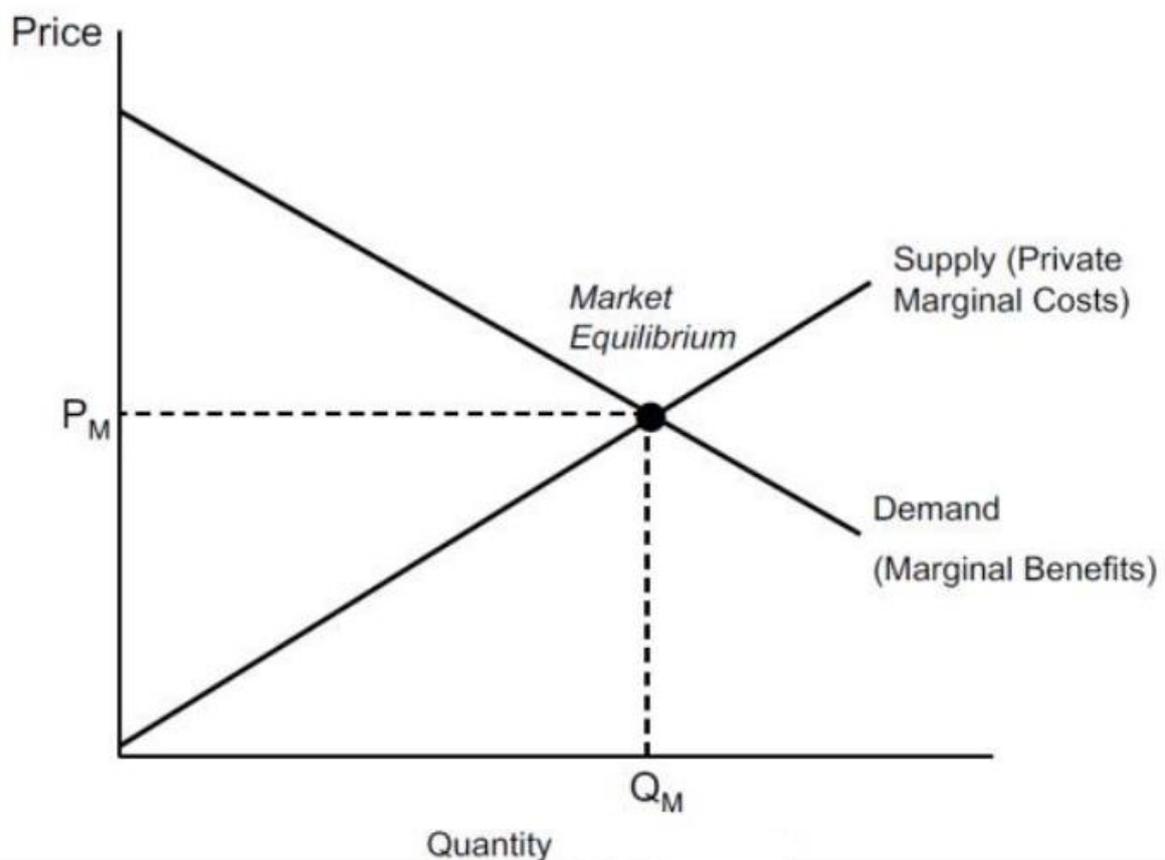


Figura 1.1: *Equilibrio di mercato*

Fonte:

[https://elearning.unite.it/pluginfile.php/297430/mod\\_resource/content/1/Microeconomia%20e%20ambiente.pdf](https://elearning.unite.it/pluginfile.php/297430/mod_resource/content/1/Microeconomia%20e%20ambiente.pdf)

Invece in presenza di esternalità negative, dovute come nell'esempio citato in precedenza ad un'azienda che inquina, qualcuno, come in questo caso potrebbero essere i residenti nelle vicinanze, subirà diversi danni, inclusi danni difficilmente quantificabili in termini monetari, come i danni alla salute. Tuttavia, se non attribuiamo un valore economico a questi danni il mercato li considererà automaticamente pari a zero, per questo è necessario considerare oltre ai costi di produzione privati i costi esterni, dovuti alla presenza di esternalità negative.

La somma tra i costi di produzione privati e i costi esterni definisce i costi sociali totali, rappresentati nella Figura 1.2 dalla curva di costo marginale sociale.

La curva del costo marginale sociale è posizionata al di sopra della curva di offerta originale del mercato, poiché tiene conto anche dei costi legati alle esternalità.

In questo caso il punto di equilibrio che si ottiene dall'intersezione tra la curva di domanda e la curva di offerta che tiene conto del costo dell'esternalità, evidenzia una quantità efficiente  $Q^*$  inferiore rispetto a quella che il mercato determinerebbe autonomamente  $Q_M$ , in quanto bisogna limitare la produzione solo fino a quando i benefici marginali superano i costi marginali sociali, e quindi il livello di produzione ottimale è  $Q^*$ .

In presenza di esternalità negative, l'equilibrio di mercato non massimizza il benessere sociale ed è quindi inefficiente, la differenza tra il benessere raggiunto con una produzione ottimale e quello ottenuto con la sovrapproduzione costituisce la perdita netta di benessere.

Come mostrato nella Figura 1.2, il prezzo di mercato  $P_M$  è troppo basso dal punto di vista sociale, poiché non include tutti i costi reali, per questo motivo il prezzo efficiente sarebbe  $p^*$ .

Le esternalità negative, dunque, portano il mercato a produrre una quantità maggiore rispetto a quella socialmente ottimale, riducendo il benessere sociale e portando a un equilibrio sub-ottimale.

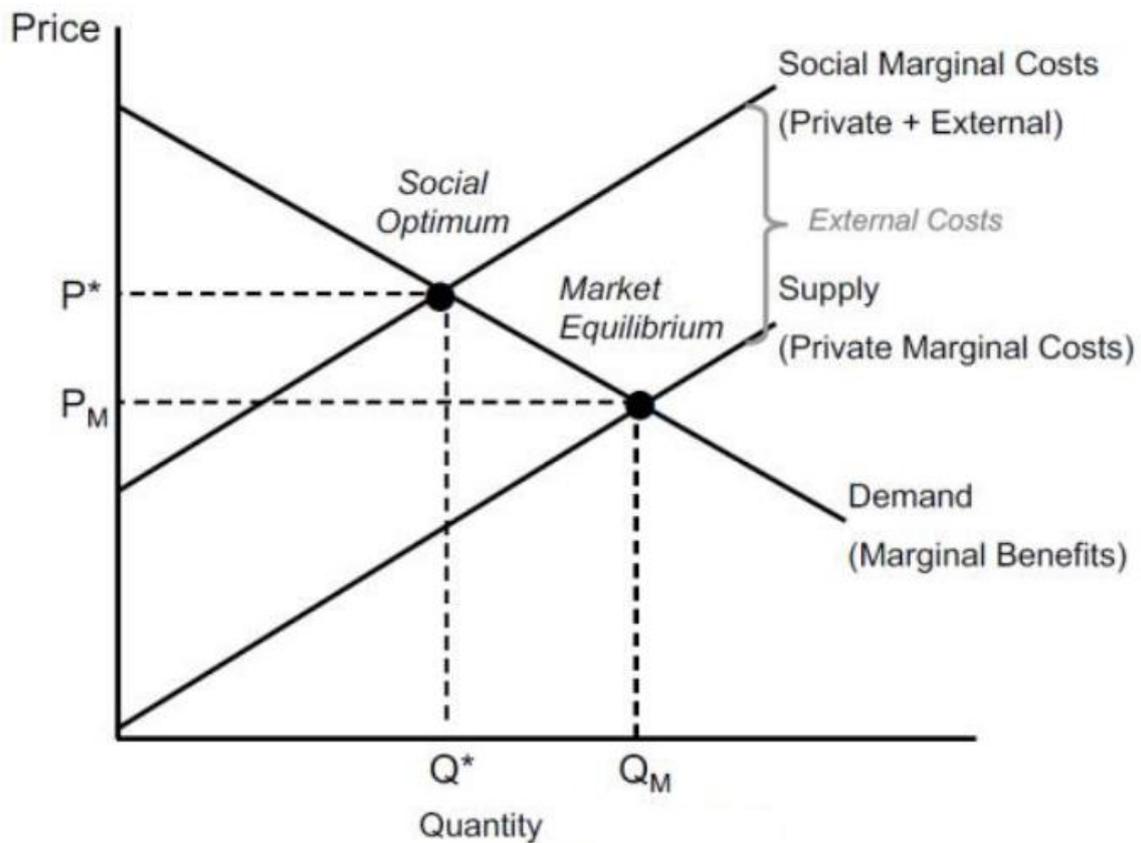


Figura 1.2: *Esternalità negative nella produzione*

Fonte:

[https://elearning.unite.it/pluginfile.php/297430/mod\\_resource/content/1/Microeconomia%20e%20ambiente.pdf](https://elearning.unite.it/pluginfile.php/297430/mod_resource/content/1/Microeconomia%20e%20ambiente.pdf)

Dal punto di vista economico, le esternalità rappresentano una forma di fallimento del mercato. Per correggere queste inefficienze, spesso sono necessari interventi esterni, come regolamentazioni, tasse, sussidi o strumenti di mercato come i crediti di carbonio, che aiutano a internalizzare le esternalità negative.

## 1.2 I crediti di carbonio

Per contrastare il cambiamento climatico, e quindi ridurre le emissioni dei gas climalteranti è stato creato il mercato del carbonio. Si tratta di un sistema economico dove attraverso l'acquisto e la vendita dei crediti di carbonio per le aziende è possibile raggiungere la neutralità climatica. I crediti di carbonio hanno quindi un valore economico.

L'obiettivo è incentivare le imprese a ridurre le proprie emissioni, secondo il principio "chi inquina paga" si assegna un prezzo alle emissioni di gas serra; quindi, le imprese nel momento in cui inquinano sostengono costi tangibili. I costi sostenuti potrebbero aumentare se le imprese superano i limiti di emissione consentiti, in quanto dovranno acquistare sul mercato dei crediti di carbonio generati da progetti che hanno lo scopo di ridurre o rimuovere la CO<sub>2</sub>, e quindi saranno costrette a sostenere degli extra costi.

Questo meccanismo ha subito diverse critiche, in particolare da parte di movimenti ecologisti, i quali sostengono che questa pratica non è una soluzione ottimale; dal momento in cui non trova una vera e propria soluzione per le aziende che emettono molte emissioni di gas serra, ma al contrario permette loro di continuare a inquinare pagando.

### 1.2.1 Differenza tra i crediti di carbonio e i crediti di compensazione

Il credito di carbonio (Carbon Credit) corrisponde ad una tonnellata di anidride carbonica equivalente (CO<sub>2</sub>e) che non è stata immessa nell'atmosfera o che è stata rimossa attraverso un progetto. Il credito corrisponde in realtà a emissioni di qualsiasi gas climalterante o gas serra (GHG, greenhouse gases), quindi non solo la CO<sub>2</sub>, ma anche altri gas come: il metano (CH<sub>4</sub>), il protossido di azoto (N<sub>2</sub>O), gli idrofluorocarburi (HFC), i perfluorocarburi (PFC) e l'esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>), questi sono i gas regolati dal Protocollo di Kyoto nell'Allegato A<sup>1</sup>.

I crediti di carbonio sono lo strumento utilizzato nei sistemi regolamentati, a differenza dei crediti di compensazione (Carbon Offset) che sono lo strumento utilizzato nei mercati volontari.

Entrambi hanno l'obiettivo di ridurre le emissioni, le principali differenze tra i due sono riportate nella Tabella 1.1.

---

<sup>1</sup> [https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/vari/Documentazione - Il Protocollo di Kyoto della Convenzione sui Cambiamenti Climatici.pdf](https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/vari/Documentazione_-_Il_Protocollo_di_Kyoto_della_Convenzione_sui_Cambiamenti_Climatici.pdf)

Carbon Offsets	Carbon Credits
Possono essere acquistati da privati, piccole aziende e grandi aziende	Possono essere negoziati solo da aziende e governi
Rappresentano progetti che rimuovono i gas serra dall'atmosfera	Rappresentano il diritto di emettere una tonnellata di anidride carbonica
Utilizzati all'interno del mercato volontario	Utilizzati nei sistemi cap-and-trade regolati dai governi

Tabella 1.1: *Differenza tra i crediti di carbonio e i crediti di compensazione*

Fonte: <https://dalradaenergy.com/explaining-carbon-credits-and-offsets/>

Con il termine VCM (Voluntary Carbon Market) si indica un mercato su base volontaria dei crediti di carbonio generati da progetti di compensazione, in cui vi è la possibilità per le aziende di acquistare il numero di crediti necessari per perseguire l'obiettivo di neutralità climatica, questa pratica è chiamata anche strategia Net Zero<sup>2</sup>. Secondo questa strategia il soggetto in questione dovrebbe emettere nell'atmosfera una quantità di gas serra pari a quella che è in grado di rimuovere. Se tutti i soggetti rispettassero questa pratica sarebbe possibile ottenere un bilanciamento di emissioni nette pari a zero, in questo modo è stato dimostrato<sup>3</sup> che si potrebbe arrestare il riscaldamento globale.

Le aziende hanno sempre più l'interesse a compensare le emissioni di gas serra che esse stesse producono, e il mercato volontario dei crediti di carbonio è una valida alternativa rispetto a quello regolamentato per dimostrare la loro attenzione nei confronti della sostenibilità. Proprio per questo motivo negli ultimi anni il VCM ha subito una forte espansione, in particolare il picco è stato raggiunto nel 2021 come dimostra la Figura 1.3, che rappresenta un'analisi effettuata sui volumi dei crediti di compensazione ritirati nei diversi anni presso i due principali registri del mercato volontario: il Verified Carbon Standard (VCS) e il Gold Standard.

<sup>2</sup> <https://aplanet.org/it/risorse/cosa-si-intende-per-net-zero-e-come-raggiungerlo-strategie-per-raggiungere-le-emissioni-nette-zero/#:~:text=Definizione%20di%20Net%20Zero&text=In%20pratica%2C%20si%20tratta%20di,riscaldamento%20globale%20nel%20breve%20termine.>

<sup>3</sup> <https://netzeroclimate.org/what-is-net-zero-2/>



Figura 1.3: *Andamento nel tempo del volume di crediti di compensazione ritirati presso i registri del mercato volontario VCS e Gold Standard*

Fonte: <https://www.madaprojects.it/come-andato-il-2023-per-i-mercati-volontari-dei-crediti-di-carbonio/>

### **1.3 Differenze tra il mercato regolamentato e il mercato volontario**

Il mercato volontario, presente da circa una ventina d’anni, si è sviluppato parallelamente al mercato regolamentato previsto dal Protocollo di Kyoto del 1997, che entrò in vigore nel 2005. Il Protocollo di Kyoto è il primo accordo internazionale che stabilisce precisi obiettivi e standard legalmente vincolanti per gli Stati contraenti, con l’obiettivo di ridurre le emissioni dei gas ad effetto serra responsabili del surriscaldamento del pianeta. Le aziende che non rispettano i limiti di emissione imposti dal Protocollo devono acquistare diritti di emissione per evitare il pagamento di ingenti sanzioni.

La grande differenza tra il VCM e il mercato regolamentato riguarda l’obbligatorietà di partecipazione; difatti le aziende che rientrano nei settori regolamentati devono attenersi

a precisi limiti imposti da normative e standard governativi e internazionali. Un esempio è l'ETS (Emissions Trading System) dell'Unione Europea che impone specifici limiti di emissione, è basato sul meccanismo "cap and trade", ossia è l'Unione Europea a stabilire un limite massimo alle emissioni consentite, riducendolo progressivamente ogni anno per rispettare gli obiettivi climatici, assicurando così una diminuzione costante delle emissioni nel tempo.

Nel momento in cui le aziende emettono una quantità maggiore di gas serra rispetto a quella consentita sono tenute ad acquistare crediti di carbonio per bilanciare le proprie emissioni, diversamente accade quando emettono una quantità di gas inquinanti inferiore a quella stabilita esse possono vendere crediti di carbonio ad altre aziende che sono state meno virtuose nel raggiungimento del loro obiettivo. Questa pratica incoraggia molto la sostenibilità in quanto le aziende si impegneranno a non emettere maggiori quantità di gas serra rispetto a quelle consentite per evitare ulteriori costi dovuti all'acquisto di crediti.

Al contrario, all'interno del mercato volontario la partecipazione è facoltativa, dato che non vi sono obblighi normativi per coloro che desiderano compensare le proprie emissioni di gas serra, in questo caso i motivi per i quali si desidera prendere parte al mercato volontario possono essere diversi; tra questi migliorare la propria reputazione, oppure soddisfare le esigenze degli investitori o semplicemente si desidera essere maggiormente sostenibili.

Inoltre, un'ulteriore differenza è quella relativa agli attori che operano all'interno di questi mercati, in quanto nei mercati obbligatori i partecipanti sono unicamente le aziende che operano in settori altamente inquinanti, nella Figura 1.4 sono riportate le percentuali dei settori maggiormente inquinanti in Europa nell'anno 2022.

Mentre nel mercato volontario possono operare molteplici attori tra cui: le aziende di qualunque settore, ma non solo, anche qualsiasi tipo di organizzazione e persino i singoli individui che desiderano compensare volontariamente le proprie emissioni inquinanti.

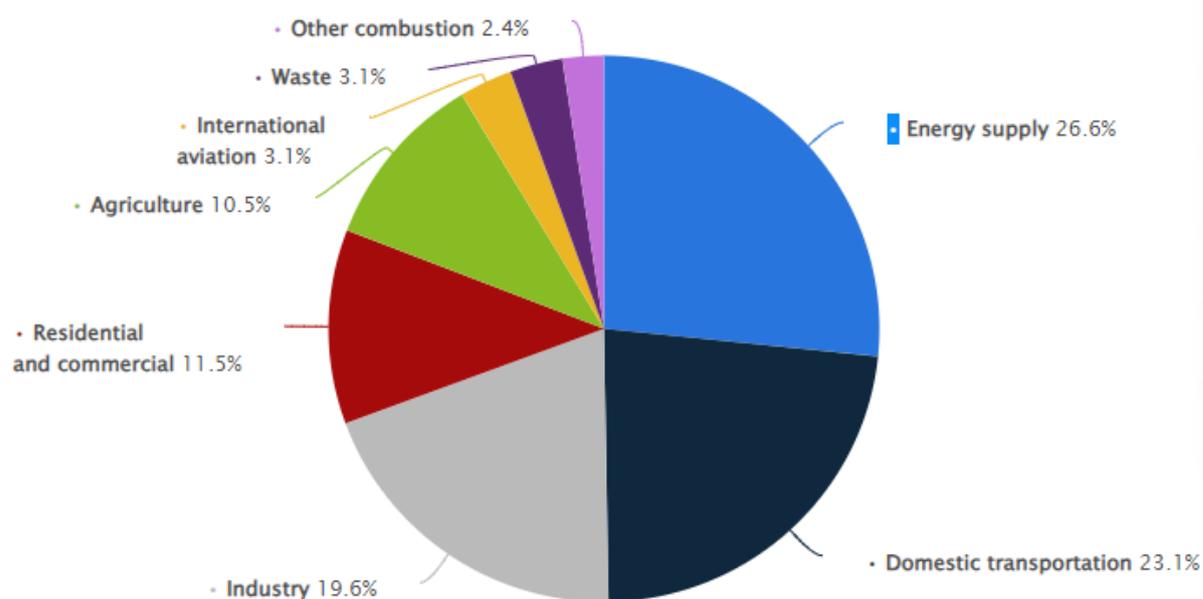


Figura 1.4: Percentuale delle emissioni di gas serra per settore in Europa nell'anno 2022

Fonte Statista: <https://www.statista.com/statistics/1325132/qhg-emissions-shares-sector-european-union-eu/>

Non essendo disciplinato il mercato volontario è maggiormente flessibile ed instabile rispetto a quello obbligatorio.

## 1.4 Prezzi e qualità

Difatti, sul mercato volontario i prezzi per l'acquisto di un titolo di compensazione sono molto vari come si evince dalla Figura 1.5, la quale riporta i risultati di uno studio effettuato da Statista relativo ai prezzi medi dei crediti di compensazione sul mercato volontario per anni 2022-2023 nelle diverse aree.

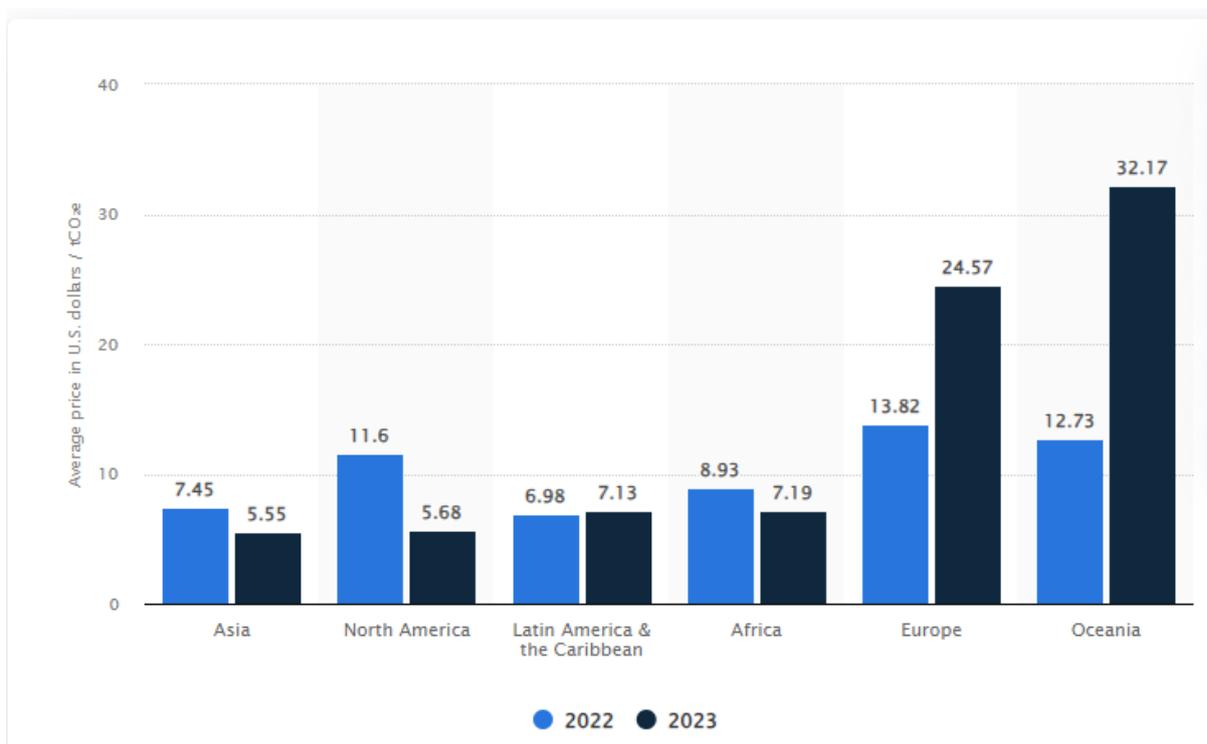


Figura 1.5: Prezzo medio dei crediti del mercato volontario del carbonio (VCM) in tutto il mondo nel 2022 e nel 2023 (espresso in dollari USA per tonnellata metrica di anidride carbonica equivalente)

Fonte Statista: <https://www.statista.com/statistics/1481215/average-vcm-credit-prices-worldwide-by-project-region/>

La qualità dei crediti di compensazione è un elemento difficile da verificare per l'acquirente, ma allo stesso tempo è fondamentale affinché un credito di compensazione sia credibile, proprio per questo motivo è un tema sempre più di maggior interesse. Per essere definiti di qualità deve essere associata a loro una reale, quantificabile e verificabile riduzione di gas serra. In passato si sono verificati comportamenti scorretti dal momento in cui sono stati emessi crediti di bassa qualità, questo ha causato grandi problemi reputazionali per il mercato volontario che persistono ancora ora, poiché alcuni di essi sono tuttora in circolazione.

Sicuramente crediti di compensazione a basso prezzo possono indicare una bassa qualità, ma al contrario non è detto che prezzi superiori indichino un'elevata qualità dei crediti. Inoltre, solitamente i crediti rimasti invenduti relativi a progetti di anni passati hanno una maggior probabilità di essere di bassa qualità rispetto a crediti più recenti, nonostante

non sia l'anno di emissione a determinare l'integrità dei crediti di compensazione. Un altro elemento a cui bisogna porre attenzione per evitare di acquistare crediti di scarsa qualità è la credibilità di chi ha sviluppato il progetto di compensazione.

## 1.5 Criteri per stabilire la qualità dei crediti di carbonio

Sono stati definiti criteri di qualità<sup>4</sup> che permettono di verificare l'effettiva compensazione che certifica il credito, tra questi vi sono:

- **Addizionalità**<sup>5</sup>: è una caratteristica fondamentale per verificare la qualità di un progetto di compensazione. Affinché i crediti emessi da un progetto siano considerati addizionali è opportuno dimostrare che essi certificano un'effettiva riduzione delle emissioni. Per valutare l'addizionalità di un progetto non è affatto semplice, in quanto è necessario valutare lo scenario che si verificherebbe in assenza del progetto stesso, ossia quale sarebbe stata l'emissione di gas serra in assenza di esso.
- **Precisione nella valutazione**<sup>6</sup>: è fondamentale che un progetto di compensazione non venga sovrastimato, per questo motivo è necessario che avvenga una valutazione accurata delle emissioni rimosse o ridotte. Per alcuni progetti la verifica delle emissioni ridotte è più semplice, come accade per i progetti relativi alla cattura di metano in una discarica, mentre per altri la valutazione risulta più complessa come, ad esempio, nel caso della stima delle emissioni di gas serra di una rete elettrica oppure un progetto relativo all'energia solare.

Nella Tabella 1.2 è riportata una classificazione dei progetti in base al livello di rischio in relazione alla qualità dei crediti di compensazione emessi.

Per evitare che si verifichino sovrastime è necessario monitorare e verificare ex post le prestazioni dei progetti.

È inoltre necessario tener conto degli effetti indiretti che il progetto comporta, come gli aumenti involontari delle emissioni di gas serra.

---

<sup>4</sup> Guida che definisce i criteri di qualità dei crediti di compensazione: <https://offsetguide.org/high-quality-offsets/>

<sup>5</sup> Definizione addizionalità: <https://offsetguide.org/high-quality-offsets/additionality/>

<sup>6</sup> Definizione precisione nella valutazione: <https://offsetguide.org/high-quality-offsets/avoiding-overestimation/>

Quando viene effettuata la stima è altrettanto fondamentale che vengano considerate solo le riduzioni di GHG già effettuate e non vengano considerate anche quelle previste per il futuro, questa pratica è definita forward crediting.

Lower risk	Medium risk	Higher risk
<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub> usage</li> <li>• Methane destruction (w/o utilization)</li> <li>• N<sub>2</sub>O avoidance from nitric acid production</li> <li>• N<sub>2</sub>O – adipic acid*</li> <li>• Ozone-depleting substance (ODS) destruction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Methane capture and utilization</li> <li>• Methane avoidance</li> <li>• Energy distribution</li> <li>• Energy efficiency, household demand side</li> <li>• PFCs &amp; SF<sub>6</sub> avoidance/ reuse</li> <li>• Renewable energy, small scale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agriculture</li> <li>• Biomass energy</li> <li>• Cement production</li> <li>• Energy efficiency, industrial demand side</li> <li>• Energy efficiency -- supply side</li> <li>• Forestry &amp; land use</li> <li>• Fossil fuel switching</li> <li>• Fugitive gas capture or avoidance</li> <li>• Low-carbon transportation measures</li> <li>• Renewable energy, large scale</li> </ul>

Tabella 1.2: *Livello di rischio in relazione alla qualità per i progetti di compensazione*

Fonte: <https://www.offsetguide.org/sticking-to-lower-risk-project-types/> 2020

- **Permanenza<sup>7</sup>**: i crediti di compensazione devono attestare una rimozione o riduzione permanente di gas ed effetto serra; quindi, il progetto che è conforme al criterio di permanenza non può immagazzinare emissioni inquinanti in modo temporaneo. Per questo motivo non è possibile variare le riduzioni di emissione attestate dai crediti in seguito alla loro creazione. In base alla tipologia di progetto la difficoltà nel rispettare questo criterio può essere differente.
- **Richiesta esclusiva di emissioni di gas serra evitate o rimosse<sup>8</sup>**: anche questa è una caratteristica fondamentale per i crediti di compensazione del carbonio, in quanto è necessario che essi trasmettano una richiesta esclusiva di riduzione dei gas serra. Non sempre però questa proprietà è stata rispettata, in particolare quando i crediti di compensazione vengono emessi da due programmi differenti si è verificato un “doppio conteggio” della riduzione di emissioni. La “doppia emissione” si verifica invece quando viene emesso più di un credito di compensazione per la stessa riduzione dei gas serra. Per evitare che venga effettuata questa pratica inefficiente è necessario che i registri ritirino i crediti dal mercato non appena un’entità ne fa uso.

<sup>7</sup> Definizione permanenza: <https://offsetguide.org/high-quality-offsets/permanence/>

<sup>8</sup> Definizione richiesta esclusiva di emissioni di gas serra evitate o rimosse: <https://offsetguide.org/high-quality-offsets/exclusive-claim-to-ghg-reductions/>

In passato si sono verificati anche casi in cui un venditore scorretto abbia dichiarato ad un acquirente l'avvenuto ritiro dei crediti per poi commercializzarli in un secondo momento ad altri acquirenti. Per evitare tali frodi, nel momento in cui vengono effettuati i ritiri dei crediti di compensazione è necessario che vengano registrate tutte le informazioni rilevanti, incluso per conto di chi è stato effettuato il ritiro; quindi, è fondamentale che i registri risultino il più possibile trasparenti.

Inoltre, può verificarsi un caso di “doppia richiesta” quando vengono assegnati crediti di compensazione a uno specifico progetto, e successivamente un'altra entità conta le stesse riduzioni di gas serra ai fini del proprio progetto.

- **Evitare danni sociali e ambientali**<sup>9</sup>: è fondamentale che i progetti che riducono e rimuovono le emissioni di gas serra non danneggino le comunità locali e causino danni ambientali, per questo è necessario che i crediti di compensazione emessi siano in linea con tutti i requisiti legali della giurisdizione in cui si effettua il progetto.

### 1.5.1 Metodologie per verificare l'addizionalità

Come già accennato precedentemente, l'addizionalità è un elemento essenziale per garantire la qualità di un progetto di compensazione. Per dimostrarla, i promotori dei progetti, ossia coloro che li propongono devono avvalersi di strumenti specifici.

Essi sono stati originariamente sviluppati dal CDM<sup>10</sup> (Clean Development Mechanism) sotto la supervisione dell'UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), e rappresentano lo standard globale per la verifica dei progetti di riduzione delle emissioni.

Il CDM fornisce strumenti complessi e rigorosi, accompagnati da una procedura dettagliata per la verifica dell'addizionalità.

---

<sup>9</sup> Definizione evitare danni sociali e ambientali: <https://offsetguide.org/high-quality-offsets/avoiding-social-and-environmental-harms/>

<sup>10</sup> Il CDM (Clean Development Mechanism) è uno dei tre meccanismi flessibili previsti dal protocollo di Kyoto, gli altri due sono: International Emissions Trading (IET) e Joint Implementation (JI)  
<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/mechanisms-under-the-kyoto-protocol/the-clean-development-mechanism>

Mentre gli Standard volontari, come ad esempio VERRA, utilizzano e adattano questi strumenti per i loro schemi, ma i principi fondamentali dell'addizionalità vengono stabiliti dai meccanismi creati dall'UNFCCC e dal Protocollo di Kyoto.

VERRA gestisce il Verified Carbon Standard (VCS), uno dei più utilizzati e riconosciuti standard volontari di certificazione per i progetti di riduzione delle emissioni di gas serra a livello globale (come sarà discusso nel paragrafo successivo), ed opera nel mercato volontario del carbonio, a differenza del CDM che è un meccanismo regolamentato del protocollo di Kyoto.

In seguito, verranno analizzate alcune delle metodologie utilizzate dal programma Verified Carbon Standard (VCS) gestito da VERRA che permettono di verificare se un progetto di compensazione emette crediti effettivamente addizionali o meno, ma questi strumenti non sono gli unici esistenti.

Anche gli altri standard e programmi di compensazione del mercato volontario hanno personalizzato le metodologie che permettono di verificare l'addizionalità, tra i più utilizzati vi sono: gli strumenti del Gold Standard tra cui Agriculture and Land Use Tools e Performance Methodologies, quelli del programma Climate Action Reserve (CAR) che sono Performance Standard Approach e Legal Test, ma anche l'Additionality Guidelines per progetti comunitari dello standard volontario Plan Vivo, e i CCS-specific additionality tools che è lo strumento utilizzato da American Carbon Registry (ACR).

Questi menzionati sono i principali registri internazionali che certificano la qualità dei crediti di compensazione nel VCM, come sarà approfondito successivamente.

Esistono diversi strumenti di cui si avvale VERRA per la verifica dell'addizionalità, ciascuno dei quali è adattato a specifiche tipologie di progetto, in seguito verranno approfonditi due di essi per offrire una panoramica più chiara del loro funzionamento.

Il **VT0001**<sup>11</sup> è uno strumento per dimostrare e valutare l'addizionalità delle attività per i progetti VCS AFOLU (Agriculture, Forestry, and Other Land Use), ossia progetti volti a ridurre le emissioni di gas serra nel settore dell'agricoltura, delle foreste e degli altri usi del suolo. Questi progetti fanno parte del Verified Carbon Standard (VCS).

---

<sup>11</sup> VT0001 - Tool for the Demonstration and Assessment of Additionality in VCS Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) Project Activities <https://stg.verra.org/wp-content/uploads/VT0001v1.0.pdf>

Le fasi della procedura descritte nella Figura 1.6 permettono di accertare l'addizionalità del progetto, esse sono:

**Fase 1:** Identificare scenari alternativi per l'utilizzo del suolo in cui si dovrebbe effettuare il progetto AFOLU in questione

**Fase 2:** Analisi dell'investimento, per determinare se l'attività del progetto proposto, senza i ricavi derivanti dalla vendita dei crediti di carbonio, sia economicamente o finanziariamente meno attraente rispetto ad almeno uno degli altri scenari di utilizzo del suolo. Oppure è possibile effettuare la Fase 3.

**Fase 3:** Analisi delle barriere: può essere eseguita al posto o come estensione dell'analisi degli investimenti. Essa dimostra che il progetto non sarebbe realizzato nello scenario "business-as-usual" perché incontra una o più barriere. Superare queste barriere è possibile solo grazie a incentivi esterni, come la vendita di crediti di carbonio o sussidi specifici. Gli ostacoli possono essere di diversi tipi:

- Barriere economiche o finanziarie: il progetto non sarebbe economicamente vantaggioso senza il supporto aggiuntivo dei crediti di carbonio o di altri finanziamenti. Ad esempio, i costi di avvio o operativi potrebbero essere troppo elevati rispetto ai benefici attesi.
- Barriere tecnologiche: il progetto richiede l'utilizzo di tecnologie avanzate o non facilmente accessibili che ne rendono difficile l'attuazione senza un supporto economico esterno.
- Barriere normative o politiche: possono esserci ostacoli legati a regolamenti governativi, burocrazia o mancanza di infrastrutture che limitano l'attuazione del progetto.
- Barriere sociali o culturali: in alcuni casi, la resistenza da parte delle comunità locali o fattori culturali possono rappresentare un ostacolo significativo.

**Fase 4:** Analisi delle pratiche comuni, l'obiettivo di questa analisi è verificare se il progetto proposto è già una pratica comune nella regione o nel settore in cui viene implementato. Se la tecnologia o la metodologia adottata dal progetto è diffusa, questo potrebbe non essere considerato addizionale, poiché ciò indicherebbe che sarebbe stato realizzato anche senza incentivi come i crediti di carbonio. Se la tecnologia o la pratica del progetto è

utilizzata solo in una piccola percentuale di casi (di solito una soglia inferiore al 20% di penetrazione nel mercato), esso può ancora essere considerato addizionale.

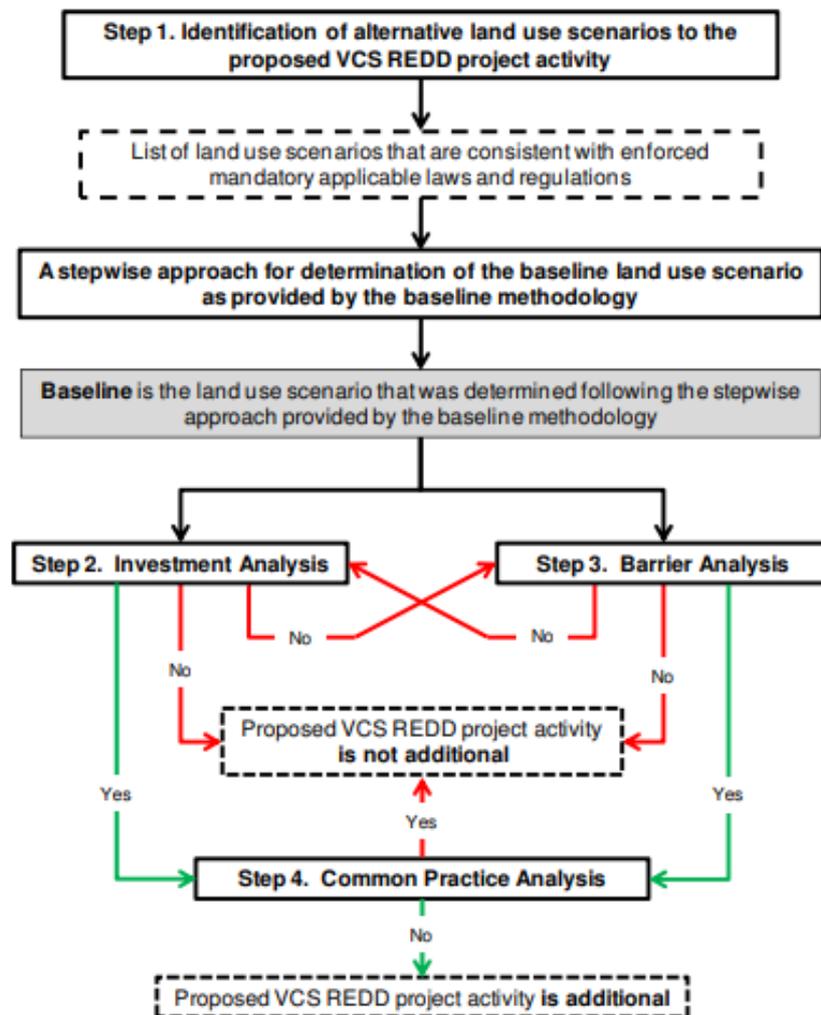


Figura 1.6: Procedura che permette di verificare l'addizionalità di un progetto VCS AFOLU

Fonte: <https://stq.terra.org/wp-content/uploads/VT0001v1.0.pdf>

Il VT0002<sup>12</sup> è un altro strumento utilizzato da VERRA per la dimostrazione e la valutazione dell'addizionalità nelle attività di progetto IFM (Improved Forest Management), ossia i progetti volti a migliorare la gestione delle foreste per ridurre le emissioni di gas serra, dato che si concentrano su pratiche come il rallentamento del taglio delle foreste, la riforestazione, la protezione contro la deforestazione.

<sup>12</sup> VT0002 - Activity Method for Additionality <https://verra.org/wp-content/uploads/imported/methodologies/VT0002-VCS-Tool-Improved-Forest-Management-Additionality-Assessment-v1.0.pdf>

Difatti, migliorando la gestione delle foreste, si può aumentare la quantità di carbonio immagazzinato, riducendo così l'impatto delle emissioni di carbonio. Oltre a questo beneficio, i progetti IFM migliorano la biodiversità, prevengono l'erosione del suolo e conservano l'acqua.

Questo strumento valuta l'addizionalità in modo più semplice rispetto al precedente, si basa su un metodo per attività, in cui le attività progettuali vengono confrontate con una lista predefinita di attività ritenute "non comuni" nel contesto geografico o settoriale di riferimento. Se le attività del progetto sono considerate inusuali o non comuni, ciò suggerisce che il progetto è addizionale.

Il VT0002 utilizza quindi un approccio basato sulle attività come indicatore di addizionalità, mentre il VT0001 adotta una metodologia più ampia e complessa per valutare l'addizionalità in progetti agricoli e forestali, tenendo conto di più fattori economici e operativi.

Tutte le metodologie sono essenziali per assicurare che solo i progetti realmente addizionali possano generare crediti di carbonio, mantenendo alta la credibilità degli sforzi globali di riduzione delle emissioni.

## **1.6 Standard internazionali che garantiscono la qualità dei crediti di carbonio**

L'asimmetria informativa causa un fallimento di mercato, per questo motivo sono emerse molte organizzazioni internazionali, le quali definiscono standard e protocolli internazionali al fine di garantire la qualità dei crediti di carbonio nel mercato volontario.

Il loro compito non si limita unicamente a stabilire degli standard per la qualità dei crediti di compensazione del carbonio, ma consiste anche nel verificare a seguito di un'attenta esame che i progetti rispettino effettivamente gli standard definiti, in questo modo è possibile verificare se i fornitori di compensazione garantiscono la qualità e la quantità da loro richiesta. Inoltre, queste organizzazioni hanno il compito di gestire i sistemi di registro in quanto emettono, trasferiscono e ritirano i crediti utilizzati.

La crescita del mercato volontario dei crediti di carbonio è stata sicuramente favorita da un maggiore controllo e trasparenza, resi possibili dall'introduzione di standard di qualità ben definiti.

Sono inoltre presenti altri standard come quelli definiti dall'Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione (ISO), questi sono più limitati dal momento che non offrono un vero e proprio contributo al funzionamento del mercato volontario non essendo presente un registro di crediti, ma forniscono semplicemente delle linee guida e delle definizioni generali relative a quadri contabili e opzioni di quantificazione che si possono applicare ai programmi di compensazione.

I registri più rilevanti che certificano la qualità dei crediti di compensazione nel VCM sono sintetizzati nella Tabella 1.3

"Voluntary" Carbon Offset Programs (Run by NGOs)	Geographic Coverage	Label Used for Offset Credits
American Carbon Registry	United States, Some International	Emission Reduction Tonne (ERT)
Climate Action Reserve (CAR)	United States, Mexico	Climate Reserve Tonne (CRT)
The Gold Standard	International	Verified Emission Reduction (VER)
Plan Vivo	International	Plan Vivo Certificate (PVC)
The Verified Carbon Standard	International	Verified Carbon Unit (VCU)

Tabella 1.3: *Principali registri che certificano la qualità dei crediti di compensazione nel VCM*

Fonte: <https://offsetguide.org/understanding-carbon-offsets/carbon-offset-programs/>

Essi hanno standard e protocolli diversi tra loro ma tutti tendono a basarsi a regole già ben definite dai mercati regolamentati, in particolare sono ispirati al CDM<sup>13</sup>.

I principali registri e programmi di compensazione del mercato volontario sono:

- **American Carbon Registry (ACR)**<sup>14</sup> è stato istituito nel 1996. È il primo registro privato volontario dei gas serra al mondo, per questo motivo è pioniere di metodologie basate sulla scienza per attività che riducono ed eliminano le emissioni di gas serra nei settori forestale e dell'uso del territorio, energetico e industriale.

---

<sup>14</sup> ACR: <https://americancarbonregistry.org/carbon-accounting/standards-methodologies/american-carbonregistry-Standard>

- **Climate Action Reserve (CAR)**<sup>15</sup> è stato fondato nel 2008. I loro progetti sono sviluppati nel Nord America. Anch'esso attraverso degli standard verifica emette e monitora crediti di compensazione del carbonio, chiamati Climate Reserve Tonnes (CRT).
- **Gold Standard (GS)**<sup>16</sup> è amministrato dalla Gold Standard Foundation, un'associazione senza scopo di lucro con sede a Ginevra, in Svizzera. È stato istituito nel 2003 dal WWF e da altre ONG internazionali, ed è ad oggi il secondo standard più utilizzato in tutto il mondo.
- **Plan Vivo**<sup>17</sup> è nato nel 1994 in Messico. Plan Vivo è amministrato dalla Plan Vivo Foundation, un'organizzazione no-profit scozzese che ha come obiettivo il miglioramento ambientale oltre alla riduzione della povertà.  
Lo standard Plan Vivo regola progetti forestali, agricoli e altri progetti di utilizzo del territorio con particolare attenzione alla promozione dello sviluppo sostenibile e al miglioramento dei mezzi di sussistenza rurali e dei servizi ecosistemici.  
I certificati rilasciati da Plan Vivo i quali garantiscono un'effettiva compensazione sono chiamati Plan Vivo Certificate.
- **Verified Carbon Standard (VCS)**,<sup>18</sup> noto come Voluntary Carbon Standard, è lo standard maggiormente utilizzato in tutto il mondo per la certificazione delle riduzioni delle emissioni di gas serra, esso è amministrato da VERRA un'organizzazione no-profit nata nel 2005. Sul Registro VERRA sono disponibili informazioni trasparenti sui progetti.  
I progetti VCS oltre a permettere a coloro che acquistano questi crediti di compensare le emissioni che non possono essere evitate, forniscono l'accesso ai servizi sanitari e all'istruzione e ad altri benefici per lo sviluppo sostenibile che migliorano la qualità della vita nelle comunità coinvolte nel progetto.  
Il programma VCS è stato approvato dall'International Carbon Reduction and Offset Alliance (ICROA) e soddisfa il Codice di buone pratiche dell'ICROA.

---

<sup>15</sup> CAR: <https://www.climateactionreserve.org/>

<sup>16</sup> GS: <https://www.goldstandard.org/>

<sup>17</sup> Plan Vivo: <https://www.planvivo.org/>

<sup>18</sup> VCS: <https://verra.org/programs/verified-carbon-standard/>

I VCS vengono sottoposti a un accurato processo di valutazione, solo successivamente questi progetti potranno ricevere unità di carbonio verificate (VCU). Una VCU rappresenta una tonnellata metrica di anidride carbonica ridotta o rimossa dall'atmosfera.

Nella Figura 1.7 è riportato nel corso degli anni il volume di crediti ritirati per ogni registro.

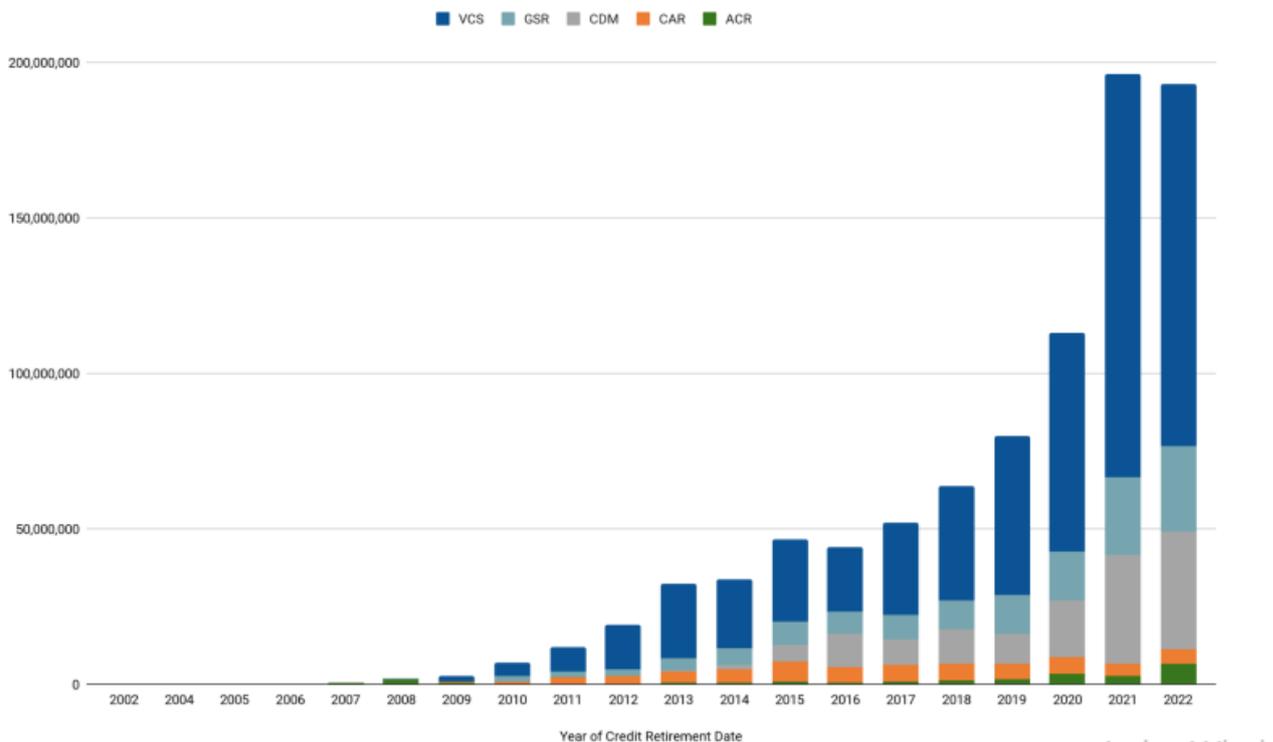


Figura 1.7: Andamento del volume dei crediti di carbonio ritirati per ogni registro

Fonte:

<https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Session%204%20Introduction%20to%20International%20VCMs.pdf>

## 1.7 Tipi di progetto

I progetti che permettono la creazione dei crediti di compensazione possono essere suddivisi in due macrocategorie, entrambe mirano al raggiungimento degli obiettivi di Net Zero.

Il primo gruppo comprende i processi il cui obiettivo è la **riduzione di gas serra** al fine di limitare il rilascio di nuove emissioni in futuro. Alcuni esempi sono i seguenti:

- Progetti che sostituiscono fonti energetiche a base di carbone o petrolio con fonti di energia rinnovabile (energia solare, energia eolica, energia idroelettrica, ecc.)
- Progetti che mirano all'efficienza dei processi industriali
- Progetti volti alla cattura del metano nelle discariche o al compostaggio dei rifiuti organici
- Progetti di cottura pulita che consistono nel fornire stufe a basso impatto ambientale a comunità che altrimenti utilizzerebbero stufe che hanno un impatto ambientale significativo

Il secondo gruppo invece riguarda i processi il cui fine è la **rimozione di gas serra** presenti nell'atmosfera, in particolare ci si concentra sulla rimozione di CO<sub>2</sub> già rilasciata nell'atmosfera. Le tecnologie di rimozione maggiormente utilizzate sono:

- Rimboschimento e riforestazione (AR); questi progetti consistono nel piantare alberi in determinate zone affinché gli alberi catturino la CO<sub>2</sub> presente nell'atmosfera
- Bioenergia con cattura e stoccaggio del carbonio (BECCS); combina la produzione di energia dalla biomassa con tecnologie che catturano e immagazzinano la CO<sub>2</sub> prodotta nel processo.
- Cattura diretta dall'aria (DACCS): questa tecnologia avanzata permette l'estrazione di CO<sub>2</sub> direttamente dall'aria, la CO<sub>2</sub> verrà poi immagazzinata per essere successivamente utilizzata per altri scopi.
- Agricoltura rigenerativa: è una tecnologia che aumentano la capacità del suolo di sequestrare CO<sub>2</sub> permette di risanare il suolo

Nella seguente Figura 1.8 sono rappresentate alcune tecnologie per effettuare il sequestro di CO<sub>2</sub>.

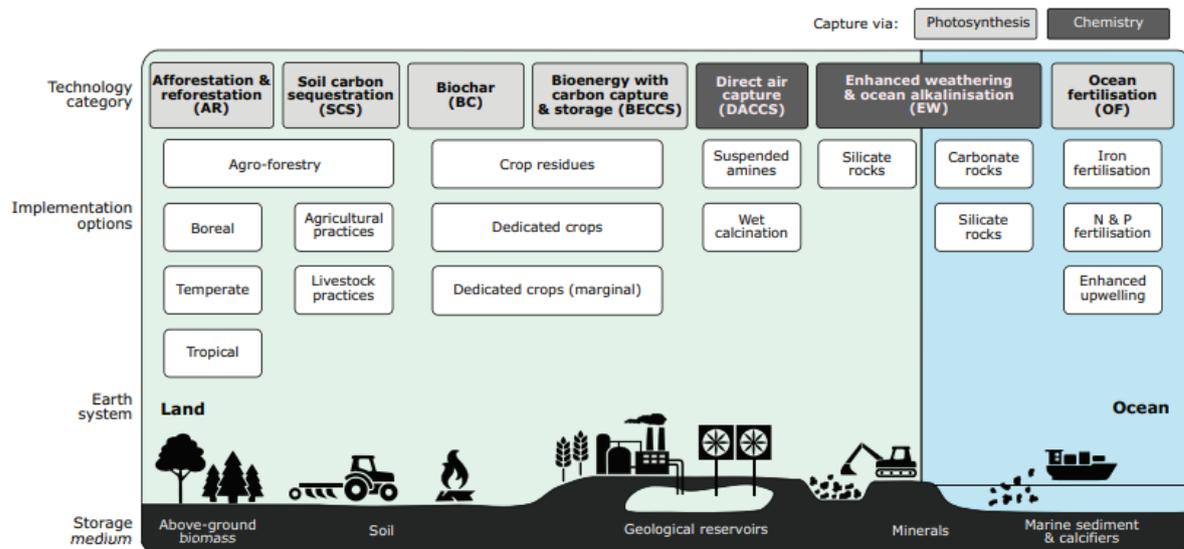


Figura 1.8: Modalità di sequestro della CO<sub>2</sub>

Fonte: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aabf9b/pdf>

Le tecnologie attualmente più utilizzate che permettono di effettuare Carbon offsetting<sup>19</sup> sono quelle che sfruttano le energie rinnovabili, ma vengono sfruttate molto anche le “nature-based”, ossia le tecnologie basate principalmente sulla natura per ridurre o rimuovere le emissioni di GHG (una tra le più adoperate è l'afforestazione e riforestazione). Sono inoltre presenti anche altre tecnologie ancora in via di sviluppo.

La Figura 1.9 rappresenta il volume totale dei crediti di carbonio emessi e ritirati in base alla tipologia di progetto, e il numero totale dei progetti realizzati per ogni tecnologia.

<sup>19</sup> Carbon Offsetting: termine utilizzato per indicare le attività che permettono di compensare le emissioni di gas serra attraverso l'acquisto di crediti di compensazione generati dai progetti [https://climateseed.com/it/compensazione-co2-carbon-offset-una-breve-guida#:~:text=Il%20carbon%20offsetting%2C%20noto%20anche,CO2%20%22%20\(1\)](https://climateseed.com/it/compensazione-co2-carbon-offset-una-breve-guida#:~:text=Il%20carbon%20offsetting%2C%20noto%20anche,CO2%20%22%20(1))

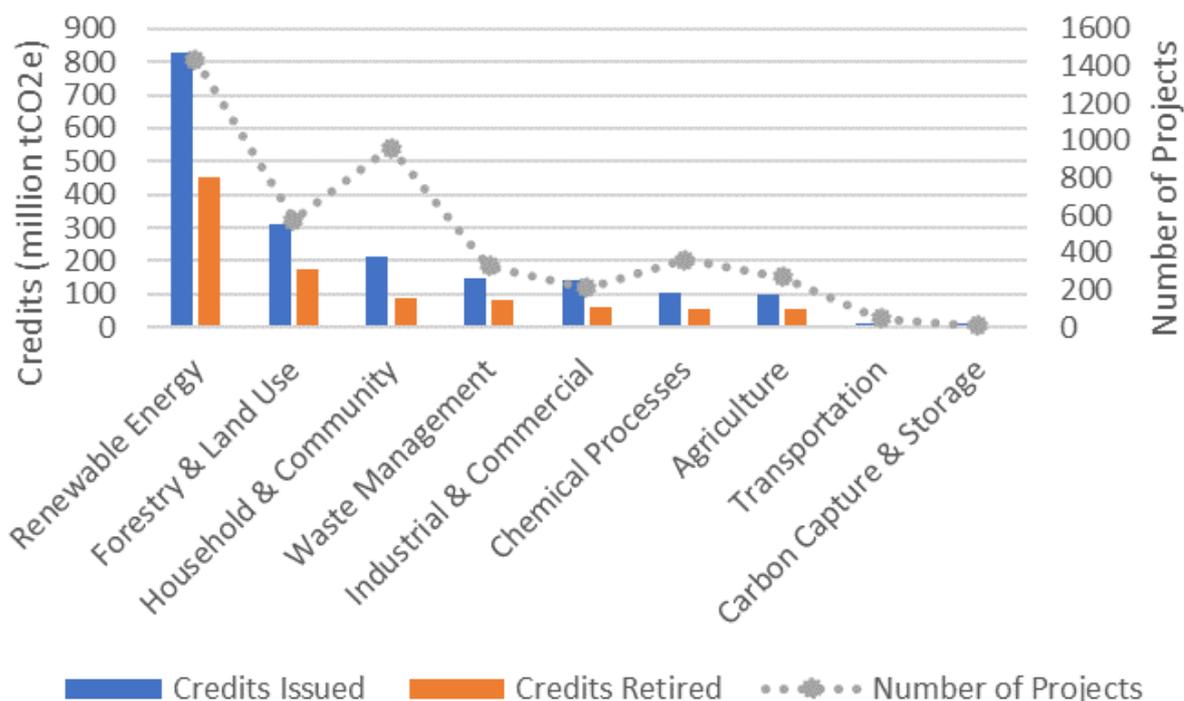


Figura 1.9: Rappresentazione del numero di progetti totali e del volume di crediti emessi e ritirati per ogni tecnologia (ultimo aggiornamento maggio 2023)

Fonte: <https://focus.world-exchanges.org/articles/shrinking-demand-and-supply-voluntary-carbon-markets>

## 1.8 Duplice obiettivo dei progetti di compensazione

I crediti di compensazione derivanti da progetti non si limitano ad avere uno scopo puramente ambientale quindi riduzione o rimozione dei gas serra climalteranti per combattere il cambiamento climatico, come discusso fino ad ora, ma hanno anche un valore socio-economico dal momento che si mira a fornire finanziamenti e tecnologie a paesi poveri e in via di sviluppo con il fine di supportare la loro transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio, quindi permettendo loro l'accesso a strumenti e risorse sostenibili.

Anche se questo secondo obiettivo non sempre è rispettato dal momento che la maggior parte dei progetti di compensazione viene effettuato in paesi già sviluppati, come dimostra la Figura 1.10 e la Figura 1.11 la maggior parte dei progetti di compensazione è concentrato negli USA, seguiti da India e Cina.

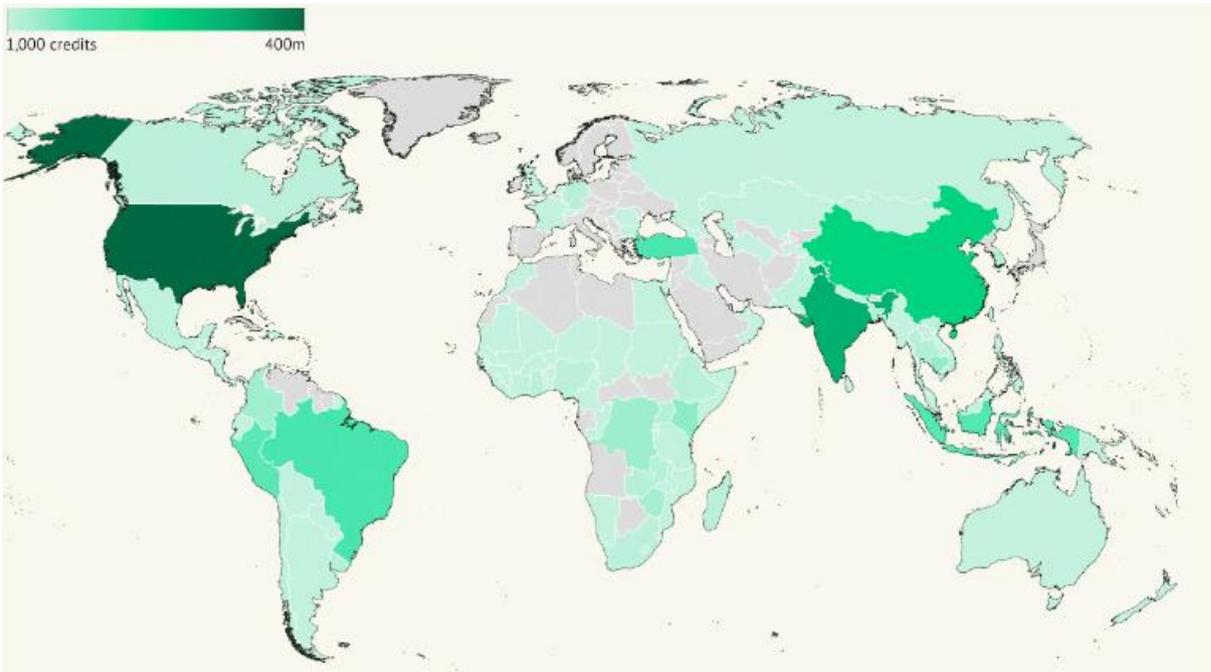


Figura 1.10: Concentrazione dei progetti di compensazione del VCM nel 2023

Fonte: <https://interactive.carbonbrief.org/carbon-offsets-2023/>

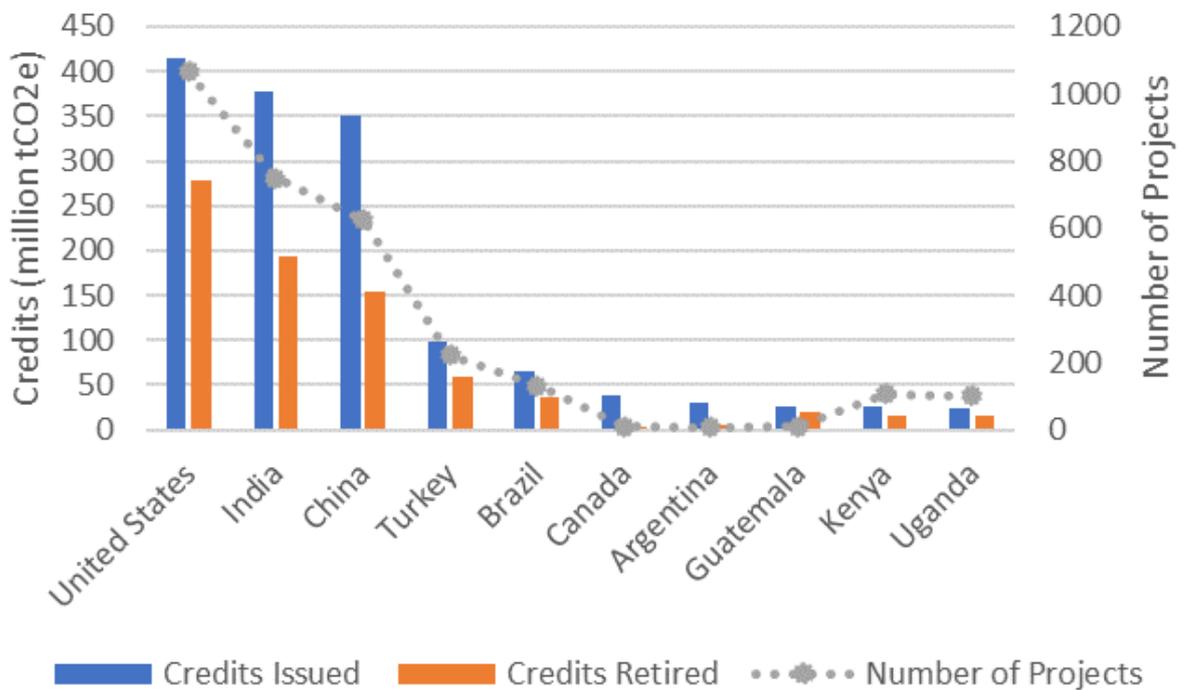


Figura 1.11: Numero di progetti emessi per paese con il relativo numero di credito emessi e ritirati (ultimo aggiornamento maggio 2023)

Fonte: <https://focus.world-exchanges.org/articles/shrinking-demand-and-supply-voluntary-carbon-markets>

Questo accade perché i paesi sviluppati e le economie emergenti tendono a disporre di migliori infrastrutture tecnologiche, amministrative e legali per implementare e gestire progetti di compensazione, facilitando il rispetto degli standard internazionali. In contesti meno sviluppati, la mancanza di infrastrutture adeguate può rendere più difficile l'implementazione e la verifica dei progetti. Inoltre, le imprese e gli investitori spesso preferiscono realizzare progetti in paesi dove c'è maggiore stabilità economica e un ritorno sugli investimenti più prevedibile.

Alcuni Standard volontari internazionali, come Gold Standard, Verified Carbon Standard, Plan Vivo e molti altri hanno riconosciuto l'importanza del duplice obiettivo e hanno integrato criteri che valutano i cosiddetti "co-benefici". Assicurandosi in questo modo che i progetti di compensazione non solo riducano le emissioni, ma contribuiscano anche al miglioramento delle condizioni di vita delle comunità locali creando dei vantaggi tangibili per esse, come la creazione di posti di lavoro, il miglioramento delle infrastrutture e l'accesso a servizi essenziali, come l'energia pulita o l'acqua potabile.

Inoltre, alcuni progetti possono contribuire alla protezione della biodiversità, alla riforestazione e al miglioramento delle pratiche agricole.

I progetti di compensazione che aderiscono a questi standard contribuiscono così al raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile (SDG), un insieme di 17 obiettivi interconnessi definiti dalle Nazioni Unite, che mirano a massimizzare l'impatto positivo non solo sul clima, ma anche sul benessere umano.

In particolare, sia il Gold Standard che il Plan Vivo, a differenza del VCS, richiedono obbligatoriamente che ogni progetto sia collegato agli obiettivi di sviluppo sostenibile.

Per questo motivo, i progetti certificati sotto questi standard devono dimostrare non solo una riduzione delle emissioni, ma anche un impatto positivo tangibile su uno o più dei 17 SDG.

Al contrario, il Verified Carbon Standard è più flessibile poiché non richiede ai progetti di essere necessariamente allineati agli obiettivi di sviluppo sostenibile come requisito obbligatorio. Tuttavia, i progetti certificati anche sotto i Climate, Community & Biodiversity Standards (CCBS), sempre gestiti da Verra, sono quelli che rispettano specifici criteri per garantire co-benefici sia ambientali che sociali.

## 1.9 Domanda e offerta dei crediti di compensazione

Il mercato volontario dei crediti di carbonio è in continua evoluzione, con una dinamica domanda-offerta che rispecchia la crescente attenzione verso la decarbonizzazione e il raggiungimento degli obiettivi di emissioni nette zero.

Si prevede che la domanda di crediti di carbonio aumenterà in modo significativo nei prossimi anni, difatti i risultati di uno studio condotto da McKinsey prevedono che la domanda potrebbe aumentare fino a 15 volte entro il 2030 e a 100 volte entro il 2050, come mostra la Figura 1.12. Questo aumento è alimentato da iniziative di sostenibilità aziendale, normative governative e impegni globali come l'Accordo di Parigi.

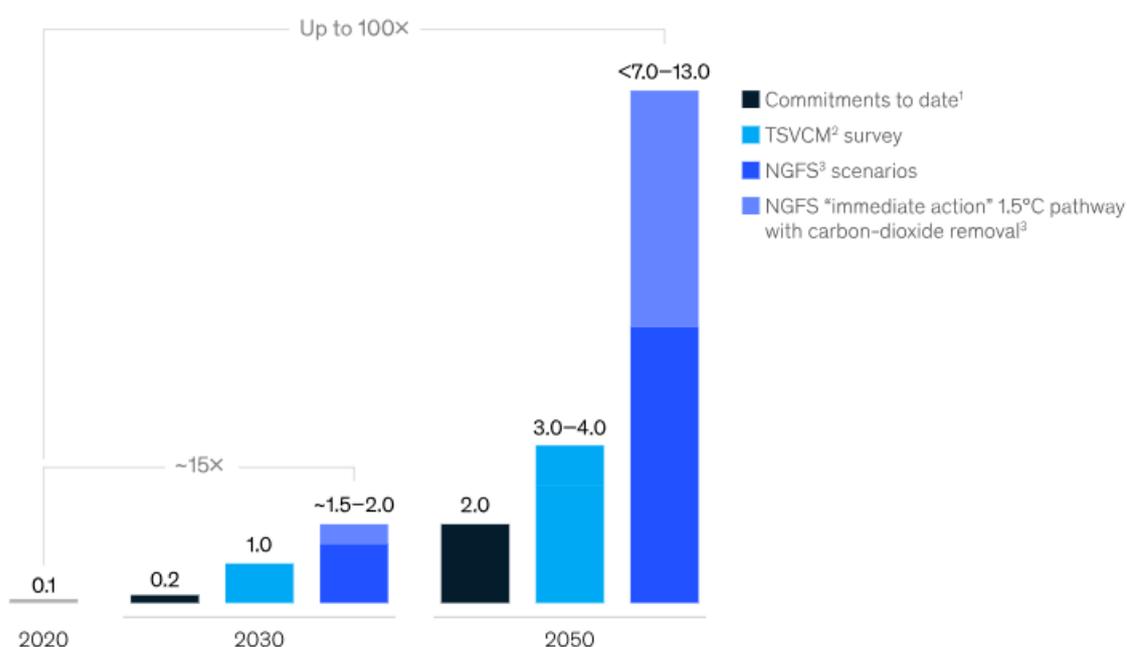


Figura 1.13: *Previsione domanda dei crediti di compensazione del VCM in gigatonnellate all'anno*

Fonte: <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/a-blueprint-for-scaling-voluntary-carbon-markets-to-meet-the-climate-challenge>

Come mostra la Figura 1.13 l'offerta di crediti di compensazione all'interno del mercato volontario ha da sempre di gran lunga superato la domanda, questo perché una volta emessi non hanno una scadenza, e rimanendo in circolazione ogni anno si accumulano sempre più crediti invenduti.

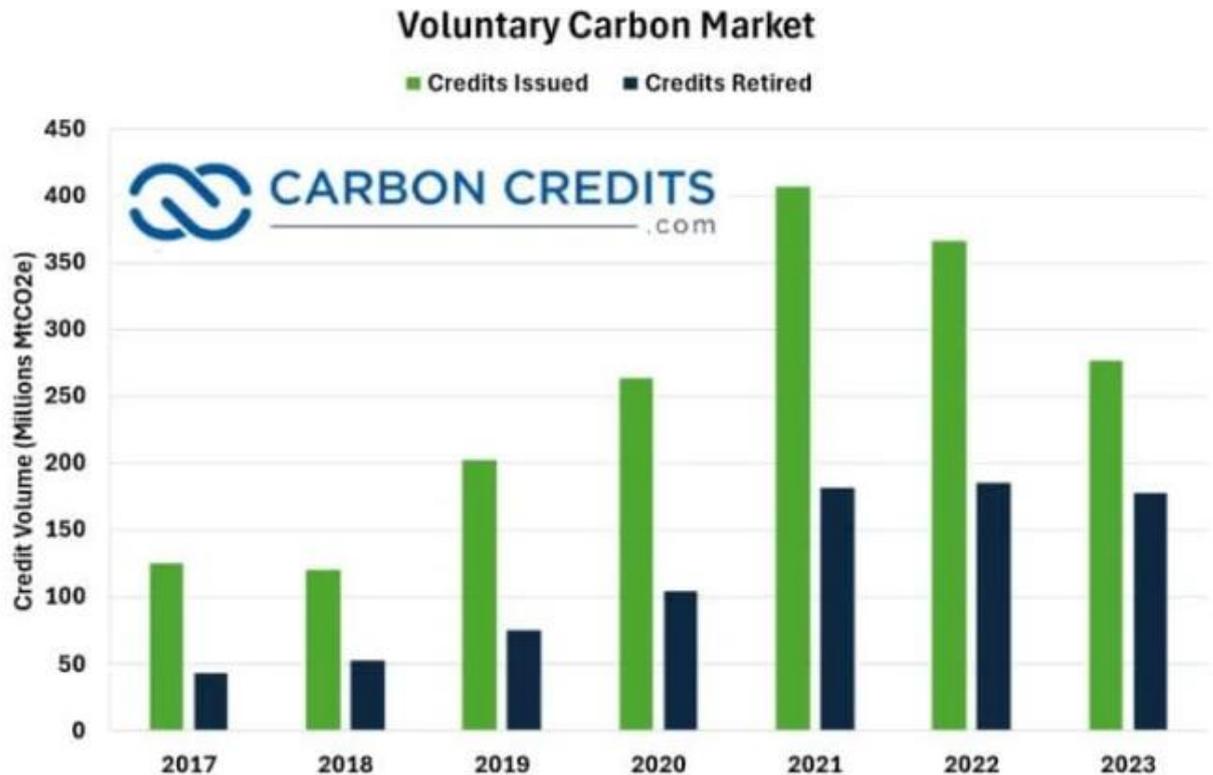


Figura 1.13: *Andamento nel tempo del numero di crediti di compensazione emessi e ritirati nel VCM*

Fonte: <https://carboncredits.com/the-ultimate-guide-to-understanding-carbon-credits/>

Molti esperti per risolvere il problema hanno proposto l'introduzione di date di scadenza, in questo modo sarebbe possibile garantire che i crediti in circolazione siano esclusivamente quelli generati e verificati di recente. Ciò impedirebbe l'accumulo di quelli inutilizzati e di bassa qualità, e permetterebbe alle aziende solo l'acquisto di compensazioni di carbonio di alta qualità.

In alcune discussioni accademiche e politiche relative a questi temi è emersa la preoccupazione relativa ai crediti più vecchi in quanto spesso la loro integrità ambientale potrebbe non essere in linea con gli standard più rigorosi dei progetti odierni.

L'eccesso di offerta, oltre alla dubbia qualità di alcuni di essi, soprattutto per i più datati, sono i principali motivi per cui i prezzi dei crediti di compensazione del carbonio sono relativamente bassi. Proprio per questo motivo si stanno valutando alcuni metodi per

ritirare quelli rimasti invenduti attraverso programmi di riacquisto, al fine di garantire una maggiore qualità e credibilità dei crediti che saranno in circolazione.

## Capitolo 2 – Puro.Earth

Per tutte le aziende interessate a soluzioni che permettano di ridurre o rimuovere i gas climalteranti presenti nell'aria, al fine di raggiungere i propri obiettivi di neutralità climatica, sono state create diverse piattaforme di certificazione e commercializzazione dei crediti di compensazione del carbonio.

### 2.1 Introduzione

Puro.Earth è una piattaforma globale fondata nel 2019 a Helsinki, in Finlandia, con l'obiettivo di sviluppare un mercato dei crediti di carbonio che si occupasse esclusivamente della rimozione delle emissioni inquinanti. Focalizzandosi unicamente sulla rimozione della CO<sub>2</sub> presente nell'aria essa è riuscita a distinguersi dai più comuni sistemi di compensazione tradizionali, i quali solitamente certificano sia crediti di compensazione generati da progetti volti a ridurre l'anidride carbonica presente nell'atmosfera, sia crediti che attestano la rimozione di CO<sub>2</sub>.

La Figura 2.1 mostra la dimensione del mercato globale che si occupa unicamente della rimozione della CO<sub>2</sub> in confronto alle dimensioni degli altri mercati globali del carbonio nel 2021.

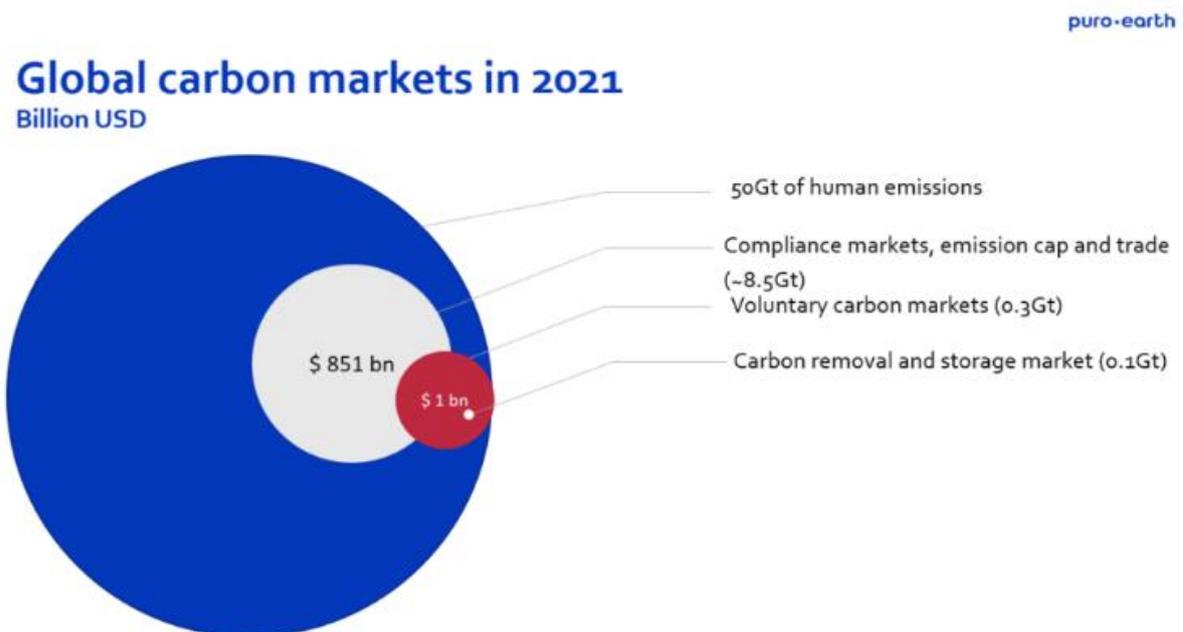


Figura 2.1: Mercati globali del carbonio nel 2021

Fonte: <https://www.energymonitor.ai/carbon-removal/puro-earth-how-to-verify-carbon-removals/?cf-view>

Negli anni successivi, il mercato della rimozione dell'anidride carbonica ha registrato una notevole espansione, con una crescita straordinaria nel 2023, superiore a quella di qualsiasi anno precedente, grazie anche all'influenza di politiche come l'Inflation Reduction Act negli Stati Uniti.

Nel 2024 all'interno del mercato volontario il maggior numero di crediti di rimozione del carbonio è stato emesso da un fornitore registrato nel Puro Registry, quindi conforme allo Standard Puro (157.000 tonnellate)<sup>20</sup>.

Con l'aumento della pressione globale per il raggiungimento degli obiettivi climatici fissati dall'Accordo di Parigi, il mercato della rimozione del carbonio è destinato a crescere esponenzialmente nei prossimi anni. Le iniziative politiche, come il Green Deal europeo e le nuove regolamentazioni sul carbonio, favoriranno una domanda sempre maggiore di crediti di rimozione certificati.

Puro.Earth per certificare l'effettivo contributo alla lotta al cambiamento climatico emette i crediti di chiamati CORC (CO<sub>2</sub> Removal Certificates), i quali rappresentano una tonnellata di CO<sub>2</sub> rimossa e immagazzinata in modo permanente.

Questa piattaforma di certificazione, a differenza delle concorrenti, sta crescendo rapidamente, in particolare a seguito del 2021 quando il Nasdaq ha acquisito una quota di maggioranza in Puro.Earth, che ha portato ad un aumento del 500% della domanda dei CORC<sup>21</sup>. La forte crescita di questo ente è soprattutto dovuta alla qualità dei processi di monitoraggio, reporting e verifica che risultano essere tra i più solidi del settore. In questo modo Puro.Earth garantisce ai suoi acquirenti rimozioni di carbonio reali e a lungo termine evitando loro ulteriori acquisti di crediti nel tempo.

---

<sup>20</sup> <https://puro.earth/blog/our-blog/Puro-Celebrates-Half-a-Decade>

<sup>21</sup> <https://www.energymonitor.ai/carbon-removal/puro-earth-how-to-verify-carbon-removals/?cf-view&cf-closed>

## 2.2 Registro

Puro.Earth per garantire il massimo della trasparenza, tracciabilità e integrità, nei primi mesi del 2022<sup>22</sup> ha reso pubblica la visualizzazione del loro registro Puro Registry, esso contiene tutte le informazioni relative ai certificati rilasciati che attestano la rimozione della CO<sub>2</sub> presente nell'atmosfera. Questa decisione è stata presa anche per contrastare la diffusione dell'idea comune sulla cattiva reputazione relativa alla qualità dei mercati volontari del carbonio, dato che questo mercato si sta espandendo velocemente ma manca la trasparenza come è stato discusso ampiamente nel Capitolo 1.

Questo ente certificatore soddisfa le linee guida stabilite dalle organizzazioni Voluntary Carbon Markets Integrity Initiative e ICROA, al fine di garantire maggior trasparenza, difatti all'interno del registro è riportato il ciclo di vita completo del credito di rimozione del carbonio, a partire dall'emissione fino al ritiro.

Inoltre, ogni certificato ha un identificativo univoco, in questo modo è stato possibile limitare la pratica scorretta dei "doppi conteggi".

Ad oggi, il Puro Registry ha registrato il ritiro di 216.801 CORC da aziende in tutto il mondo<sup>23</sup>, e sono state rimosse in totale 737.497 tonnellate CO<sub>2</sub><sup>24</sup>.

Per garantire ulteriore integrità e trasparenza nell'ottobre del 2021 è stata istituita un'entità indipendente chiamata Advisory Board<sup>25</sup>, un gruppo di esperti del settore e scienziati (tra cui il Professor Myles Allen dell'Università di Oxford) che ha il compito di stabilire le regole e gestire gli standard di certificazione dello Standard Puro.

Lo Standard Puro è la piattaforma di accreditamento leader al mondo per la rimozione ingegnerizzata del carbonio.

Il Consiglio di amministrazione di Puro.Earth ha autorizzato l'Advisory Board non solo a gestire in modo indipendente lo Standard Puro e le regole di accreditamento, ma anche in caso di necessità ad effettuare modifiche sia Standard Puro che alle regole di accreditamento, per tenerlo il più aggiornato possibile.

---

<sup>22</sup> <https://puro.earth/blog/our-blog/puro-registry-the-first-public-registry-dedicated-to-carbon-removal-and-corc>

<sup>23</sup> <https://puro.earth/blog/our-blog/Puro-Celebrates-Half-a-Decade>

<sup>24</sup> Dati aggiornati a marzo 2024 <https://puro.earth/puro-earth-in-media>

<sup>25</sup> <https://puro.earth/about?p=puro-advisory-board>

Oltre a contribuire concretamente alla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, l'adesione a piattaforme come Puro.Earth offre alle aziende un vantaggio competitivo significativo. Infatti, la partecipazione a un mercato trasparente e certificato non solo migliora la reputazione aziendale agli occhi degli stakeholder, ma consente anche di prepararsi all'adozione di politiche ambientali più rigorose in ambito internazionale.

## 2.3 Metodi di rimozione della CO<sub>2</sub>

I certificati CORC si basano su metodologie di quantificazione scientifiche definite dallo Standard Puro.

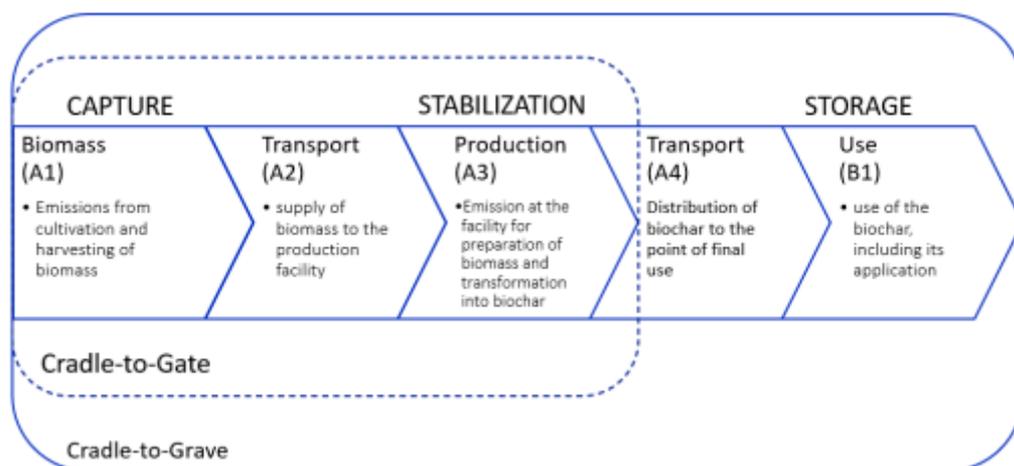
Puro.Earth certifica la rimozione del carbonio attraverso cinque metodologie<sup>26</sup>:

### 2.3.1 Biochar

Questa è la prima metodologia di certificazione per la rimozione del carbonio introdotta da Puro.Earth da quando è stato fondato nel 2019.

Il biochar si ottiene riscaldando biomassa o rifiuti organici ad alte temperature in assenza di ossigeno, attraverso un processo chiamato pirolisi, ciò che si ottiene è una forma solida e molto stabile di carbonio, che può durare nel suolo per centinaia o migliaia di anni; quindi, attraverso la produzione di biochar è possibile ottenere la rimozione della CO<sub>2</sub> per un periodo anche superiore a cento anni.

Nella Figura 2.2 è riportato il processo che porta all'immagazzinamento del biochar.



<sup>26</sup> <https://puro.earth/carbon-removal-methods>

Figura 2.2: Processo di immagazzinamento del biochar

Fonte:

<https://7518557.fs1.hubspotusercontentna1.net/hubfs/7518557/Supplier%20Documents/Puro.earth%20Biochar%20Methodology.pdf>

### 2.3.2 Carbonio immagazzinato geologicamente (GSC)

Questo metodo consiste nella cattura dell'anidride carbonica presente nell'atmosfera, successivamente essa viene trasportata e stoccata in formazioni geologiche sotterranee, dove viene intrappolata da strati rocciosi impermeabili. Infine, per perseguire l'obiettivo di rimozione definitiva avvengono processi chimici e fisici che ne garantiscono il contenimento sicuro. Il processo è rappresentato nella Figura 2.3.



Figura 2.3: Processo della cattura e dello stoccaggio del carbonio

Fonte: <https://vajiramandravi.com/upsc-daily-current-affairs/prelims-pointers/ccs-prelims/>

### 2.3.3 Materiali carbonati

Questa metodologia prevede la rimozione della CO<sub>2</sub> in modo permanente, attraverso una reazione chimica definita carbonatazione, che avviene tra CO<sub>2</sub> e idrossidi in presenza di acqua, e porta alla formazione di minerali carbonati ionici, i quali sono in grado di immagazzinare l'anidride carbonica per moltissimo tempo. Inoltre, questa reazione è considerata irreversibile, per questo è possibile affermare che la rimozione dell'anidride carbonica è definitiva.

La Figura 2.4 riporta una schematizzazione che porta alla produzione dei materiali carbonati.

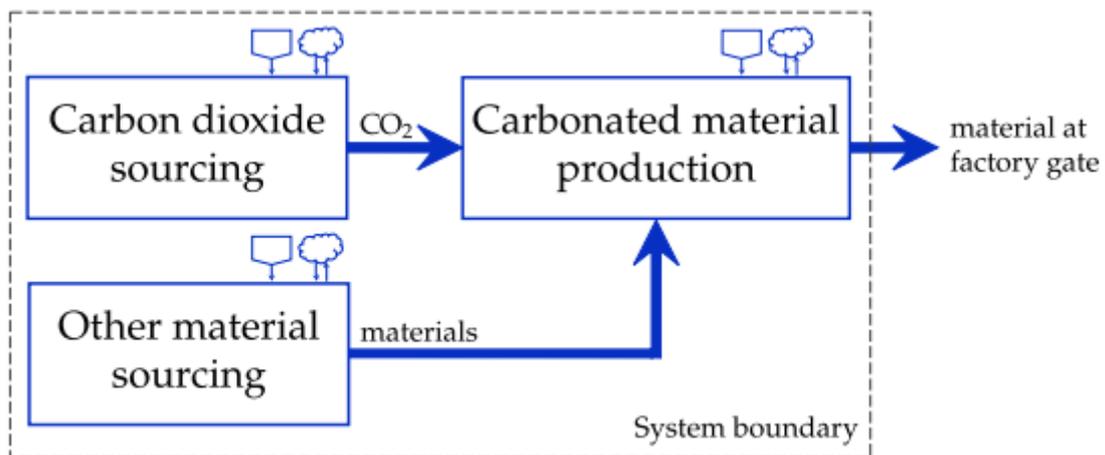


Figura 2.4: Produzione materiali carbonati

Fonte: <https://7518557.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/7518557/Supplier%20Documents/Puro.earth%20Carbonated%20Materials%20Methodology.pdf>

### 2.3.4 Erosione avanzata delle rocce

Puro.Earth ha sviluppato la prima metodologia di accreditamento del carbonio per l'erosione avanzata delle rocce (ERW).

In natura, le rocce e i minerali assorbono l'anidride carbonica presente nell'atmosfera attraverso un processo chiamato degradazione meteorica. Attraverso questo processo la CO<sub>2</sub> si dissolve prima nell'acqua, come la pioggia, e successivamente quest'acqua carbonata entra in contatto con le rocce, reagendo con i minerali in esse contenuti.

Questo porta alla dissoluzione lenta dei minerali e alla trasformazione dell'anidride carbonica in altre molecole, evitando in questo modo che essa ritorni nell'atmosfera.

L'ERW è un processo che velocizza l'erosione naturale delle rocce che solitamente richiede migliaia di anni, favorendo queste trasformazioni chimiche naturali distribuendo rocce frantumate o altri minerali sul terreno.

Il processo è rappresentato nella Figura 2.5.

## How enhanced rock weathering works

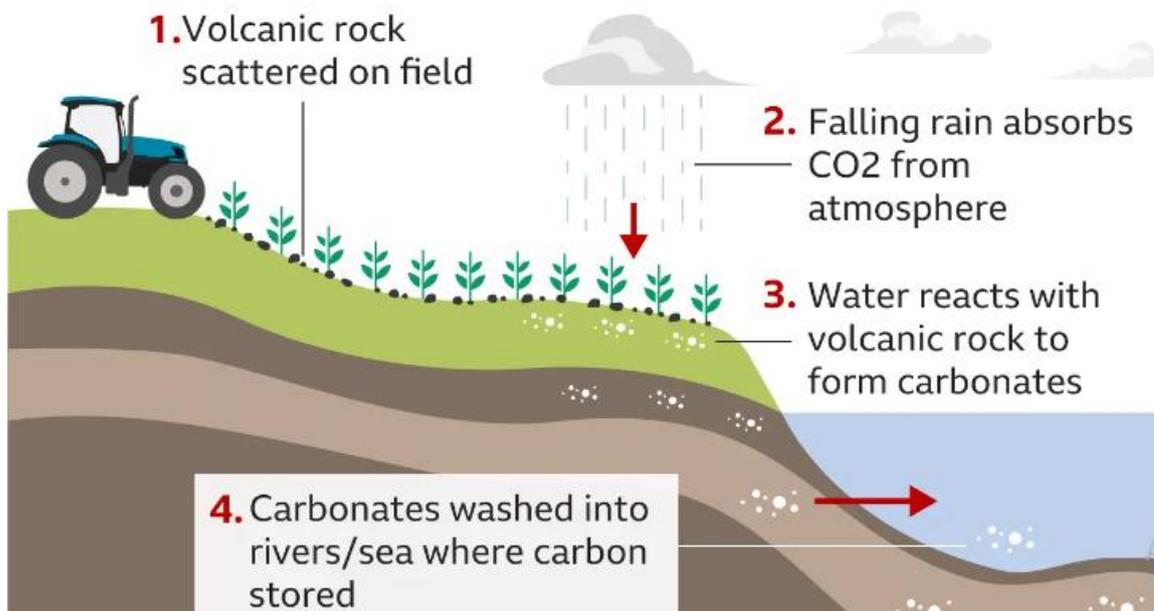


Figura 2.5: Processo relativo all'erosione avanzata delle rocce

Fonte: <https://www.bbc.com/news/science-environment-65648361>

### 2.3.5 Stoccaggio terrestre della biomassa

Si tratta di un approccio innovativo su larga scala e a basso costo, che permette di mantenere il carbonio intrappolato per un minimo di cento anni.

La tecnologia consiste in un primo momento nell'immagazzinamento, e successivamente nel seppellire la biomassa contenete lignina in apposite fosse sotterranee progettate per inibire la decomposizione, come mostra la Figura 2.6.

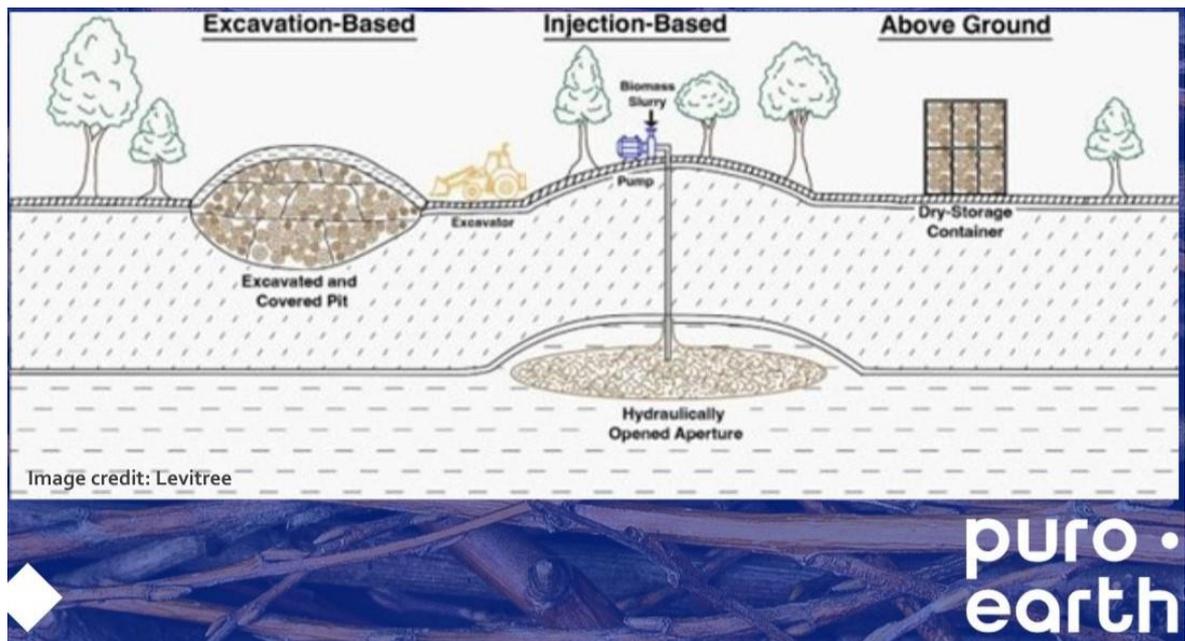


Figura 2.6: Stoccaggio terrestre di biomassa

Fonte: [https://www.linkedin.com/posts/puro-earth\\_after-a-pilot-and-public-consultation-today-activity-7125866998793670657-l8Tt/](https://www.linkedin.com/posts/puro-earth_after-a-pilot-and-public-consultation-today-activity-7125866998793670657-l8Tt/)

## 2.4 Processo di certificazione

Affinché siano rilasciati i crediti CORC che certificano la reale riduzione di CO<sub>2</sub> secondo lo Standard Puro, i fornitori di soluzioni di rimozione del carbonio, ossia le aziende che offrono diversi metodi per catturare e immagazzinare l'anidride carbonica, devono affrontare un rigoroso processo di verifica. Questo controllo viene svolto da parte di organismi di convalida e verifica di terze parti (VVB).

Inoltre, il numero di crediti emessi per ogni progetto varia in base alla produzione degli impianti di produzione dei fornitori, e non viene unicamente definito dai fornitori registrati nel Puro Registry, ma viene verificato da terze parti.

Il processo di verifica è composto dai seguenti step<sup>27</sup>:

1. Inizialmente, il fornitore deve presentare i documenti che attestano che i suoi prodotti o processi abbiano rimosso una quantità di anidride carbonica maggiore rispetto a quella emessa, ciò avviene attraverso evidenze come la valutazione del ciclo di vita (LCA) o la dichiarazione ambientale di prodotto (EPD).

<sup>27</sup> <https://puro.earth/puro-standard-carbon-removal-credits>

2. In seguito, basandosi su questi documenti, la conformità ai requisiti dello Standard Puro viene verificata da valutatori indipendenti, i quali ispezionano l'impianto di produzione, verificano l'accuratezza dei dati e rilasciano una dichiarazione di verifica. Per garantire l'indipendenza del processo, i costi di verifica sono sostenuti da Puro.Earth e non dal fornitore.
3. Successivamente vengono rilasciati i certificati di rimozione della CO<sub>2</sub> (CORC), ogni CORC certifica una tonnellata di CO<sub>2</sub> rimossa e immagazzinata.
4. Infine, i fornitori possono decidere dove vendere i CORC; sul mercato, ai broker, o anche direttamente alle aziende che intendono compensare le proprie emissioni di carbonio per raggiungere l'obiettivo di Net Zero.

Nella Figura 2.7 è schematizzato il processo di certificazione secondo lo Standard Puro.

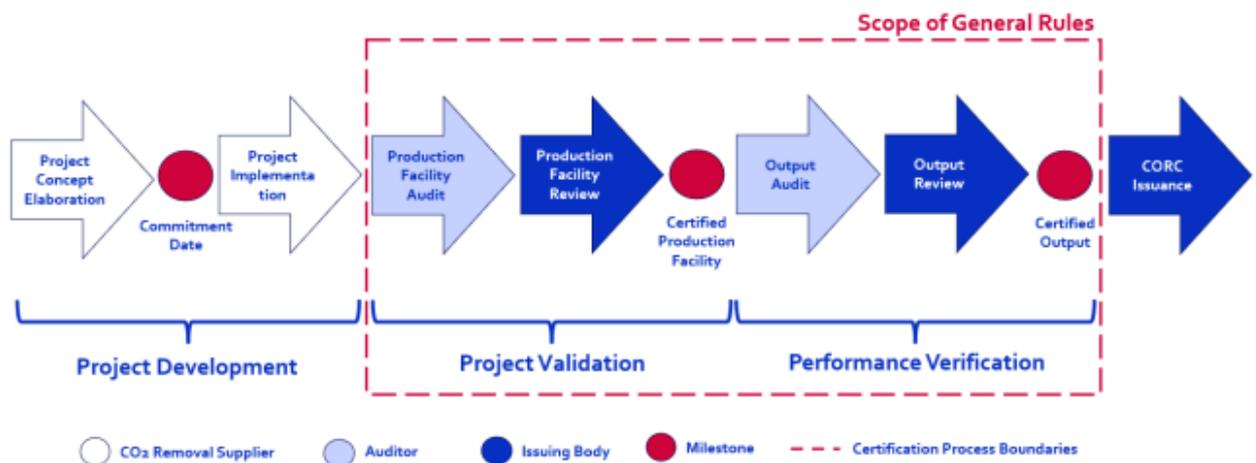


Figura 2.7: *Processo di certificazione in base allo Standard Puro*

Fonte: [https://7518557.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/7518557/General%20Rules/Puro.earth\\_General-Rules\\_v.4.0.pdf](https://7518557.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/7518557/General%20Rules/Puro.earth_General-Rules_v.4.0.pdf)

### 2.4.1 Metodologia utilizzata da Puro.Earth

Come menzionato nel Paragrafo 2.3.1, il biochar viene prodotto tramite il processo di pirolisi.

La metodologia di accreditamento del carbonio per i progetti legati al biochar di Puro.Earth<sup>28</sup> è stata creata nel 2019, ed è successivamente stata aggiornata nel 2022 per integrare le più recenti scoperte scientifiche.

Nella metodologia utilizzata da Puro.Earth un'attività è considerata idonea se è in grado di produrre biochar che garantisce la rimozione della CO<sub>2</sub> per un periodo superiore a cento anni, nella Figura 2.8 sono riportati i principali fattori che lo permettono.

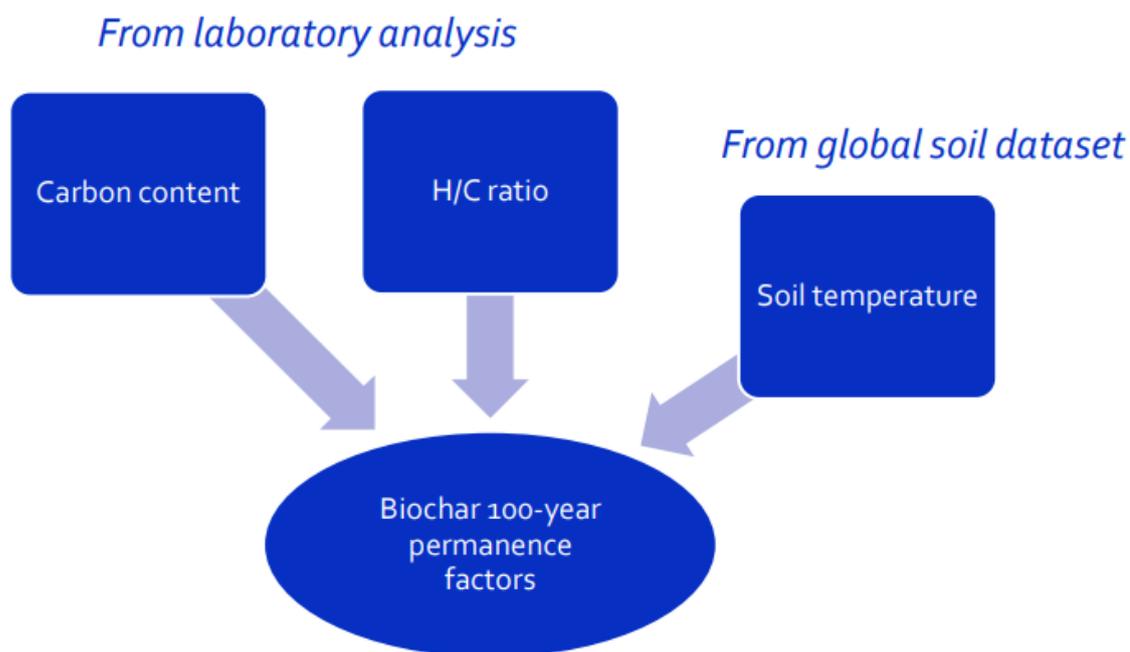


Figura 2.8: Fattori fondamentali per la produzione di biochar

Fonte: [https://climate.ec.europa.eu/document/download/b5bf9eef-b4c8-4adc-bf72-7b06537d5d06\\_en?filename=event\\_20231025\\_presentations\\_2\\_en.pdf&prefLang=ro](https://climate.ec.europa.eu/document/download/b5bf9eef-b4c8-4adc-bf72-7b06537d5d06_en?filename=event_20231025_presentations_2_en.pdf&prefLang=ro)

I **requisiti** che le attività devono soddisfare per essere considerate idonee a questa metodologia sono i seguenti:

1. Il biochar deve essere utilizzato in modo tale che vengano conservate la sua capacità di stoccaggio del carbonio, non deve essere quindi utilizzato in applicazioni che distruggono questa sua proprietà.

<sup>28</sup> <https://7518557.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/7518557/Supplier%20Documents/Puro.earth%20Biochar%20Methodology.pdf>

2. Il biochar deve essere prodotto da biomassa sostenibile: biomassa proveniente da fonti sostenibili o biomassa di scarto come rifiuti biologici, rifiuti biodegradabili, rifiuti urbani di legno o scarti alimentari.
3. Il produttore deve dimostrare che l'intero ciclo di vita del biochar (produzione, uso e approvvigionamento della biomassa) risulti "carbon negative", utilizzando una valutazione del ciclo di vita (LCA) conforme alle norme ISO 14040/44.
4. Nel processo di produzione del biochar, è permesso l'utilizzo di combustibili fossili come il carbone, il petrolio o il gas naturale per attività quali l'accensione, il preriscaldamento o il riscaldamento del reattore di pirolisi. Non è possibile però effettuare la combustione tra biomassa e combustibili fossili nella stessa camera di reazione, poiché ciò potrebbe contaminare il biochar. Le emissioni di gas climalteranti derivanti dall'uso di questi combustibili devono essere considerate nell'analisi del ciclo di vita (LCA), analogamente a quanto previsto per altre fonti di energia e materiali impiegati nel processo produttivo.
5. Durante la produzione del biochar, i gas di pirolisi devono essere trattati per ridurre al minimo le emissioni di metano, per essere poi immagazzinati e riutilizzati come fonti energetiche rinnovabili.
6. Il biochar prodotto deve presentare un rapporto molare  $H/C_{org}$  inferiore a 0,7, poiché questo rapporto è un indicatore del grado di carbonizzazione e, di conseguenza, della stabilità del biochar. Valori superiori a 0,7 indicano caratteristiche non pirolitiche o insufficiente pirolisi.
7. Il biochar deve rispettare gli standard di qualità locali per l'uso previsto. In assenza di regolamentazioni il biochar prodotto deve essere valutato secondo le soglie di qualità definite dagli standard volontari, in quanto il fornitore deve essere in grado di dimostrare che le attività dell'impianto di produzione non arrechino danni significativi all'ambiente circostante o alle comunità locali. Questo può essere eseguito attraverso standard come l'European Biochar Certificate (EBC) o l'International Biochar Initiative (IBI).
8. Devono essere adottate misure di sicurezza per la gestione del biochar, come il raffreddamento post-produzione e il trattamento dei gas di scarico, per prevenire rischi di incendi o polveri pericolose.

9. L'idoneità dell'impianto di produzione viene determinata attraverso un audit dettagliato che verifica il rispetto delle linee guida della metodologia Puro.Earth.

### **Requisiti per l'audit**

L'audit è un processo di verifica dell'impianto di produzione svolto da terze parti al fine di garantire che i progetti di rimozione del carbonio di un determinato fornitore rispettino le linee guida definite dallo Standard Puro.

Il fornitore deve dimostrare che le attività dell'impianto di produzione non causano impatti negativi rilevanti sull'ambiente circostante o sulle comunità locali. Ciò può essere fatto fornendo uno o più dei seguenti documenti:

- Valutazione di impatto ambientale (VIA)
- Permesso ambientale
- Altra documentazione approvata dall'ente emittente relativa all'analisi e alla gestione degli impatti ambientali e sociali

Se possibile, è preferibile che le attività dell'impianto di produzione siano sviluppate con il consenso delle comunità locali e delle altre parti interessate. È fondamentale anche la presenza di una politica che permetta di rispondere ad eventuali reclami.

Inoltre, il fornitore deve dimostrare l'**addizionalità** dei progetti di rimozione di CO<sub>2</sub>, ovvero deve provare che gli assorbimenti di CO<sub>2</sub> sono effettivamente il risultato del finanziamento derivato dal carbon finance. Anche in presenza di un consistente supporto finanziario non legato al carbonio, un progetto può essere considerato addizionale se richiede investimenti, comporta rischi o necessita dello sviluppo di capitale umano.

Per provare l'addizionalità, il fornitore deve fornire un'analisi finanziaria completa del progetto e un'analisi controfattuale basata su linee di base specifiche del progetto, conservative e aggiornate periodicamente. Inoltre, deve dimostrare che il progetto non è imposto da leggi, regolamenti o altri obblighi vincolanti esistenti.

Il revisore dell'impianto di produzione deve accertarsi che l'impianto sia in grado di misurare e quantificare in modo accurato e affidabile la produzione di biochar.

La documentazione che esso deve raccogliere include:

- Il documento elaborato dal fornitore di rimozione della CO<sub>2</sub> che registra l'impianto di produzione
- L'estratto del registro di commercio certificato o anche un documento ufficiale simile, che attesti l'effettiva esistenza dell'organizzazione e il rispetto delle leggi del paese d'origine
- L'ubicazione dello stabilimento di produzione
- Il volume della produzione durante l'intero anno solare precedente la registrazione
- Metodo di rimozione utilizzato per il quale l'impianto è idoneo a ricevere i CORC
- La data a partire dalla quale l'impianto è idoneo a ricevere i CORC
- Se l'impianto di produzione ha beneficiato di sostegno pubblico
- Documentazione sulle misure di salvaguardia ambientale e sociale imposte

Nella Figura 2.9 sono riassunti i principali requisiti discussi precedentemente stabiliti dallo Standard Puro.



Figura 2.9: *Requisiti dello Standard Puro*

Fonte: [https://climate.ec.europa.eu/document/download/b5bf9eef-b4c8-4adc-bf72-7b06537d5d06\\_en?filename=event\\_20231025\\_presentations\\_2\\_en.pdf&prefLang=ro](https://climate.ec.europa.eu/document/download/b5bf9eef-b4c8-4adc-bf72-7b06537d5d06_en?filename=event_20231025_presentations_2_en.pdf&prefLang=ro)

I CORC emessi dal fornitore di rimozione della CO<sub>2</sub> devono essere autorizzati a rappresentare l'intera catena di approvvigionamento, dalla produzione allo stoccaggio finale, seguendo le regole previste dalla metodologia. Inoltre, i dati di verifica devono essere messi a disposizione dei revisori per tutte le fasi della catena di fornitura.

Nel momento in cui vengono emessi i CORC il biochar deve essere già stato prodotto e incorporato nel suolo o miscelato con un materiale in modo irreversibile.

#### 2.4.2 Metodologia utilizzata da VERRA

La metodologia VM0044<sup>29</sup> è lo strumento adottato da VERRA per progetti che impiegano il biochar sia in applicazioni legate al suolo sia per altri utilizzi.

Essa verrà esaminata in questo paragrafo per evidenziare le principali differenze rispetto alla metodologia adottata da Puro.Earth analizzata precedentemente.

Questa metodologia è applicabile a livello globale, e quantifica la rimozione di anidride carbonica derivante dalla conversione di biomassa di scarto in biochar presso nuovi impianti di produzione. Le applicazioni ammissibili, sia per il suolo che per altri utilizzi, includono terreni coltivati e pascoli, oltre a prodotti emergenti come il calcestruzzo modificato con biochar e materiali da costruzione.

L'attività del progetto prevede di tre fasi, come rappresenta la Figura 2.10:

1. Approvvigionamento di biomassa di scarto
2. Produzione di biochar
3. Utilizzo del biochar sia in applicazioni legate al suolo sia per altri utilizzi

Il progetto prevede l'installazione e l'operatività di uno o più nuovi impianti di produzione di biochar. I benefici in termini di riduzione dei gas serra vengono riconosciuti solo per il biochar utilizzato in applicazioni ammissibili, sia per il suolo che per altri utilizzi.

La data di inizio del progetto è definita nel momento in cui viene prodotto il biochar per la prima volta.

---

<sup>29</sup> VM0044 Methodology for Biochar Utilization in Soil and Non-Soil Applications  
<https://verra.org/wp-content/uploads/2023/07/VM0044-Methodology-for-Biochar-Utilization-in-Soil-and-Non-Soil-Applications-v1.1.pdf>

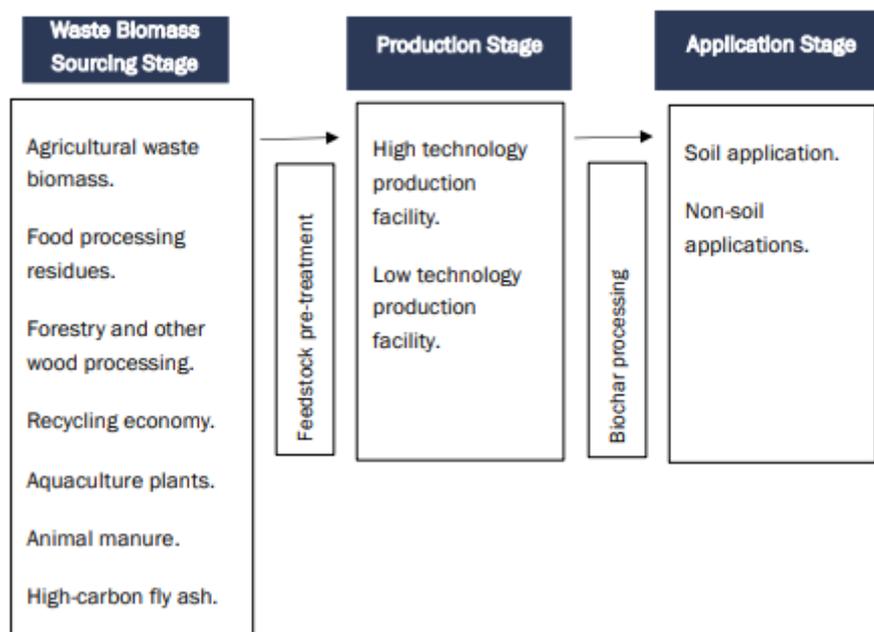


Figura 2.10: Fasi dell'attività del progetto

Fonte: <https://verra.org/wp-content/uploads/2023/07/VM0044-Methodology-for-Biochar-Utilization-in-Soil-and-Non-Soil-Applications-v1.1.pdf>

## Requisiti

I requisiti che devono essere rispettati dalle attività di progetto riguardano diversi ambiti.

In particolare:

### ➤ Ambito tecnologico:

- La metodologia si applica quando il biochar viene prodotto da biomassa di scarto idonea attraverso processi termochimici come pirolisi, gassificazione e caldaie a biomassa, con successiva applicazione del biochar in utilizzi finali (per il suolo o altri usi). Sono esclusi dalla metodologia i processi di torrefazione e carbonizzazione idrotermale.
- La metodologia è applicabile a progetti che utilizzano impianti di produzione a bassa o alta tecnologia, secondo le definizioni fornite della metodologia.
- I produttori di biochar devono implementare un programma di sicurezza e salute per tutelare i lavoratori da inquinanti presenti nell'aria e da altri potenziali rischi.

➤ **Materie prime ammissibili e produzione:**

- Il materiale di partenza per la produzione di biochar deve soddisfare tutte le seguenti condizioni per essere considerato idoneo:
  - a. Deve essere biomassa di scarto puramente biogenica e non coltivata appositamente.
  - b. Altrimenti se non rispetta il punto precedente deve essere stata lasciata degradare o bruciata per fini diversi dalla produzione di energia.
  - c. La biomassa di scarto non deve essere stata importata da altri paesi.
  - d. La biomassa deve rispettare le condizioni di sostenibilità riportate nelle linee guida<sup>30</sup> dove sono descritti nel dettaglio i criteri di sostenibilità per ciascuna categoria di approvvigionamento della biomassa.
- Il biochar prodotto da biomassa idonea, singola o mista, deve rispettare la versione più recente delle linee guida IBI o EBC.
- La biomassa di scarto e il biochar possono essere trasportati via nave o veicoli fino a 200 km, mentre per distanze superiori devono essere trasportati su strada secondo le regole del CDM Tool 12.
- Additivi minerali come calce e ceneri possono costituire fino al 10% della massa del biochar. Se si supera tale percentuale, è necessario dimostrare tramite test di laboratorio che il prodotto finale rispetta le linee guida IBI o EBC per contaminanti organici e inorganici.
- La sostenibilità della biomassa di scarto può essere dimostrata tramite schemi di certificazione come il Roundtable on Sustainable Biomaterials (RSB) o l'International Sustainability and Carbon Certification (ISCC). Oppura qualsiasi altro schema di certificazione approvato e/o supportato da un ente legislativo o internazionale competente, come l'Unione Europea, CORSIA o governi nazionali e statali.

---

<sup>30</sup> <https://verra.org/wp-content/uploads/2023/07/VM0044-Methodology-for-Biochar-Utilization-in-Soil-and-Non-Soil-Applications-v1.1.pdf>

➤ **Produzione finale del biochar:**

- Il biochar è idoneo se utilizzato entro un anno dalla produzione, poiché soggetto a decadimento. La sua permanenza è calcolata su un periodo di 100 anni.
- Il biochar può essere usato come ammendante per il suolo, eccetto nelle zone umide. È applicabile in terreni coltivati, pascoli, suoli urbani vegetati e foreste. Può essere applicato in superficie, miscelato con compost o letame, oppure nel sottosuolo, con o senza miscelazione. Per qualsiasi applicazione nel suolo, il biochar deve rispettare gli standard per evitare la contaminazione da metalli pesanti e contaminanti organici. Inoltre, deve avere un rapporto molare (H:C<sub>org</sub>) inferiore o uguale a 0,7.
- Il biochar può essere usato in applicazioni non legate al suolo, come cemento o asfalto, solo se prodotto in impianti ad alta tecnologia.
- Devono essere forniti dati credibili che dimostrino la lunga durata del prodotto finale.

La metodologia non si applica nei seguenti casi:

- Se il biochar viene usato per scopi energetici o in applicazioni dove non è possibile dimostrare che agisca come deposito duraturo di carbonio.
- Se viene utilizzato in applicazioni cui quantità sostanziali di biochar vengono ossidate.
- Se si verifica l'ossidazione o una perdita superiore al 50% del carbonio originario (misurato in base al peso secco).

È inoltre fondamentale dimostrare l'**addizionalità** dei crediti di compensazione emessi dal progetto. Questo avviene tramite attraverso un approccio standardizzato, in particolare questo metodo predefinisce l'addizionalità per determinate classi di attività di progetto utilizzando una "lista positiva". I progetti che implementano attività incluse in questa lista sono considerati automaticamente addizionali, senza necessità di ulteriori dimostrazioni.

I promotori del progetto devono seguire due fasi per determinarla:

1. **Surplus Normativo:** il promotore deve dimostrare che il progetto eccede i requisiti normativi vigenti, seguendo le indicazioni stabilite dalla versione più recente del VCS Standard e dei requisiti metodologici VCS.
2. **Lista Positiva:** le condizioni di applicabilità della metodologia rappresentano la lista positiva. Il progetto deve dimostrare di rispettare tutte le condizioni di applicabilità previste, confermando così la propria conformità alla lista positiva.

Per valutare con precisione le **rimozioni di gas serra** derivanti dalla produzione di biochar, vengono analizzate esclusivamente le componenti del framework relative alle tecnologie impiegate dopo la pirolisi, come il convogliamento dei gas attraverso un postcombustore o la reiniezione dei gas nel sistema di pirolisi per migliorare l'efficienza produttiva.

L'obiettivo principale è quello di presentare un progetto che sfrutti un impianto tecnologicamente avanzato per la produzione di biochar.

Il calcolo delle tonnellate nette di CO<sub>2</sub> sequestrate si basa sui seguenti documenti:

- CDM (2017) Methodological Tool 03<sup>31</sup>: Strumento per calcolare le emissioni di CO<sub>2</sub> del progetto o delle perdite derivanti dalla combustione di combustibili fossili
- CDM (2017) Methodological Tool 05<sup>32</sup>: Emissioni di base, di progetto e/o perdite legate al consumo di elettricità e monitoraggio della produzione elettrica
- CDM (2012) Methodological Tool 12<sup>33</sup>: Emissioni di progetto e perdite derivanti dal trasporto di merci
- CDM (2017) Methodological Tool 16<sup>34</sup>: Emissioni di progetto e perdite da biomassa

Infine, avviene il **monitoraggio**, il piano di monitoraggio ha come obiettivo principale dimostrare l'assorbimento di carbonio derivante dall'applicazione finale del biochar e quantificare le emissioni generate dallo scenario del progetto durante il periodo di accreditamento prima di ogni verifica.

Il promotore del progetto deve stabilire e applicare procedure di gestione della qualità per gestire i dati e le informazioni. Devono essere redatte procedure scritte per ciascuna fase

---

<sup>31</sup> <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-03-v3.pdf>

<sup>32</sup> <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-05-v3.0.pdf>

<sup>33</sup> <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-12-v1.1.0.pdf>

<sup>34</sup> <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-16-v4.pdf>.

di misurazione, specificando responsabilità e tempistiche (ad esempio, massa di biochar prodotta e data di produzione).

Il piano di monitoraggio deve essere sviluppato e applicato in conformità ai principi di trasparenza e accuratezza dell'ISO 14064-2, consentendo la quantificazione e la dimostrazione delle emissioni di GHG nelle tre fasi coperte dalla metodologia: approvvigionamento, produzione e applicazione.

A causa della complessità e unicità del monitoraggio delle applicazioni finali del biochar, viene fornita una lista di risorse che i promotori possono utilizzare per il monitoraggio.

Per concludere, dopo aver analizzato nel dettaglio la metodologia utilizzata da Puro.Earth e quella utilizzata da VERRA ciò che emerge è che Puro.Earth, specializzato nella rimozione di CO<sub>2</sub>, propone un processo di certificazione preciso e rigoroso. Per questo motivo risulta altamente competitivo nel settore, garantendo che ogni progetto soddisfi standard elevati di conformità.

Al contrario, la metodologia utilizzata da VERRA essendo personalizzabile risulta maggiormente flessibile dato che permette di soddisfare differenti necessità.

## 2.5 I CORC

I certificati CORC rappresentano una tonnellata di CO<sub>2</sub> rimossa e immagazzinata in modo permanente.

Nella Figura 2.11 sono rappresentati gli step che dovrà seguire un acquirente per ottenerli.

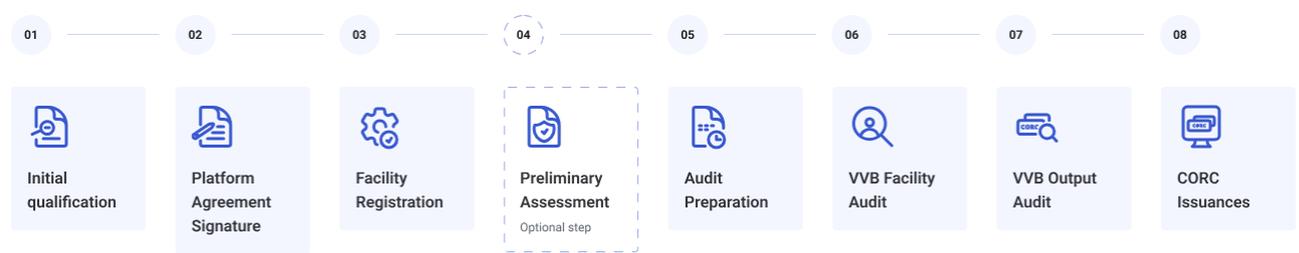


Figura 2.11: Step per ottenere la certificazione

Fonte: <https://puro.earth/certify-your-carbon-removal>

Il CORC verrà emesso sul conto del titolare come una garanzia, perché rappresenta la conferma ufficiale che una determinata quantità di anidride carbonica è stata effettivamente rimossa dall'atmosfera.

Successivamente potrà anche essere scambiato da diversi titolari, quindi da un conto ad un altro, ma nel momento in cui verrà ritirato, ossia utilizzato per compensare una quantità equivalente di emissioni di CO<sub>2</sub>, esso non potrà più essere venduto o scambiato, come rappresenta la Figura 2.12.

Ad oggi, sono state ritirate 311.583 tonnellate CO<sub>2</sub><sup>35</sup>.



Figura 2.12: *Ciclo di vita CORC*

Fonte: [https://7518557.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/7518557/General%20Rules/Puro.earth General-Rules v.4.0.pdf](https://7518557.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/7518557/General%20Rules/Puro.earth%20General-Rules%20v.4.0.pdf)

### 2.5.1 Come acquistare i CORC

Per le aziende interessate al raggiungimento del loro obiettivo di neutralità climatica l'acquisto dei crediti CORC può avvenire in due modi differenti<sup>36</sup>.

Nel primo caso l'acquisto avviene direttamente in base alla disponibilità degli inventari dei fornitori già verificati secondo lo Standard Puro, attualmente i fornitori registrati sono 187<sup>37</sup>.

<sup>35</sup> Dati aggiornati a marzo 2024 <https://puro.earth/puro-earth-in-media>

<sup>36</sup> <https://puro.earth/buy-carbon-credits>

<sup>37</sup> Dati aggiornati a marzo 2024 <https://puro.earth/puro-earth-in-media>

In alternativa, è possibile l'acquisto di futuri crediti CORC. In questo caso l'acquirente accetta di acquistare CORC da una futura emissione ad un prezzo concordato in precedenza, supportando in questo modo la crescita di tecnologie per la rimozione del carbonio.

## 2.5.2 Calcolo CORC

Nella Figura 2.13 è rappresentata l'equazione per calcolare la quantità di CORC fornita dall'attività di produzione di biochar in un dato periodo di rendicontazione.

L'unità di tonnellate si riferisce alle tonnellate metriche (ad esempio 1000 kg).

Tutti i termini sono conteggiati come positivi.

$$CORCs = E_{stored} - E_{biomass} - E_{production} - E_{use}$$

	$E_{stored}$	$E_{biomass}$	$E_{production}$	$E_{use}$
<b>Description</b>	Amount of net CO <sub>2</sub> -eq removed over 100-year period by the biochar production activity	Amount of CO <sub>2</sub> sequestered over a 100-year time horizon by the amount of biochar produced over the reporting period.	Life cycle greenhouse gas emissions arising from the production and supply of biomass to the production facility, including direct land use changes.	Life cycle greenhouse gas emissions arising from the transformation of the biomass into biochar, at the producing facility.
<b>Unit</b>	tonnes CO <sub>2</sub> -eq	tonnes CO <sub>2</sub> -eq	tonnes CO <sub>2</sub> -eq	tonnes CO <sub>2</sub> -eq

Figura 2.13: Equazione per calcolare la quantità di CORC

Fonte: <https://7518557.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/7518557/Supplier%20Documents/Puro.earth%20Biochar%20Methodology.pdf>

Nello specifico, i termini dell'equazione rappresentano:

- $E_{biomass}$ : descrive le emissioni di gas serra del ciclo di vita derivanti dalla produzione e dalla fornitura di biomassa all'impianto di produzione, inclusi i cambiamenti diretti nell'uso del suolo
- $E_{production}$ : rappresenta le emissioni di gas serra del ciclo di vita derivanti dalla trasformazione della biomassa in biochar presso l'impianto di produzione
- $E_{use}$ : indica le emissioni di gas serra del ciclo di vita che si verificano lungo la distribuzione del biochar fino al suo punto di utilizzo finale

- $E_{stored}$ : indica la quantità di anidride carbonica sequestrata in un orizzonte temporale di cento anni. Il suo valore si ottiene dalla formula riportata nella Figura 2.14

### Biochar carbon storage

$$E_{stored} = M \times DM \times C_{org} \times F_{perm}^{T_s, H/C} \times \frac{44}{12}$$

Dry mass
Organic carbon %
Permanence Factor %
Convert C to CO<sub>2</sub>

$$F_{perm}^{T_s, H/C} = c_{T_s} - m_{T_s} \times H/C_{org} \text{ (Woolf et al. 2021)}$$

Figura 2.14: Formula per il calcolo del parametro  $E_{stored}$

Fonte: [https://climate.ec.europa.eu/document/download/b5bf9eef-b4c8-4adc-bf72-7b06537d5d06\\_en?filename=event\\_20231025\\_presentations\\_2\\_en.pdf&prefLang=ro](https://climate.ec.europa.eu/document/download/b5bf9eef-b4c8-4adc-bf72-7b06537d5d06_en?filename=event_20231025_presentations_2_en.pdf&prefLang=ro)

I parametri di queste formule indicano:

- $M \times DM$ : è la quantità di biochar prodotta nel periodo di riferimento in tonnellate metriche secche. È fondamentale escludere qualsiasi contenuto di umidità, poiché la potrebbe causare una sovrastima del carbonio effettivamente sequestrato
- $C_{org}$ : è il contenuto di carbonio organico del biochar prodotto, è espresso in peso secco
- $F_p^{T_s, H/C}$ : è il fattore di permanenza del carbonio organico del biochar, in un dato orizzonte temporale  $T_H$ , in un dato terreno a temperatura  $T_s$ . È anche noto come stabilità del carbonio del biochar ed è espresso in percentuale
- Il fattore 44/12 rappresenta il rapporto tra la massa molare dell'anidride carbonica e quella del carbonio

## 2.6 Costi e indici

Puro.Earth a partire da ottobre 2024 offre una nuova struttura per i **costi** di certificazione semplice e trasparente, composta in questo modo:

- Una quota annuale di 1.400€ per un periodo di 12 mesi, a partire dalla data della firma.

- Tariffa di servizio, pagata dal fornitore al primo scambio dei CORC. La tariffa è fissa per ogni CORC e si basa sul volume cumulativo di CORC riportato negli ultimi 12 mesi. Il costo per CORC diminuisce man mano che aumenta il volume annuo di produzione.
- Per chi paga la tariffa di servizio al momento dell'emissione è previsto uno sconto del 5%.
- Viene applicata una commissione di 0,25€ per ogni CORC ritirato.
- Inoltre, viene applicato un costo aggiuntivo per metodologie più complesse da quantificare e verificare.
- Infine, viene applicata una tariffa di 2.000€ all'anno per impianto, per la gestione di volumi aggregati.

I costi appena definiti sono riportati nello schema rappresentato nella Figura 2.15.

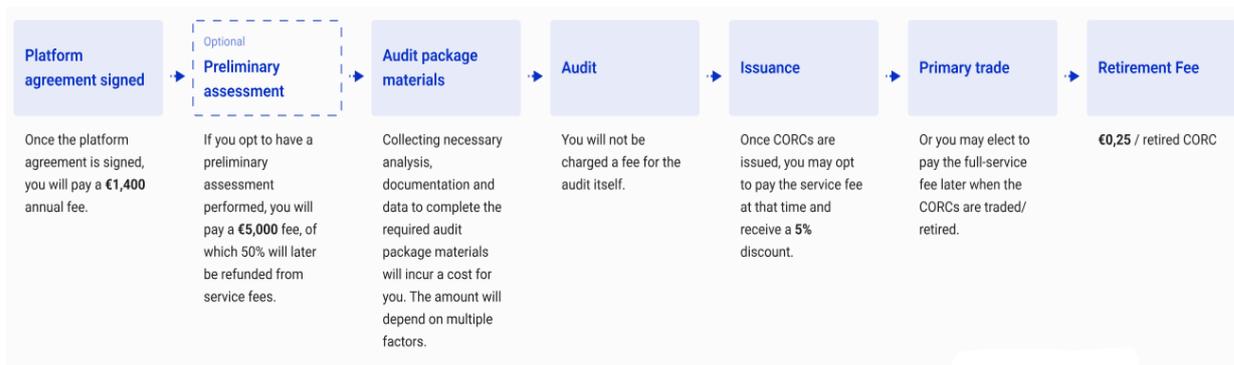


Figura 2.15: Cronologia dei costi

Fonte: <https://puro.earth/fees>

Per rispondere all'esigenza delle aziende di comprendere e conoscere il vero costo della neutralizzazione delle proprie emissioni Puro.Earth ha collaborato con Nasdaq per creare degli **indici**<sup>38</sup> che permettono di tracciare il prezzo del sequestro del carbonio tramite la rimozione ingegnerizzata del carbonio.

Questi indici sono definiti Carbon Removal Price Index Family; tra questi vi è un indice chiamato CORC Carbon Removal Price Index (o CORX), ossia un indice composito che monitora il prezzo di tutte le transazioni relative ai certificati CORC, e rappresenta il prezzo medio ponderato dei crediti emessi in conformità con lo standard Puro.

<sup>38</sup> <https://puro.earth/corc-carbon-removal-indexes>

Inoltre, esiste un indice separato specifico per il biochar chiamato CORC Biochar Price Index (o CORCCHAR), esso monitora il prezzo dei crediti di rimozione del carbonio associati al biochar nel mercato Puro.Earth.

Per entrambi gli indici l'unità di misura è l'euro (EUR).

Nella Figura 2.16 sono riportati i valori relativi attuali degli indici precedentemente citati, mentre nella Figura 2.17 è riportato il loro andamento nel tempo.

	July 2024	1 Month change		6 Month change		YTD change	
	EUR	EUR	%	EUR	%	EUR	%
CORC Carbon Removal Price Index CORX	135.00	(4.41)	-3.17%	(2.81)	-2.04%	(2.81)	-2.04%
CORC Biochar Price Index CORCCHAR	135.00	(4.41)	-3.17%	(2.81)	-2.04%	(2.81)	-2.04%

Figura 2.16: Valori attuali degli indici CORX e CORCCHAR

Fonte: <https://puro.earth/corc-carbon-removal-indexes>

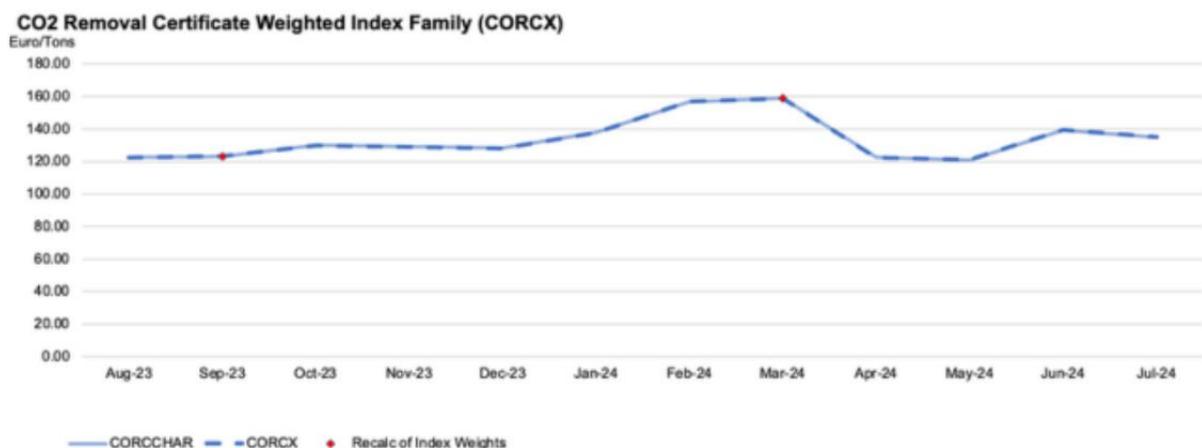


Figura 2.17: Andamento degli indici CORX e CORCCHAR

Fonte: <https://puro.earth/corc-carbon-removal-indexes>

### Capitolo 3 – Analisi dei dati

Nella seguente sezione verrà effettuato un approfondimento sul registro di Puro.Earth.

Come accennato nel Capitolo 2, il Puro Registry<sup>39</sup> rappresenta una piattaforma innovativa e affidabile dedicata alla gestione e alla certificazione di crediti di rimozione del carbonio.

Esso è stato fondato con l'obiettivo di incentivare soluzioni di cattura e stoccaggio del carbonio, Puro.Earth si distingue per il suo impegno nel promuovere pratiche che riducono in maniera tangibile la concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera. Attraverso il suo registro, l'azienda certifica i crediti derivanti da attività come la biochar, la cattura del carbonio nel suolo e altre tecnologie avanzate di sequestro del carbonio, fornendo la massima trasparenza e tracciabilità per le aziende e gli individui che desiderano compensare le proprie emissioni, trattandosi di un registro pubblico.

Sul Puro Registry sono presenti sia i Certificati di Rimozione di CO<sub>2</sub> (CORC) che sono stati ritirati che i progetti che li hanno emessi. I CORC vengono ritirati quando il beneficiario dichiara di aver raggiunto la neutralità carbonica, attestata dalle proprietà di sequestro del carbonio associate a questi certificati.

Le metodologie utilizzate da Puro.Earth sono basate su dati scientifici e utilizzano un'analisi del ciclo di vita (LCA) per monitorare le emissioni e il carbonio immagazzinato.

Il carbonio rimosso è calcolato come la differenza tra il carbonio sequestrato e le emissioni generate durante il processo.

La verifica del carbonio sequestrato viene eseguita annualmente da un revisore indipendente, utilizzando analisi e misurazioni di laboratorio per garantire che le dichiarazioni di negatività netta siano conformi alle metodologie basate sullo Standard Puro.

I dati presenti all'interno del registro vengono aggiornati quotidianamente, quelli che verranno analizzati in seguito sono aggiornati al 24 settembre 2024.

---

<sup>39</sup> <https://registry.puro.earth/carbon-sequestration/retirements>

### 3.1 Descrizione database

In seguito, verranno descritti i campi presenti all'interno del Puro Registry, i quali permettono una gestione precisa, trasparente e verificabile dei crediti di carbonio, supportando il funzionamento e l'affidabilità del mercato volontario della rimozione del carbonio.

I campi riportati sono:

- **Date:** fa riferimento alla data in cui i progetti vengono ritirati, questo avviene quando un'azienda utilizza tali certificati per dimostrare di aver neutralizzato totalmente o anche solo in parte le emissioni di CO<sub>2</sub>.
- **Number of Credits:** in questo campo viene indicato il numero di crediti di rimozione del carbonio ritirati per ogni progetto. Ogni CORC corrisponde a una tonnellata di CO<sub>2</sub> rimossa dall'atmosfera secondo lo Standard Puro, di conseguenza questa sezione consente di quantificare il volume di anidride carbonica sequestrato o compensato da un determinato progetto.
- **Certificates:** in questa sezione viene indicato il certificato associato ai crediti ritirati, questo è un documento ufficiale che attesta la rimozione di una determinata quantità di CO<sub>2</sub> e garantisce che essa sia stata verificata secondo le metodologie riconosciute. I certificati fungono da prova tangibile dell'azione di compensazione e sono fondamentali per la trasparenza.
- **Credit Type:** qui viene specificato il tipo di credito di rimozione del carbonio emesso da ogni progetto, questo dipende dalla tecnologia o dal metodo utilizzato per sequestrare l'anidride carbonica.
- **Methodology:** in questo campo viene indicato per ogni progetto presente la metodologia standardizzata e approvata da Puro.Earth per garantire la trasparenza e la coerenza delle emissioni di crediti.  
  
Come è stato ampiamente approfondito nel paragrafo 2.3 Puro.Earth certifica la rimozione del carbonio attraverso cinque metodologie che sono: biochar, carbonio immagazzinato geologicamente (GSC), materiali carbonati, erosione avanzata delle rocce e stoccaggio terrestre della biomassa.
- **Beneficiary:** in questa sezione viene indicato il nome dell'organizzazione o della persona che ha beneficiato del ritiro dei crediti.

Il beneficiario è solitamente l'ente che ha acquistato i crediti per compensare le proprie emissioni, e il suo nome viene registrato per garantire una maggiore trasparenza.

- **Retirement Purpose:** qui viene descritta la motivazione per cui i crediti sono stati ritirati. I crediti possono essere ritirati per diversi scopi, tra cui la compensazione volontaria delle emissioni aziendali, il rispetto di requisiti normativi o per iniziative di sostenibilità. Questa sezione aiuta a comprendere il contesto in cui i crediti sono stati utilizzati.
- **Country of Consumption:** indica il paese in cui i crediti sono stati consumati o ritirati. È il paese dove l'organizzazione sta utilizzando i crediti per compensare le proprie emissioni di CO<sub>2</sub>. È utile per tracciare la distribuzione geografica delle compensazioni di carbonio e per capire dove le organizzazioni stanno utilizzando questi crediti per raggiungere i propri obiettivi di riduzione delle emissioni. Ad esempio, se un'azienda italiana acquista crediti di carbonio per compensare le proprie emissioni, il "country of consumption" sarà l'Italia, anche se il progetto che genera i crediti di carbonio è localizzato altrove.
- **Project Country:** indica il paese in cui si svolge effettivamente il progetto che genera i crediti di carbonio; quindi, viene riportato il luogo fisico dove viene realizzata l'iniziativa di sequestro di CO<sub>2</sub> come può essere ad esempio un progetto di riforestazione o di energia rinnovabile. In questo caso se il progetto è una riforestazione in Brasile, il "project country" sarà il Brasile.  
  
Il luogo del progetto è rilevante in quanto può influenzare le condizioni ambientali e tecnologiche con cui viene implementata la rimozione dell'anidride carbonica.
- **Project Name:** in questo campo è riportato il nome del progetto, esso consente di identificarlo facilmente ed univocamente, in questo modo sarà possibile accedere a informazioni dettagliate su di esso con facilità.
- **Retirement ID:** questo è un identificativo univoco assegnato al ritiro di ciascun credito di rimozione del carbonio. L'ID di ritiro serve a tracciare in modo specifico e trasparente ogni transazione di compensazione, garantendo che il credito non possa essere utilizzato più di una volta e fornendo una documentazione chiara del processo.

## 3.2 Analisi dei dati

Per effettuare le successive analisi è stato utilizzato il database contenente i dati scaricati dal sito ufficiale di Puro.Earth<sup>40</sup>.

I dati utilizzati si riferiscono ai ritiri avvenuti nel periodo temporale che va dal 27 giugno del 2019 al 24 settembre 2024, per un totale di 1072 ritiri.

### 3.2.1 Mappatura delle aree in cui vengono realizzati i progetti

Utilizzando il software Tableau è stato possibile mappare il numero di progetti realizzati per ogni Paese, come mostra la Figura 3.1.



Figura 3.1: Numero di progetti realizzati in ogni Paese

Come evidenziato nella Figura 3.1 il Paese dove vengono effettuati più progetti in assoluto che rispettano le linee guida definite dallo Standard Puro sono gli United States of America, dato che risultano registrati 13 progetti. Al secondo posto si classifica la Finlandia con 8 progetti, seguita dalla Norvegia con 5.

<sup>40</sup> <https://registry.puro.earth/carbon-sequestration/retirements>

Se, utilizzando lo stesso software, si conduce un'analisi più approfondita che considera non solo il numero di progetti realizzati in ciascun Paese presenti nel registro, ma anche la somma totale dei crediti di rimozione ritirati dai progetti registrati per ogni Stato, ciò che si ottiene è rappresentato nella Figura 3.2.



Figura 3.2: Somma del numero di crediti di compensazione ritirati per ogni Paese in cui sono registrati progetti in accordo con le linee guida dello Standard Puro

Anche dall'analisi rappresentata nella Figura 3.2 risultano al primo posto gli United States of America. Questo indica che, considerando solo la somma totale dei crediti ritirati dai progetti registrati nel Puro Registry per ogni Paese, gli United States of America sono quelli che presentano il numero maggiore, con 137.732 crediti.

Infatti, risulta realizzata negli United States of America in data 05/03/2024, la registrazione del ritiro più corposo in assoluto effettuato su Puro.Earth, con un totale di 44276 crediti di compensazione ritirati.

La Finlandia anche in questo scenario si classifica al secondo posto con un totale di 87.209 crediti.

Seguita da Brasile e Bolivia, per i quali nonostante risultino un numero di ritiri relativamente modesto rispetto ad altri Paesi, si distinguono per la dimensione di questi,

dal momento che da essi vengono rilasciati molti crediti, in particolare sono stati registrati all'interno del Puro Registry il ritiro di rispettivamente 54.074 e 40.438 crediti.

Invece, la Norvegia che nella precedente analisi era al terzo posto considerando solo la quantità di progetti ritirati, si trova ora al quinto posto con un totale di 37.792 crediti ritirati.

In seguito, è riportata la Tabella 3.1 che riassume i dati utilizzati per effettuare le precedenti analisi.

Project country	Numero di progetti	Numero di crediti
<b>United States of America</b>	13	137.732
<b>Finland</b>	8	87.209
<b>Norway</b>	5	37.792
<b>Australia</b>	4	1.878
<b>France</b>	4	2.465
<b>Germany</b>	4	6.551
<b>Sweden</b>	4	3.492
<b>United Kingdom</b>	4	2.705
<b>Austria</b>	2	286
<b>Brazil</b>	2	54.074
<b>Canada</b>	2	2.067
<b>Bolivia</b>	1	40.438
<b>Cameroon</b>	1	184
<b>Iceland</b>	1	156
<b>Namibia</b>	1	2.432
<b>Philippines</b>	1	31
<b>Romania</b>	1	444
<b>Serbia</b>	1	15

Tabella 3.1: Numero dei progetti effettuati e numero di crediti ritirati per ogni Paese

Fonte: Puro Registry <https://registry.puro.earth/carbon-sequestration/retirements>

### 3.2.2 Mappatura aziende responsabili dei progetti

Partendo dal database di Puro.Earth che certifica tutti i ritiri avvenuti è stato possibile rielaborare i dati in modo da analizzare più nello specifico alcune informazioni correlate ai progetti relativi ai crediti ritirati.

Dalla rielaborazione è emerso che in totale i progetti presenti all'interno del database sono 59 (nell'arco temporale analizzato, ossia dal 27 giugno del 2019 al 24 settembre 2024). Per ognuno di essi è stata effettuata una ricerca al fine di identificare il nome dell'azienda responsabile del progetto e la relativa nazione di provenienza, informazioni originariamente non presenti all'interno del database.

Utilizzando il software Tableau, è stato possibile mappare le nazioni di appartenenza delle aziende responsabili dei progetti, i risultati sono presentati nella Figura 3.3.



Figura 3.3: Mappatura della nazione di provenienza dei progetti presenti all'interno del Puro Registry

Come emerge dall'analisi effettuata la maggior parte dei progetti sono realizzati da aziende norvegesi, in particolare 16 su 59. La seconda nazione con il maggior numero di aziende che ha effettuato questi progetti sono gli United States of America, per un totale di 8 progetti. Seguiti dalle aziende finlandesi che sono in totale 7.

Queste precedentemente citate sono le nazioni di provenienza delle aziende gestori del maggior numero di progetti presenti nel Puro Registry, ma per avere una visione completa di tutti i dati che sono stati rielaborati è necessario osservare la Tabella 3.2, la quale riporta per ogni nazione il numero dei progetti realizzati.

<b>Nazione di provenienza</b>	<b>Numero progetti</b>
<b>Norway</b>	16
<b>United States of America</b>	8
<b>Finland</b>	7
<b>Sweden</b>	5
<b>Brazil</b>	3
<b>Australia</b>	4
<b>France</b>	4
<b>Canada</b>	2
<b>Germany</b>	2
<b>United Kingdom</b>	2
<b>Austria</b>	1
<b>Bolivia</b>	1
<b>Croatia</b>	1
<b>Netherlands</b>	1
<b>Singapore</b>	1
<b>Switzerland</b>	1

Tabella 3.2: Numero di progetti realizzati da aziende di differenti nazioni

Nella Tabella 3.3 invece, per ognuno dei 59 progetti è riportato il nome dell'azienda responsabile di esso, con la relativa nazione di provenienza.

1	<i>Project name</i>	<i>Nome azienda</i>	<i>Nazione di provenienza</i>
2	Concepcion 1	Exomad SRL	Bolivia
3	Oregon Biochar Solutions	GECA Environnement	Canada
4	Aperam BioEnergia	Aperam Bioenergia Ltda	Brazil
5	Wakefield Biochar Facility 2	Accend AS	Norway
6	Freres Lumber Co., Inc.	ACT Commodities Inc.	United States of America
7	Alcom-01-NuevaEcijaPhilippines	Alcom Carbon Markets Pte Ltd	Singapore
8	Carbon Cycle, 001, Rieden, DE	Accend AS	Norway
9	Restoration Fuels	Restoration Fuels, LLC	United States of America
10	Walsenburg Facility	Woocache PBC	United States of America
11	OBIO Rudshøgda	Accend AS	Norway
12	Four Bordet	Carbonapp	France
13	Moelven Limtre, Moelv	Accend AS	Norway
14	Igloo France Cellulose	Carbonapp	France
15	Ekovilla 2 Kuusankoski	Eco Up Oyj	Finland
16	Carbon Hill	Accend AS	Norway
17	Carbofex Nokia 1	Carbofex Oy	Finland
18	Ekovilla 3 Ylistaro	Eco Up Oyj	Finland
19	Farm Gai Kaisa 159	Planboo Eco AB	Sweden
20	Wakefield Biochar Facility 3	Accend AS	Norway
21	Are Treindustrier, Norway	Accend AS	Norway
22	Douglas County Forest Products	ACT Commodities Inc.	United States of America
23	Novocarbo Ruhr/Tyssenkrupp	Novocarbo GmbH	Germany
24	Sylva Fertilis, Argentan, FR	Accend AS	Norway
25	Nordgau Carbon, Wernberg-Köblitz	Accend AS	Norway
26	A. James - 50370 Brecey	Carbonapp	France
27	American BioCarbon CT, LLC	American BioCarbon CT, LLC	United States of America
28	Ekovilla 1 Kiiminki	Eco Up Oyj	Finland
29	Orca plant	Climeworks AG	Switzerland
30	Hjelmsätters Egendom	Edvard Hamilton (Hjelmsätters Egendom)	Sweden
31	Igloo Cellulose Inc.	Carbonapp	France
32	ECOERA Millennium 1 Hammenhög Skånefrö	Ecoera AB	Sweden
33	NetZero-002-Lajinha	NetZero	United States of America
34	Premier Forest, Newport	Accend AS	Norway
35	BC Biocarbon - McBride	BC Biocarbon LTD	Canada
36	Leeds Production Facility	O.C.O Technology Limited	United Kingdom
37	Explocum 1, Lupeni	Accend AS	Norway
38	Red Trail Energy LLC	Red Trail Energy, LLC	United States of America
39	Carbofex 1 Hiedanranta	Carbofex Oy	Finland
40	Bussme-01-Svedala	Bussme Biochar AB	Sweden
41	Pyrocal - Wellcamp	Pyrocal Pty Ltd	Australia
42	Pyrocal - Whitton	Pyrocal Pty Ltd	Australia
43	Soilfood-1-Finland	Soilfood	Netherlands
44	Bussme-01-Munka-Ljungby	Bussme Biochar AB	Sweden
45	Avonmouth Production Facility	O.C.O Technology Limited	United Kingdom
46	Wakefield Biochar Facility 1	Accend AS	Norway
47	Novocarbo Rhine	Novocarbo GmbH	Germany
48	ECHO2 Holla-Fresh	Rainbow Bee Eater Pty Ltd	Australia
49	Noritec, Stall im Mölltal, Austria	Accend AS	Norway
50	BASNA d.o.o.	BASNA d.o.o.	Croatia
51	Glanris	Accend AS	Norway
52	Jeffries Group	L.F. jefferies nominees Pty. Ltd	Australia
53	Lapwall Factory 1	LapWaal Oyj	Finland
54	V-Grid (c/o South Corner Dairy)	V-Grid Energy Systems	United States of America
55	Termowood - Hurdal	Accend AS	Norway
56	V-Grid Energy Systems	V-Grid Energy Systems	United States of America
57	NetZero-001-Nkongsamba	NetZero	United States of America
58	Moelven Limtre, Agder	Accend AS	Norway
59	Lapwall Factory 2	LapWaal Oyj	Finland
60	Sonnenerde Pyreg 500	Sonnenerde GmbH	Austria

Tabella 3.3: Dettagli dei progetti presenti all'interno del Puro Registry

### 3.2.3 Mappatura della distribuzione geografica delle aziende che utilizzano i crediti per compensare le proprie emissioni

Nel seguente paragrafo invece verranno effettuate delle analisi considerando i Paesi che acquistano crediti per compensare le proprie emissioni di anidride carbonica.

Grazie al software Tableau è stato possibile visionare sulla mappa quali sono i Paesi che maggiormente si avvalgono dei progetti registrati all'interno del Puro Registry per compensare le loro emissioni, è possibile visualizzare il risultato nella Figura 3.4.



Figura 3.4: Numero dei ritiri utilizzati da ogni Paesi per compensare le proprie emissioni

Come mostra la Figura 3.4 il Paese che ha effettuato il maggior numero di ritiri per compensare le proprie emissioni di anidride carbonica sono gli United States of America con un totale 279 ritiri, seguiti dal United Kingdom con 214, e dalla Finlandia con 159.

Anche in questo caso per effettuare un'analisi più approfondita è stata presa in analisi la somma dei crediti di compensazione utilizzati, dal momento che ognuno di essi rappresenta una tonnellata di anidride carbonica rimossa, la Figura 3.5 permette di indentificare i Paesi che hanno rimosso un volume maggiore di CO<sub>2</sub>.



Figura 3.5: Somma del numero di crediti di compensazione utilizzati da ogni Paese per compensare le proprie emissioni

Come è possibile vedere nella Figura 3.5 il Paese che utilizza il maggior numero di crediti per compensare le proprie emissioni sono gli United States of America con un totale di 224.091 crediti.

In questo caso, il Paese che si distingue per avere il maggior numero di ritiri per compensare le proprie emissioni è lo stesso che ha sequestrato il volume più elevato di anidride carbonica, avendo ritirato il maggior numero di crediti rispetto agli altri.

Subito dopo troviamo la Svezia con un volume totale di sequestro di CO<sub>2</sub> di 49.712, e la Finlandia con un totale di 25.343 crediti utilizzati per compensare.

Gli UK si posizionano al quarto posto con un totale di 24.530 tonnellate di anidride carbonica compensate, nonostante nell'analisi precedente rappresentata nella Figura 3.4 fossero al secondo posto considerando unicamente il numero di ritiri effettuati.

La tabella 3.4 riporta i dati utilizzati per effettuare le analisi riportate nella Figura 3.4 e 3.5.

Country of consumption	Numero di progetti	Numero di crediti
<b>United States of America</b>	279	224.091
<b>United Kingdom</b>	214	24.530
<b>Finland</b>	159	25.343
<b>Sweden</b>	87	49.712
<b>Germany</b>	79	10.130
<b>Canada</b>	66	11.237
<b>Switzerland</b>	42	14.212
<b>Netherlands</b>	31	7.877
<b>Norway</b>	31	3.201
<b>Denmark</b>	11	1.359
<b>Australia</b>	8	1.881
<b>Ireland</b>	8	43
<b>Belgium</b>	7	750
<b>France</b>	6	2.317
<b>Austria</b>	5	54
<b>New Zealand</b>	5	126
<b>Estonia</b>	3	715
<b>People's Republic of China</b>	3	703
<b>Singapore</b>	3	72
<b>Vietnam</b>	3	580
<b>Brazil</b>	2	29
<b>Cayman Islands</b>	2	142

<b>Mexico</b>	2	5
<b>Spain</b>	2	84
<b>Thailand</b>	2	6
<b>Bulgaria</b>	1	5
<b>Eritrea</b>	1	150
<b>Guernsey</b>	1	180
<b>India</b>	1	50
<b>Italy</b>	1	25
<b>Latvia</b>	1	25
<b>Lithuania</b>	1	40
<b>Monaco</b>	1	10
<b>Portugal</b>	1	200
<b>Russian Federation</b>	1	5
<b>South Africa</b>	1	57
<b>Taiwan</b>	1	5

Tabella 3.4: Numero dei progetti e dei crediti da essi utilizzati da ogni Paese per compensare le proprie emissioni

Fonte: Puro Registry <https://registry.puro.earth/carbon-sequestration/retirements>

### 3.2.4 Analisi per tipo di metodologia utilizzata

È inoltre stato analizzato il campo “Methodology” presente sul Puro Registry, il quale come accennato precedentemente indica il tipo di metodologia utilizzata, in linea con le norme stabilite dallo Standard Puro, per rimuovere l’anidride carbonica presente nell’atmosfera. Quanto ottenuto dalla seguente analisi effettuata con il software Tableau è riportato nella Figura 3.6.

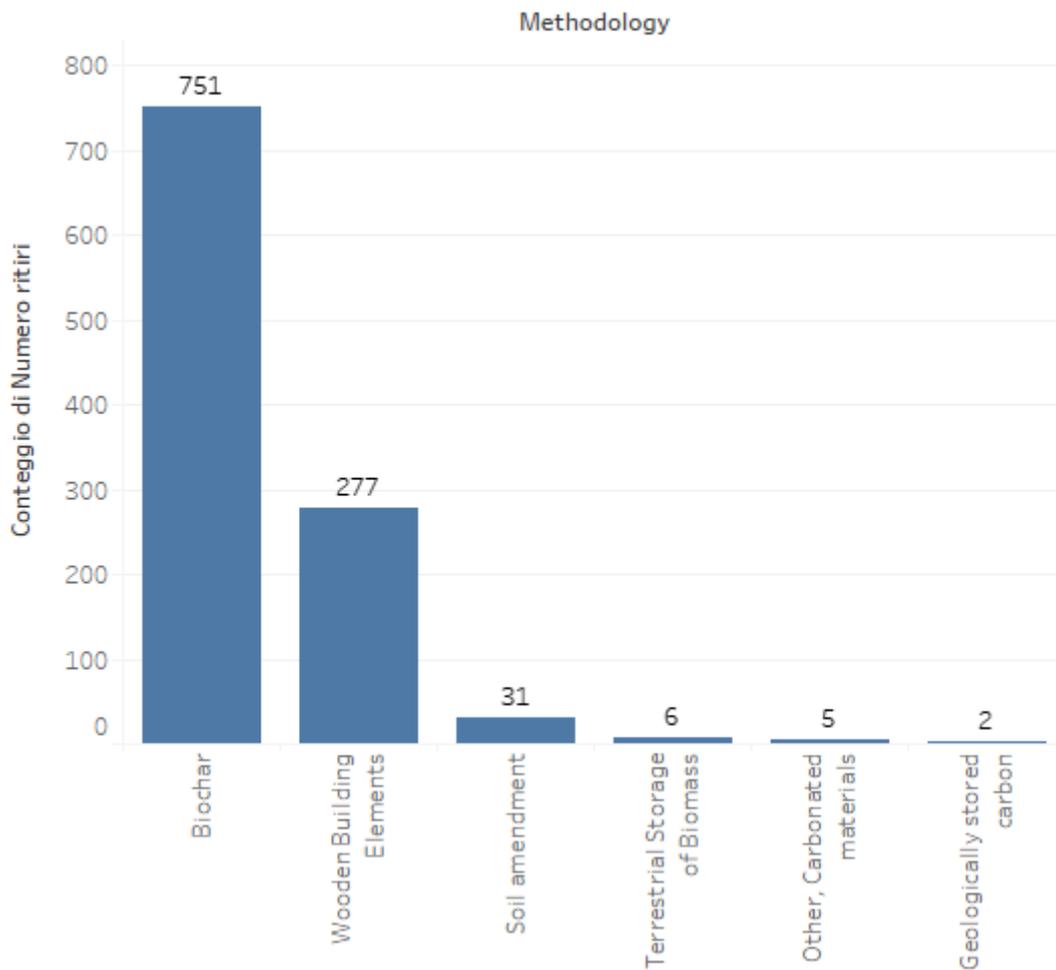


Figura 3.6: Metodologie utilizzate per rimuovere la CO<sub>2</sub> seguendo le linee guida dello Standard Puro

Ciò che emerge dall'analisi è che la maggior parte dei processi registrati all'interno del registro utilizzano il "Biochar" come metodologia di rimozione dell'anidride carbonica; infatti, come è possibile vedere nella Figura 3.6 sono 751 coloro che si sono affidati a questa tecnica per adempiere al proprio impegno di compensazione delle emissioni.

Il secondo sistema maggiormente utilizzato in base ai ritiri registrati nel Puro Registry per rimuovere la CO<sub>2</sub> è il "Wooden Building Elements" con un totale di 277 ritiri.

Mentre le tecniche meno utilizzate con i relativi numeri di ritiri registrati sono: "Soil amendment" con 31, "Terrestrial Storage of Biomass" con 6, "Other, Carbonated materials" con 5, e infine "Geologically stored carbon" con 2.

Nella Figura 3.7 è stata effettuata la stessa analisi considerando il numero totale di crediti ritirati per ogni metodologia invece del numero di ritiri, per realizzare una valutazione più accurata.

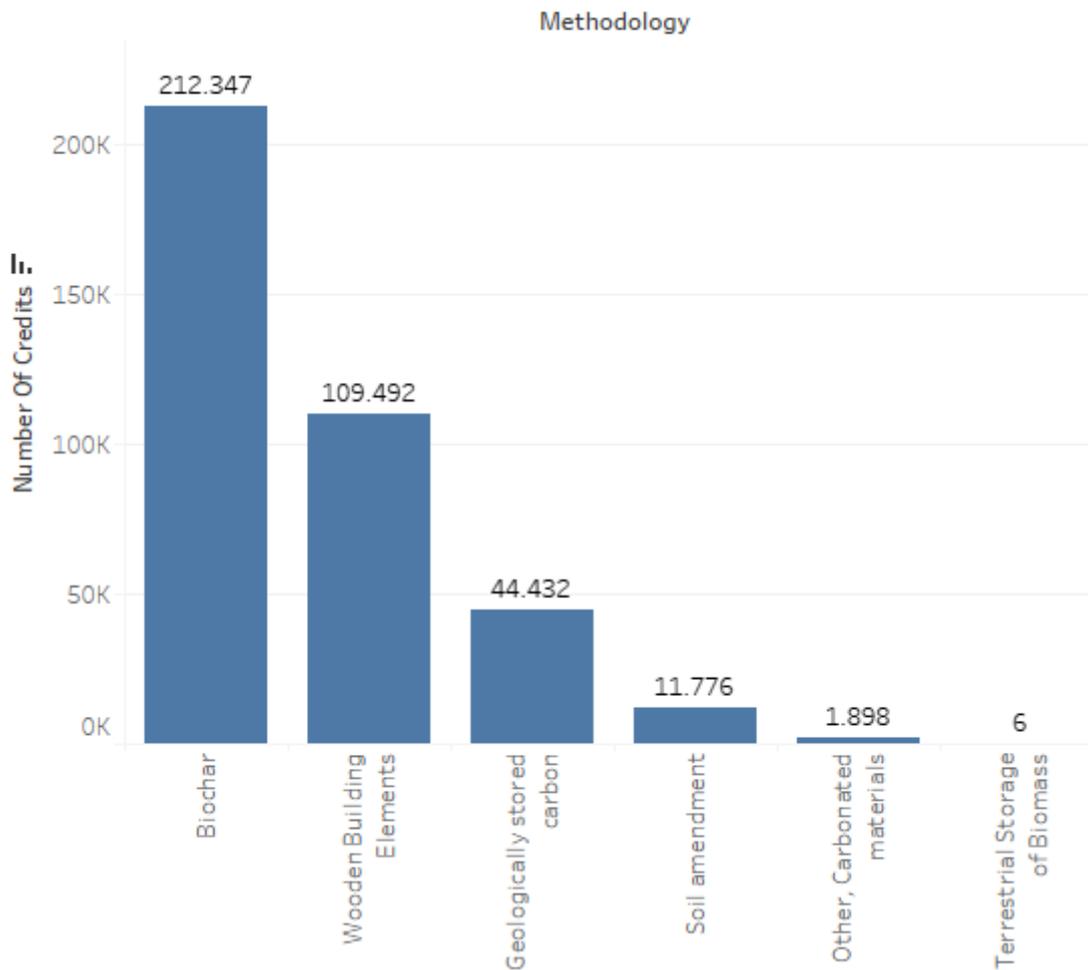


Figura 3.7: Numero di crediti ritirati per ogni metodologia

Quanto ottenuto dall'analisi rappresentata nella Figura 3.7 conferma essere il "Biochar", come nell'analisi precedente, la tecnica maggiormente utilizzata per compensare le emissioni di CO<sub>2</sub>, dal momento che sono stati registrati in totale 212.347 crediti di rimozione, ossia il maggior numero di crediti ritirati per metodologia all'interno del Puro Registry.

Anche al secondo posto si conferma la tecnica “Wooden Building Elements”, come nell’analisi rappresentata dalla Figura 3.6, la quale analizzava unicamente il numero di ritiri. Per questa metodologia risultano ritirati in totale 109.492 crediti di compensazione. Per le altre tecniche rimanenti ciò che emerge analizzando il numero di crediti ritirato è differente rispetto a quanto risultava dall’analisi effettuata sul numero dei ritiri.

In quanto in questo caso al terzo posto troviamo la metodologia “Geologically stored carbon” con 44.432 crediti ritirati, la quale nella analisi relativa al numero di ritiri risultava all’ultimo posto con soli 2 ritiri realizzati.

Successivamente si classifica la tecnica “Soil amendment” con 11.776 crediti, seguita dalla metodologia “Other, Carbonated materials” che presenta 1.898 ritirati.

Ed infine la metodologia meno utilizzata considerando la somma dei crediti ritirati è “Terrestrial Storage of Biomass” con solamente 6 crediti.

Inoltre, grazie alla rielaborazione dei dati menzionata nel paragrafo 3.2.2, sono state condotte ulteriori analisi. Una di queste permette di verificare se, sostituendo le informazioni sui ritiri con il numero dei progetti a cui essi si riferiscono, i risultati confermano o meno quanto precedentemente discusso.

Il risultato ottenuto è riportato nella Figura 3.8.

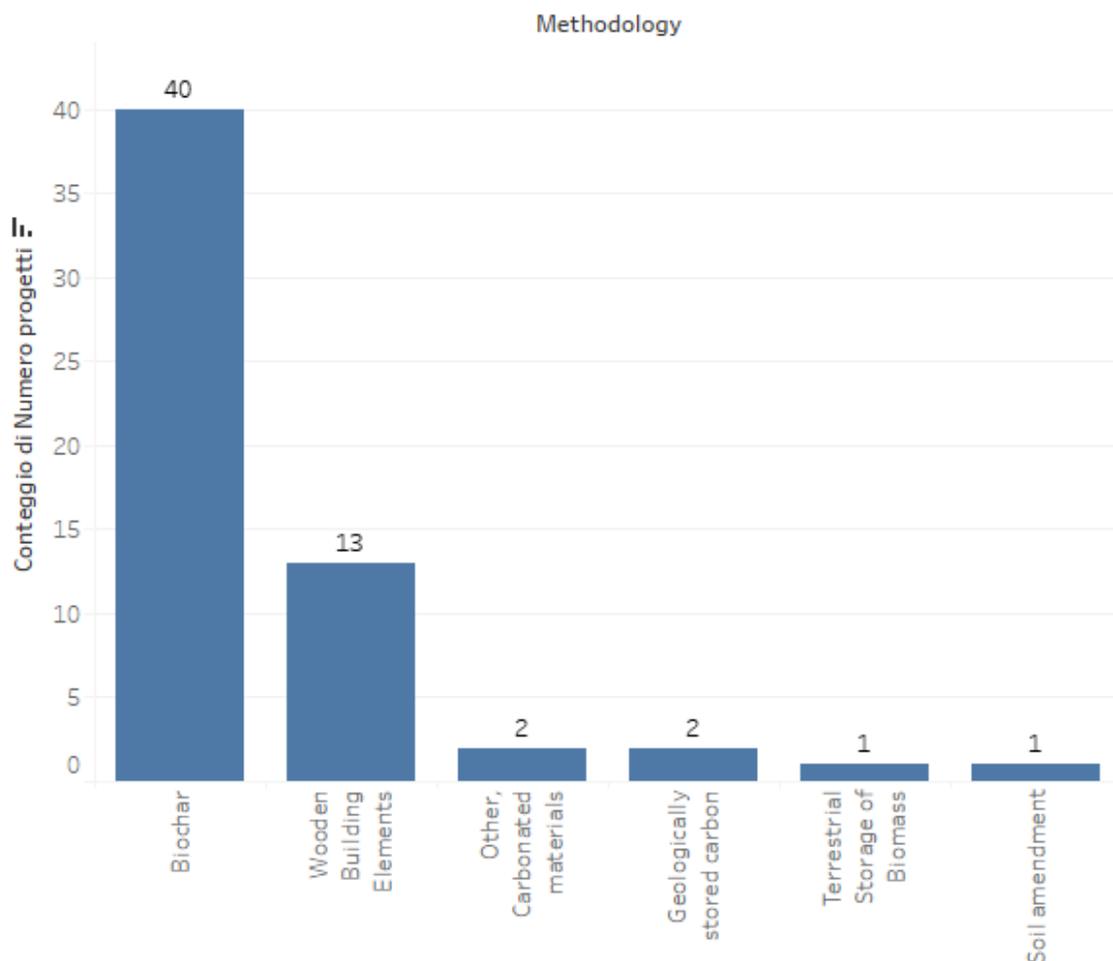


Figura 3.8: Numero di progetti realizzati che utilizzano le diverse metodologie

Anche in questo caso il “Biochar” risulta la metodologia maggiormente utilizzata, dal momento che 40 progetti presenti all’interno del Puro Registry la sfruttano per compensare le emissioni di anidride carbonica.

Con 13 progetti che la utilizzano, si conferma al secondo posto anche la tecnica “Wooden Building Elements”.

Come nell’analisi che considerava la somma del numero di crediti ritirati, la metodologia “Geologically stored carbon” si trova al terzo posto insieme alla tecnica “Other, Carbonated materials”, entrambe con 2 progetti che le utilizzano per sequestrare la CO<sub>2</sub> presente nell’atmosfera.

Ed infine le tecniche utilizzate solamente da un progetto sono la “Terrestrial Storage of Biomass” e la “Soil amendment”.

Infine, per comprendere meglio quali fossero i Paesi ospitanti i progetti di compensazione che utilizzano le metodologie citate è stata effettuata un'ulteriore analisi rappresentata nella Figura 3.9.

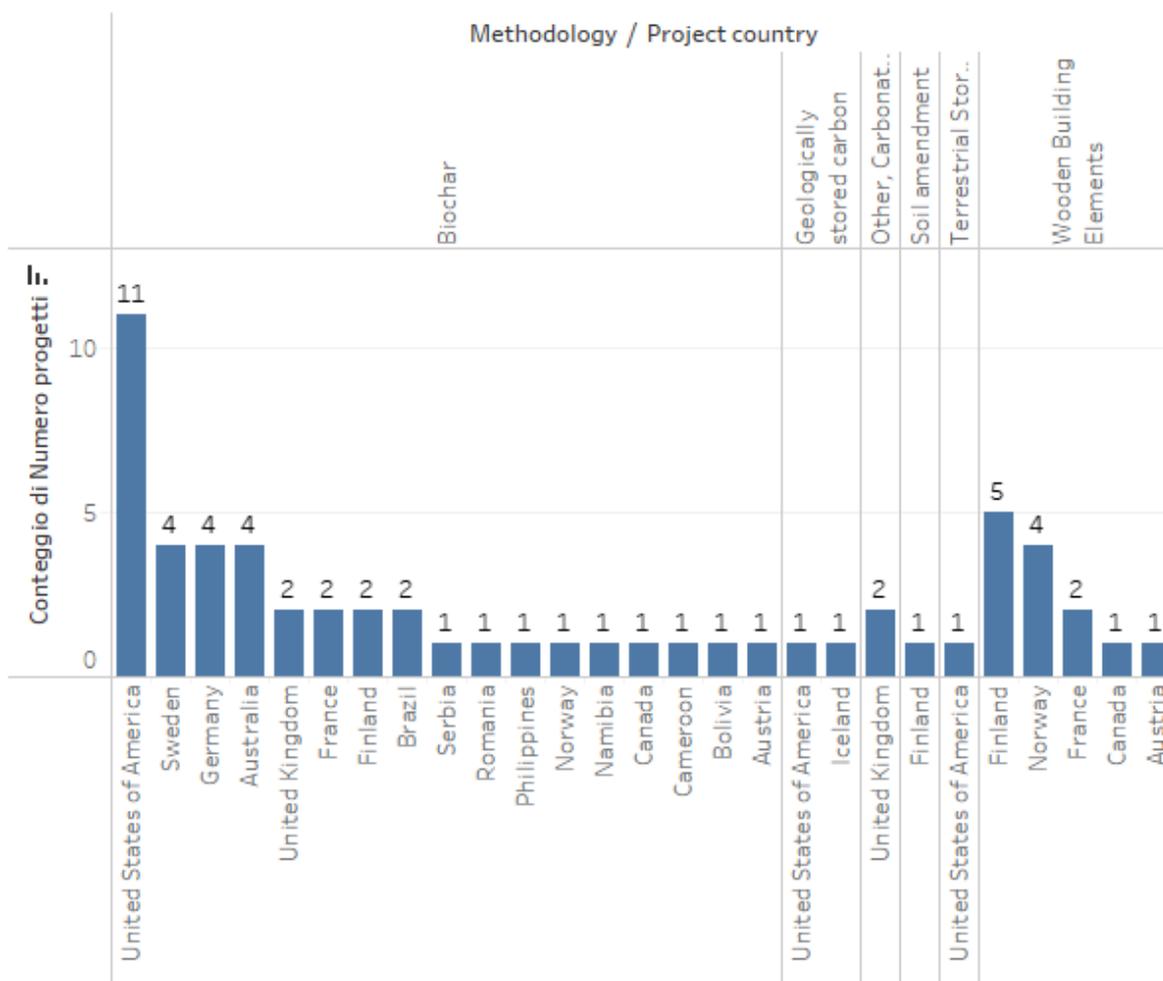


Figura 3.9: Metodologie utilizzate nei Paesi dove vengono effettuati i progetti per rimuovere la CO<sub>2</sub> seguendo le linee guida dello Standard Puro

Quello che emerge è che alcune tecniche come: “Terrestrial Storage of Biomass”, “Soil amendment” e “Other, Carbonated materials” vengono utilizzate in un solo Paese.

In particolare, per quanto riguarda la prima metodologia risulta un solo progetto realizzato negli United States of America, anche per la seconda risulta unicamente un progetto concretizzato in Finlandia, ed infine per la tecnica “Other, Carbonated materials” sono stati registrati 2 progetti negli UK.

Inoltre, anche la tecnica “Geologically stored carbon” risulta scarsamente utilizzata dal momento che i ritiri presenti nel Puro Registry sono solo 2 i progetti presenti, uno realizzato negli United States of America e un altro in Islanda.

Al contrario il “Biochar” e il “Wooden Building Elements” oltre ad essere le metodologie più utilizzate sono quelle che trovano applicazione in un maggior numero di Paesi diversi.

### 3.2.5 Analisi per tipo di credito

È inoltre stato analizzato il campo “Credit Type” presente nel Puro Registry, che come accennato precedentemente indica il tipo di certificato CORC che è stato rilasciato in base al progetto. In particolare, è stato studiato in relazione al numero di ritiri qual è il tipo di CORC maggiormente rilasciato.

Quanto ottenuto dalla seguente analisi effettuata con il software Tableau è riportato nella Figura 3.10.

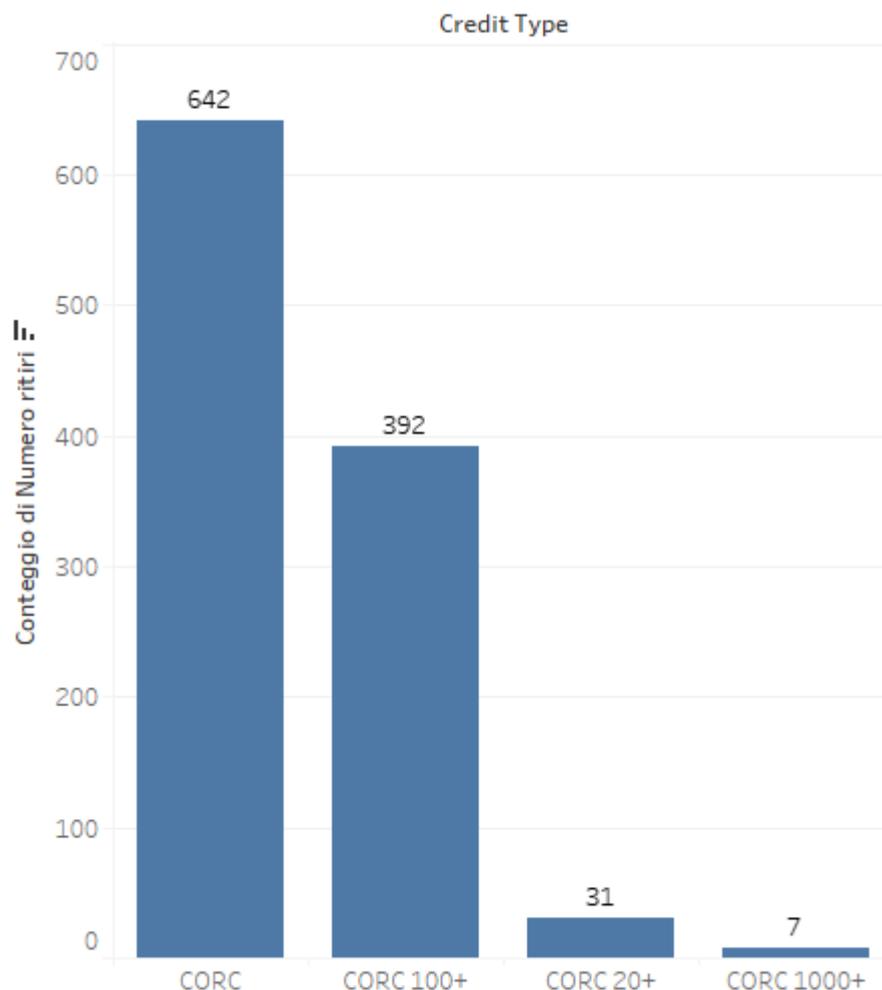


Figura 3.10: Numero di ritiri effettuati per ogni tipo di credito

Ciò che emerge è che la tipologia di crediti rilasciati dai progetti certificati secondo le linee guida dello Standard Puro sono quattro: i CORC, i CORC 20+, i CORC 100+, e i CORC 1000+. È visibile che la tipologia maggiormente generata dal maggior numero di progetti sono i CORC dal momento che sono stati registrati 642 rilasci, mentre la seconda più utilizzata sono i CORC 100+ dato che sono stati effettuati 392 ritiri. Quella invece meno utilizzata sono i CORC 1000+ con solo 7 ritiri registrati.

Per avere una visuale più completa è stata effettuata la stessa analisi considerando però il numero di crediti ritirati per ogni tipologia di CORC, il risultato è rappresentato nella Figura 3.11.

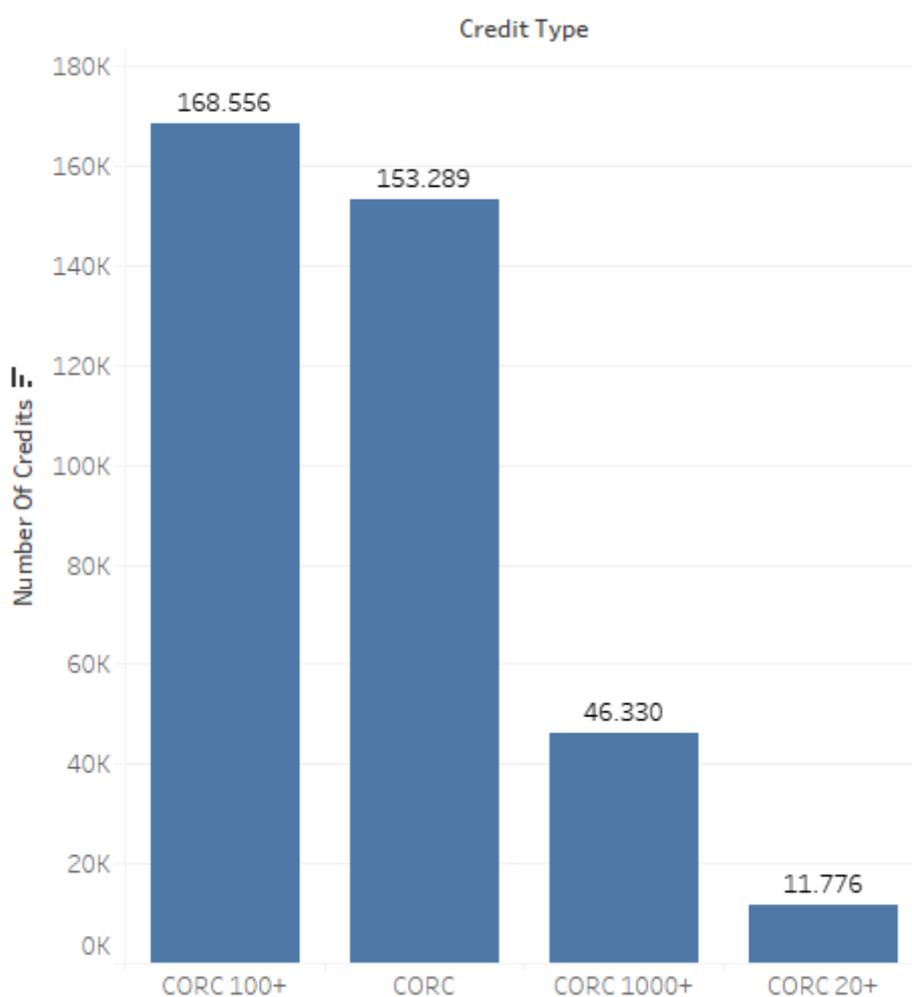


Figura 3.11: Numero totale di crediti ritirati per ogni tipo di CORC

Al contrario di quanto è emerso dall'analisi precedente valutando la somma totale dei crediti ritirati, e quindi non come nell'analisi precedente il numero di ritiri effettuati, la tipologia di crediti di compensazione maggiormente rilasciata sono i CORC 100+, dato che risultano 168.556 i crediti di rimozione ritirati.

Mentre la tipologia CORC che precedentemente risultava al primo posto, ora si trova al secondo dato che sono registrati all'interno del Puro Registry un totale di 153.289 crediti ritirati.

Questo significa che nonostante il numero di rilasci sia maggiore per il tipo CORC, la tipologia CORC 100+ è maggiormente utilizzata, dal momento ogni credito di compensazione rappresenta una tonnellata di CO<sub>2</sub> sequestrata, difatti il volume di sequestro di anidride carbonica risulta maggiore per il tipo CORC 100+.

Il risultato è opposto anche per le altre tipologie di crediti di compensazione, le quali risultano anch'esse invertite.

Infatti, il tipo CORC 1000+ non si classifica più all'ultimo posto, ma bensì al posto della tipologia CORC 20+, in quanto i crediti ritirati per ciascuno risultano rispettivamente 46.330 e 11.776.

### 3.3 Analisi Norvegia e USA

Nel seguente paragrafo verranno effettuate delle analisi verticali sulle due nazioni risultate più attive all'interno del registro di Puro.Earth, queste sono la Norvegia e gli United States of America, al fine di avere una visione generale più chiara per ognuna di esse.

#### 3.3.1 Norvegia

I dati relativi alla Norvegia sono riportati nella Tabella 3.5.

<b>Numero aziende presenti nella nazione</b>	1
<b>Numero progetti realizzati nella nazione</b>	16
<b>Numero crediti prodotti dalla nazione</b>	37.792
<b>Numero crediti ritirati dalla nazione</b>	3.201

Tabella 3.5: Dati relativi alla Norvegia

Essi sono stati rappresentati graficamente nella Figura 3.12 per avere una visione immediata più chiara.

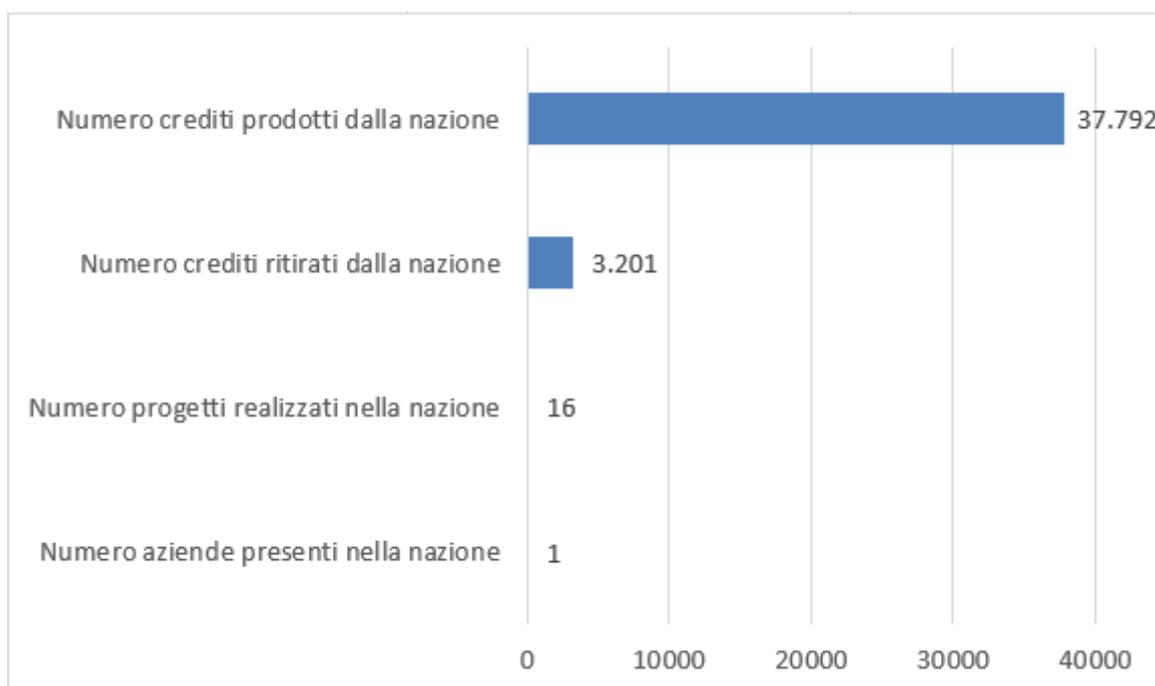


Figura 3.12: Rappresentazione grafica dei dati della Norvegia

Ciò che emerge dalla Figura 3.12 è che la Norvegia risulta essere più un Paese produttore che un Paese utilizzatore, dal momento che il numero di crediti prodotti sono 37.792, e sono maggiori del numero di crediti utilizzati per compensare le emissioni, i quali risultano solamente 3.201.

Inoltre, analizzando il database rielaborato, come è stato già evidenziato in precedenza, è emerso che in Norvegia sono realizzati il maggior numero di progetti. A seguito di ricerche effettuate, è risultato che tutti i 16 progetti realizzati da questa nazione sono coordinati dall'azienda Accend AS, con sede a Fredrikstad.

L'azienda Accend AS è stata fondata nel 2020, si trova a Fredrikstad, in Norvegia, è stata fondata con l'obiettivo di promuovere progetti di rimozione del carbonio attraverso servizi tecnici e finanziari.

Essa non realizza direttamente i progetti di rimozione del carbonio, ma svolge un ruolo chiave nel supportarli, in quanto offre servizi di consulenza tecnica e finanziaria per aiutare i progetti a ottenere certificazioni, gestire il ciclo di vita e accedere ai finanziamenti attraverso i crediti di carbonio. In pratica, collabora con sviluppatori di progetti di rimozione del carbonio, come quelli legati al biochar o alla cattura e stoccaggio del carbonio, ma non realizza direttamente questi progetti. Il loro obiettivo principale è agevolare l'accesso ai mercati del carbonio e massimizzare l'impatto dei progetti di rimozione del CO<sub>2</sub>.

Tra le tecnologie che sostiene ci sono la produzione di biochar, il processo di weathering delle rocce e l'uso di biomassa per la cattura di CO<sub>2</sub>.

Inoltre, l'azienda norvegese oltre a Puro.Earth collabora con vari enti certificatori riconosciuti a livello internazionale per garantire che i progetti di rimozione del carbonio siano certificati in modo rigoroso e trasparente, tra questi ci sono: Verra, Gold Standard, Climate Action Reserve (CAR), i quali assicurano che i crediti di carbonio generati dai progetti di rimozione siano verificati, tracciabili e di alta qualità.

Il suo modello di funzionamento si basa su tre pilastri principali:

1. **Consulenza Tecnica:** Accend AS supporta le aziende nello sviluppo e nell'implementazione di tecnologie sostenibili, come la produzione di biochar o l'alterazione delle rocce, per favorire la rimozione del carbonio dall'atmosfera. Aiuta le aziende a ottimizzare i loro processi e a migliorare le pratiche sostenibili attraverso valutazioni del ciclo di vita (LCA) e analisi dettagliate di impatto ambientale.
2. **Supporto Finanziario:** una parte fondamentale del suo lavoro consiste nel facilitare l'accesso ai mercati dei crediti di carbonio. Accend lavora per ottenere e vendere crediti di rimozione del carbonio (CORC), che permettono alle aziende di generare reddito grazie alle tecnologie che riducono le emissioni di CO<sub>2</sub>. Questo aiuto finanziario è essenziale per la crescita delle imprese impegnate nel settore della sostenibilità.

3. **Collaborazioni Strategiche:** l'azienda collabora con diverse realtà, come Sylva Fertilis e Wakefield BioChar, per ampliare l'impatto delle loro tecnologie verdi. Attraverso queste partnership, Accend aiuta le aziende a espandere la loro capacità produttiva e a ottenere riconoscimento sul mercato dei crediti di carbonio.

Per avere un quadro più completo sui progetti di cui si occupa questa azienda, grazie ai dati ottenuti dal database rielaborato, e con l'utilizzo di Tableau è stato possibile effettuare delle analisi al fine di comprendere per ognuno di essi dove fossero realizzati e la metodologia utilizzata per svilupparli.

Questo per capire quanti diversi tipi di progetti che gestisce l'azienda norvegese.

I risultati ottenuti sono riportati nella Figura 3.13.

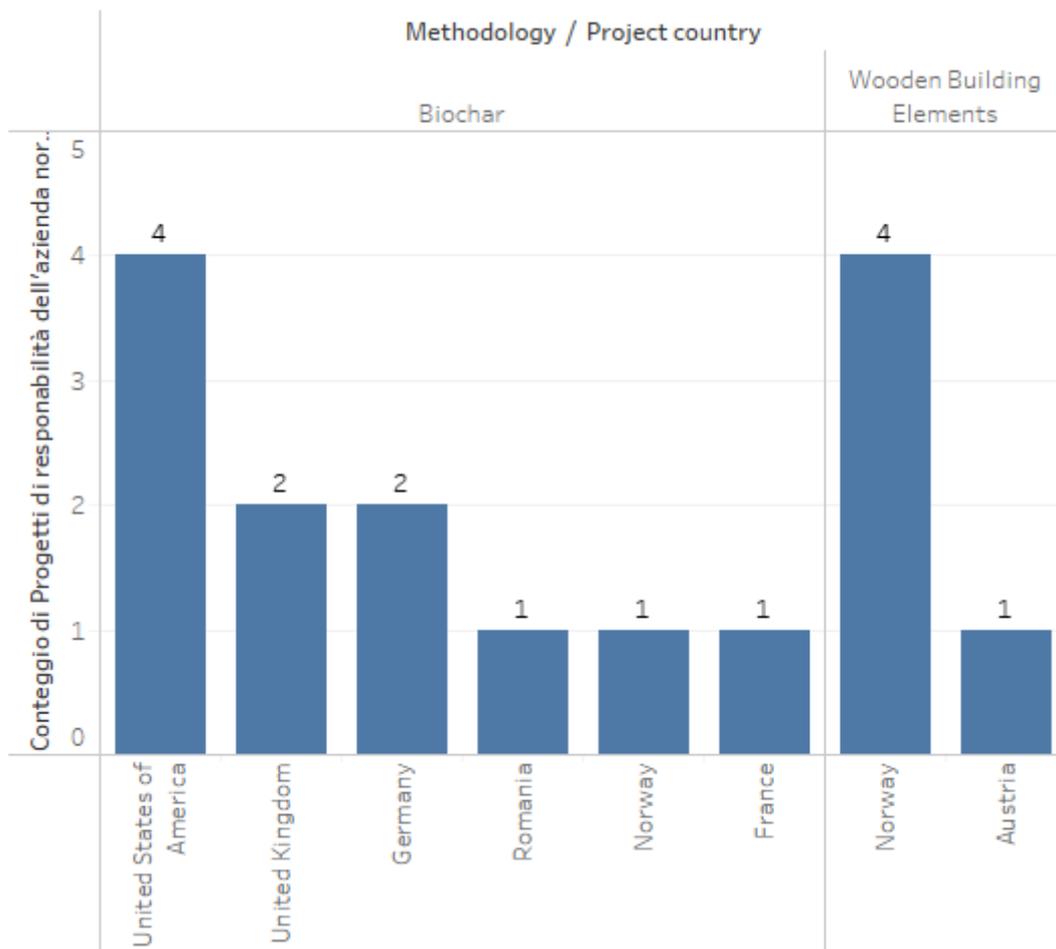


Figura 3.13: Numero di progetti gestiti dall'azienda norvegese Accend AS in ogni Paese suddivisi per metodologia

Come mostra la Figura 3.13 i progetti registrati sul registro di Puro.Earth di cui l'azienda Accend AS è responsabile sono in totale 16.

Essi sono ripartiti tra le diverse nazioni e la tipologia di metodologia utilizzata ai fini della realizzazione del progetto nel seguente modo: ciò che emerge immediatamente è innanzitutto che le metodologie utilizzate sono solamente 2, il "Biochar" e il "Woolden Bulding Elements". È inoltre evidente che la maggior parte dei progetti sono stati realizzati utilizzando la tecnica del "Biochar" per sequestrare l'anidride carbonica presente nell'atmosfera, essendo 11 i progetti presenti all'interno del Puro Registry che utilizzano tale tecnica, contro i 5 progetti che invece utilizzano la metodologia "Woolden Bulding Elements" per sequestrare la CO<sub>2</sub> presente nell'aria.

Dalla Figura 3.13 è possibile, inoltre, notare come la distribuzione geografica della tecnica "Woolden Bulding Elements" sia più ristretta rispetto a quella del "Biochar", dal momento che per quanto riguarda la prima i progetti registrati che sono stati realizzati sono collocati 4 in Norvegia e solamente uno in Austria.

Al contrario invece della tecnica del "Biochar", che trova applicazione in un maggior numero di aree geografiche oltre che di progetti, infatti risultano presenti sul registro di Puro.Earth 4 progetti che sfruttano tale tecnica realizzati negli United States of America, altri 2 realizzati negli United Kingdom, 2 anche in Germania, e per i seguenti Paesi un solo progetto adopera questa tecnica: Romania, Norvegia e Francia.

In seguito, è stato inoltre effettuato un approfondimento relativo a questi 16 progetti registrati sul registro di Puro.Earth dall'azienda norvegese Accend AS, al fine di comprendere quali di essi sono stati realizzati da aziende costruite ad hoc per la loro realizzazione e quali sono invece stati realizzati da aziende preesistenti.

Quanto ottenuto dalla ricerca è stato sintetizzato all'interno della Tabella 3.6 per averne una visione immediata più chiara.

Nome progetto	Nome azienda che registra il progetto	Nome azienda che lo realizza	azienda che lo realizza
Are Treindustrier, Norway	Accend AS	Are Treindustrier	Si
Carbon Cycle, 001, Rieden, DE	Accend AS	CARBON CYCLE GmbH & Co. KG	No
Carbon Hill	Accend AS	Carbon Hill Limited	No
Explocom 1, Lupeni	Accend AS	Explocom	Si
Glanris	Accend AS	Glanris Biocarbon	No
Moelven Limtre, Agder	Accend AS	Moelven Limtre	Si
Moelven Limtre, Moelv	Accend AS	Moelven Limtre	Si
Nordgau Carbon, Wernberg-Köblitz	Accend AS	Nordgau Carbon GmbH & Co. KG	No
Noritec, Stall im Mölltal, Austria	Accend AS	Noritec Holzindustrie GmbH	Si
OBIO Rudshøgda	Accend AS	Obio AS	No
Premier Forest, Newport	Accend AS	Premier Forest Products	Si
Sylva Fertilis, Argentan, FR	Accend AS	Sylva Fertilis	Si
Termowood – Hurdal	Accend AS	Termowood AS	Si
Wakefield Biochar Facility 1	Accend AS	Wakefield BioChar	Si
Wakefield Biochar Facility 2	Accend AS	Wakefield BioChar	Si
Wakefield Biochar Facility 3	Accend AS	Wakefield BioChar	Si

Tabella 3.6: Dettagli sui progetti registrati su Puro.Earth da Accend AS

Come accennato precedentemente lo scopo di questo approfondimento era capire se le aziende che effettivamente realizzano i progetti registrati da Accend AS fossero state fondate appositamente per la realizzazione dei diversi progetti oppure operassero già prima per altri scopi.

Ciò che è emerso dalla ricerca riportata nella Tabella 3.6 è innanzitutto che alcuni di questi progetti sono realizzati dalla stessa azienda, come nel caso dei progetti Moelven Limtre, Agder e Moelven Limtre, Moelv che sono stati realizzati entrambi dall'azienda Moelven Limtre. Ma non sono gli unici, anche i progetti Wakefield Biochar Facility 1, Wakefield Biochar Facility 2 e Wakefield Biochar Facility 3 sono realizzati da un'unica azienda chiamata Wakefield BioChar.

Quindi in totale i progetti registrati dall'azienda norvegese sono realizzati da 13 aziende, di queste solamente 5 sono state fondate ad hoc per la realizzazione dei progetti, le altre 8 operavano già per altri scopi e molte di queste avevano anche già realizzato altri progetti al fine di compensare le emissioni climalteranti presenti nell'atmosfera.

### 3.3.2 United States of America

Ora ci concentreremo maggiormente sull'analisi degli USA, nella Tabella 3.7 sono riportati i dati fondamentali per poter condurre le successive analisi.

<b>Numero aziende presenti nella nazione</b>	6
<b>Numero progetti realizzati nella nazione</b>	8
<b>Numero crediti prodotti dalla nazione</b>	137.732
<b>Numero crediti ritirati dalla nazione</b>	224.091

Tabella 3.7: Dati relativi agli USA

Anche in questo caso è stata effettuata una rappresentazione grafica dei dati presenti nella Tabella 3.7 al fine di facilitare la comprensione immediata di essi, come mostra la Figura 3.14.

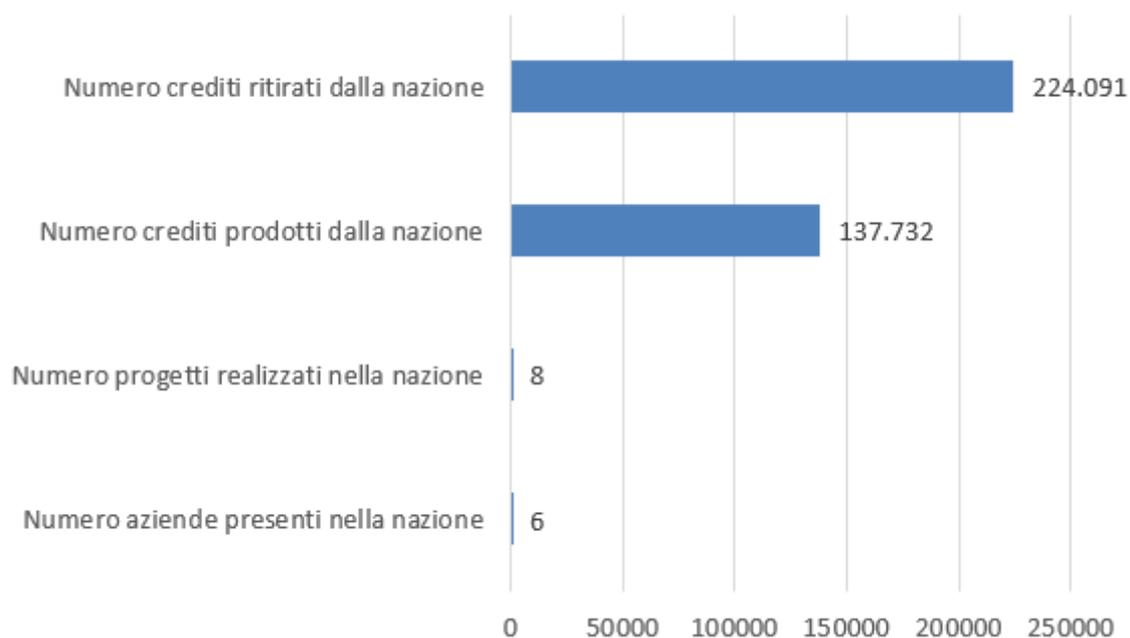


Figura 3.14: Rappresentazione grafica dei dati degli USA

In questo caso, al contrario di quanto è emerso precedentemente per la Norvegia, gli USA risultano una Nazione più utilizzatore che produttore, questo perchè in questo caso è maggiore la somma dei crediti ritirati, al fine di compensare le emissioni rilasciate nell'atmosfera, rispetto alla somma di quelli prodotti.

In quanto risultano in totale 224.091 crediti ritirati contro 137.732 crediti prodotti.

Sono 8 i progetti di questo Paese presenti all'interno del Puro Registry, i quali sono stati realizzati da 6 diverse aziende presenti sul territorio.

Attraverso l'utilizzo del software Tableau è stato possibile mappare la posizione geografica delle diverse aziende, in particolare utilizzando lo ZIP code di ognuna di esse è stato possibile visualizzare la loro posizione sulla mappa nel modo più preciso possibile, come mostra la Figura 3.15.

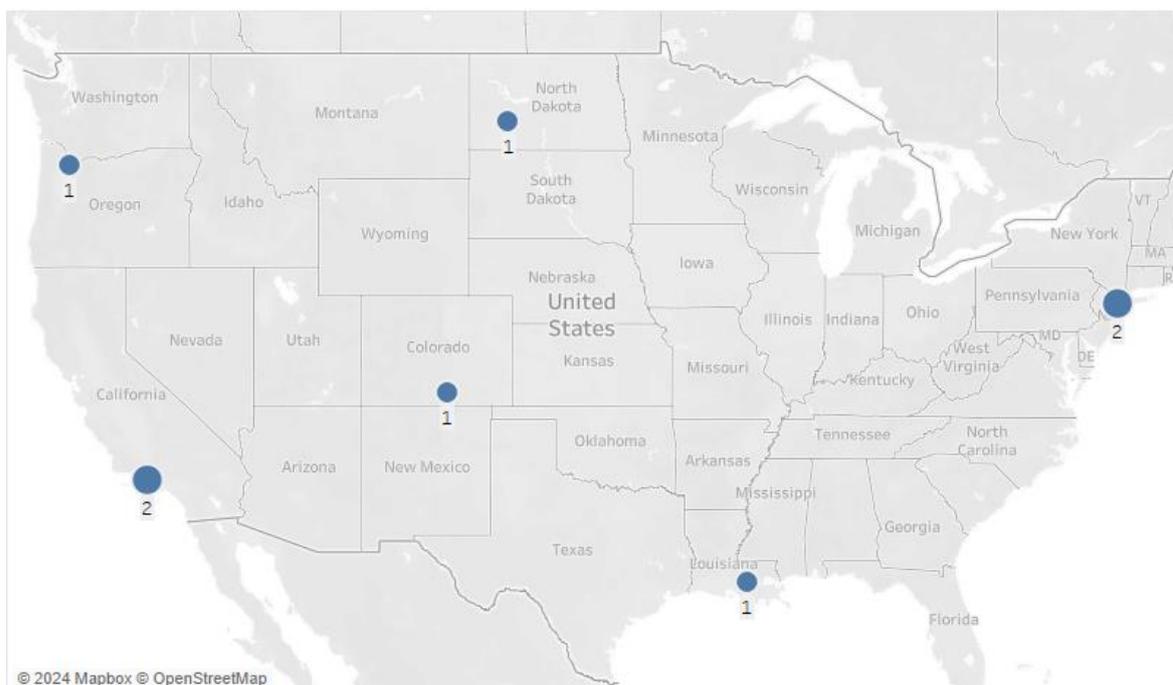


Figura 3.15: Rappresentazione delle aziende statunitensi per CAP di appartenenza

Come emerge dalla Figura 3.15 la presenza di più aziende nello stesso Stato non implica che si tratti di entità diverse, ma al contrario, in questo caso, una sola azienda ha realizzato due progetti, sia in California che a New York.

Pertanto, non si tratta di diverse aziende appartenenti allo stesso Stato, ma al contrario ciascuna delle aziende che coordinano i progetti registrati sul registro di Puro.Earth proviene da uno dei diversi Stati degli USA.

Per avere un quadro più completo anche per gli United States of America sono state realizzate altre analisi per riuscire a raccogliere qualche informazione in più per ognuna di queste aziende.

Utilizzando Tableau e i dati rielaborati è stato possibile analizzare il quantitativo di progetti gestito da ogni azienda per metodologia e valutando tutti i progetti coordinati unicamente da aziende statunitensi.

Quanto ottenuto dall'analisi è riportato nella Figura 3.16, e i dati rielaborati per gli USA sono riportati nella Tabella 3.8.

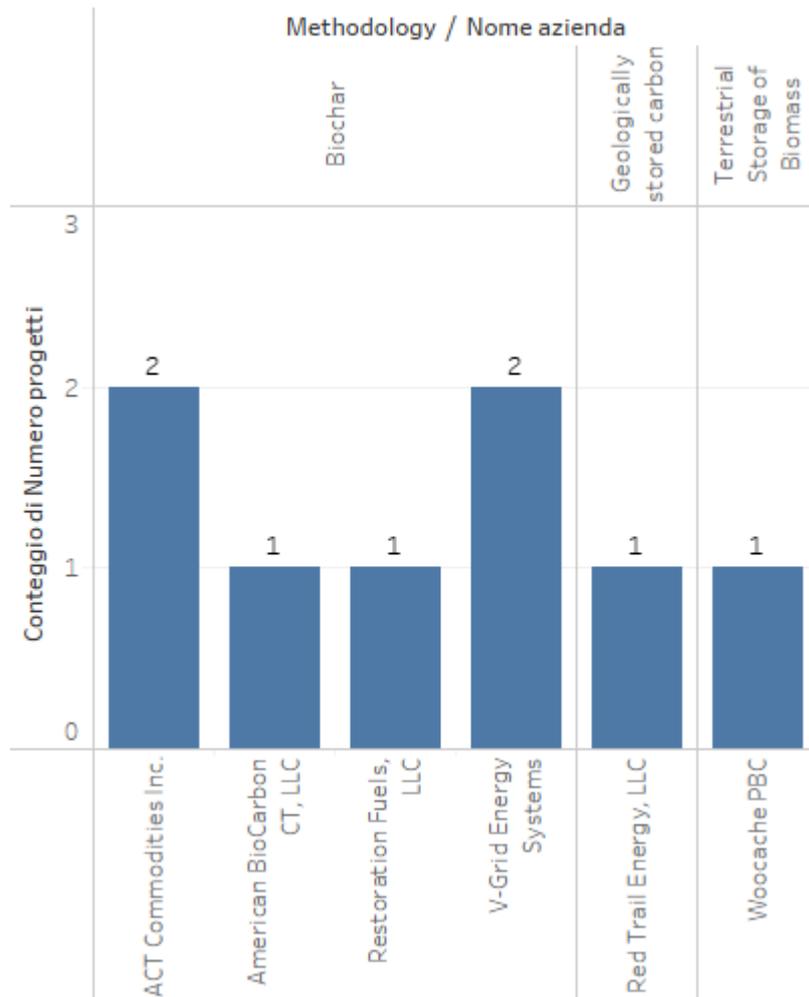


Figura 3.16: Rappresentazione del numero di progetti coordinati dalle aziende statunitensi per ogni metodologia utilizzata

<b>Nome progetto</b>	<b>Nome azienda</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Nazione in cui viene realizzato il progetto</b>
Freres Lumber Co., Inc.	ACT Commodities Inc.	Biochar	United States of America
Douglas County Forest Products	ACT Commodities Inc.	Biochar	United States of America
American BioCarbon CT, LLC	American BioCarbon CT, LLC	Biochar	United States of America
Red Trail Energy LLC	Red Trail Energy, LLC	Geologically stored carbon	United States of America
Restoration Fuels	Restoration Fuels, LLC	Biochar	United States of America
V-Grid (c/o South Corner Dairy)	V-Grid Energy Systems	Biochar	United States of America
V-Grid Energy Systems	V-Grid Energy Systems	Biochar	United States of America
Walsenburg Facility	Woocache PBC	Terrestrial Storage of Biomass	United States of America

Tabella 3.8: Dati rielaborati relativi alle aziende degli USA

Un risultato significativo ottenuto a seguito della rielaborazione dei dati presente nella Tabella 3.8 è che tutti i progetti coordinati dalle aziende statunitensi vengono realizzati negli USA.

Nella Figura 3.16 sono analizzate le metodologie utilizzate e registrate all'interno del registro di Puro.Earth da ognuna di queste aziende, come è possibile notare anche in questo caso, come per la Norvegia, la tecnica più utilizzata per il sequestro dell'anidride carbonica presente nell'atmosfera è il "Biochar", dal momento che 4 aziende su 6 la utilizzano; infatti, sono 6 i progetti su 8 coordinati dalle aziende statunitensi che si avvalgono di questa metodologia.

Queste aziende sono:

- **ACT Commodities Inc.**, essa è una società di medie dimensioni fondata nel 2009., specializzata nel commercio di soluzioni ambientali e prodotti legati all'energia rinnovabile. L'azienda fornisce servizi di consulenza per la riduzione delle emissioni di carbonio e aiuta le organizzazioni a rispettare gli standard normativi ambientali, come RE100 e SBTi.

ACT Commodities opera a livello globale nel commercio di certificati di energia rinnovabile, biofuel e crediti di carbonio. L'azienda serve una vasta gamma di settori, tra cui energia, trasporti, aviazione e agricoltura, aiutando le imprese a ridurre le proprie emissioni e a raggiungere la decarbonizzazione attraverso soluzioni personalizzate.

- **American BioCarbon CT, LLC** è un'azienda che produce principalmente biochar e pellet combustibili, la sede dell'azienda si trova a White Castle, Louisiana. L'azienda ha in programma di espandere la sua capacità, costruendo uno dei più grandi impianti di produzione di biochar e pellet negli Stati Uniti, che dovrebbe essere operativo nel 2026.

- **Restoration Fuels, LLC**, era una società situata a John Day, nell'Oregon, che produceva biochar.

Purtroppo, l'azienda ha chiuso nel 2023 a causa della mancanza di materie prime, dopo la chiusura di un'importante segheria vicina che forniva i materiali necessari per la produzione.

Inizialmente, Restoration Fuels LLC era focalizzata sulla produzione di legno torrefatto, con l'obiettivo di alimentare centrali elettriche a carbone convertite.

Tuttavia, dopo che un'importante azienda energetica ha deciso di non procedere con la conversione, l'azienda ha spostato la sua attenzione verso la produzione di biochar.

- **V-Grid Energy Systems**, è un'azienda statunitense di medie dimensioni, con sede a Camarillo, California, specializzata nella produzione di energia pulita attraverso un sistema innovativo basato sulla gassificazione della biomassa. L'azienda utilizza scarti agricoli per produrre elettricità e sequestrare carbonio in un ciclo negativo, contribuendo così alla riduzione del cambiamento climatico. Tra i prodotti che derivano dalla conversione della biomassa ci sono biochar, liquidi bio e carbon credits, oltre a prodotti per migliorare il suolo e la qualità dell'aria in ambienti agricoli.

Il modello di business di V-Grid si fonda sull'installazione di unità mobili, chiamate Bioserver, che trasformano i rifiuti agricoli direttamente sul posto, riducendo così i costi di trasporto e migliorando l'efficienza energetica.

L'obiettivo dell'azienda nei prossimi anni è di installare 1.000 di queste unità negli Stati Uniti e, nel lungo termine, espandersi anche a livello globale tramite partnership.

Al momento, V-Grid sta esplorando opportunità di collaborazione in Australia e cerca grandi partner commerciali per ampliare il mercato dei suoi prodotti derivati dal carbonio.

Inoltre, dalla Figura 3.16 risulta solamente una l'azienda degli USA che utilizza la tecnica "Geologically stored carbon" ed è:

- **Red Trail Energy, LLC**, essa è un'azienda di medie dimensioni con sede a Richardton, nel North Dakota, specializzata nella produzione di bioetanolo, un combustibile rinnovabile ottenuto principalmente dal mais.

Essi dispongono di un impianto di etanolo che trasforma il mais in etanolo carburante di grado industriale, utilizzato come alternativa più ecologica ai combustibili fossili tradizionali.

Oltre alla produzione di etanolo, l'azienda genera anche sottoprodotti come i "distillers grains" (grani essiccati), utilizzati nell'alimentazione animale, che supportano l'economia agricola locale.

Nel 2021, l'azienda ha iniziato a implementare tecnologie di cattura e stoccaggio del carbonio (CCS), un processo che cattura le emissioni di CO<sub>2</sub> prodotte durante la lavorazione dell'etanolo e le immagazzina sottoterra in formazioni geologiche sicure.

Questo progetto rende Red Trail Energy una delle prime aziende del settore a puntare alla sostenibilità ambientale, riducendo significativamente le emissioni di gas serra legate alla produzione di biocarburanti.

Ciò che emerge dalla Figura 3.16 è che la metodologia "Terrestrial Storage of Biomass" è utilizzata unicamente dall'azienda:

- **Woocache PBC**, essa è un'azienda impegnata nella rimozione del carbonio dall'atmosfera tramite l'immagazzinamento della biomassa. Il loro modello si basa sulla raccolta di legno di scarto non commerciabile dalle foreste, che viene successivamente sepolto in siti appositi chiamati "woodcaches". Questo processo previene la decomposizione del legno, che altrimenti rilascerebbe anidride carbonica nell'atmosfera.

In questo modo, Woocache PBC riesce a rimuovere e immagazzinare il carbonio per lunghi periodi.

Questa azienda è ancora una realtà relativamente piccola in termini di dimensioni. Nonostante le sue ambizioni globali di contribuire alla rimozione del carbonio su larga scala, l'azienda è in una fase di crescita e sviluppo. Le sue operazioni includono iniziative locali in stati come il Colorado e il supporto di coalizioni come la 4 Corners Carbon Coalition, che finanziano progetti di piccola e media scala per affrontare problemi ambientali.

Come per la Norvegia, anche in questo caso è stato effettuato un ulteriore approfondimento relativo ai progetti, al fine di comprendere meglio per ognuno di essi da quale azienda è stato realizzato e quale si occupa della sua registrazione.

Inoltre, anche per queste aziende che realizzano i progetti, come per quelle norvegesi, è stata effettuata un'ulteriore ricerca per comprendere se esse sono state fondate

unicamente per la realizzazione del progetto, oppure se operavano già in precedenza per altri scopi.

Quanto ottenuto dalla seguente ricerca è stato sintetizzato all'interno della Tabella 3.9 per averne una visione immediata più chiara.

Nome progetto	Nome azienda che registra il progetto	Nome azienda che lo realizza	Preesistenza della azienda che lo realizza
Freres Lumber Co., Inc.	ACT Commodities Inc.	Freres Lumber Co., Inc.	Si
Douglas County Forest Products	ACT Commodities Inc.	Douglas County Forest Products	Si
American BioCarbon CT, LLC	American BioCarbon CT, LLC	American BioCarbon CT, LLC	No
Red Trail Energy LLC	Red Trail Energy, LLC	Red Trail Energy, LLC	Si
Restoration Fuels	Restoration Fuels, LLC	Restoration Fuels, LLC	No
V-Grid (c/o South Corner Dairy)	V-Grid Energy Systems	V-Grid Energy Systems	Si
V-Grid Energy Systems	V-Grid Energy Systems	V-Grid Energy Systems	Si
Walsenburg Facility	Woocache PBC	Woocache PBC	No

Tabella 3.9: Dettagli sui progetti registrati dalle aziende statunitensi

Ciò che emerge dall'approfondimento sintetizzato nella Tabella 3.9 è che per quanto riguarda gli USA alcuni progetti presenti sul Puro Registry sono registrati dalla stessa azienda, ma realizzati da due aziende diverse, come nel caso dei progetti Freres Lumber Co., Inc. e Douglas County Forest Products, i quali risultano entrambi registrati dall'azienda statunitense ACT Commodities Inc., ma realizzati rispettivamente dalle aziende Freres Lumber Co., Inc. e Douglas County Forest Products.

Inoltre, i progetti V-Grid (c/o South Corner Dairy) e V-Grid Energy Systems risultano essere sia registrati che realizzati dalla stessa azienda chiamata V-Grid Energy Systems.

Sono quindi in totale 7 le aziende che realizzano questi progetti registrati sul Puro Registry da aziende statunitensi.

Ciò che inoltre è emerso da questa ricerca è che solamente 3 di queste aziende sono state create ad hoc per la realizzazione dei progetti registrati sul registro di Puro.Earth, mentre le altre 4 esistevano già per altri scopi.

Quindi possiamo dire, sia per la Norvegia che per gli USA, che la maggior parte delle aziende che hanno realizzato i progetti registrati sul Puro Registry erano già esistenti per altri fini.



## Conclusione

Il seguente lavoro si poneva l'obiettivo di comprendere per quale motivo la piattaforma globale Puro.Earth avesse in così pochi anni tanto successo in confronto ad altre piattaforme.

Ciò che è emerso è che la forte crescita di questo ente è soprattutto dovuta alla qualità dei processi di monitoraggio, reporting e verifica che risultano essere tra i più solidi del settore. In questo modo Puro.Earth garantisce ai suoi acquirenti rimozioni di carbonio reali e a lungo termine evitando loro ulteriori acquisti di crediti nel tempo. Puro.Earth per garantire il massimo della trasparenza, tracciabilità e integrità, nei primi mesi del 2022 ha reso pubblica la visualizzazione del loro registro, Puro Registry, il quale contiene tutte le informazioni relative ai certificati rilasciati che attestano la rimozione della CO<sub>2</sub> presente nell'atmosfera. Questa decisione è stata presa anche per contrastare la diffusione dell'idea comune sulla cattiva reputazione relativa alla qualità dei mercati volontari del carbonio.

Per garantire ulteriore integrità e trasparenza nell'ottobre del 2021 è stata istituita un'entità indipendente chiamata Advisory Board, un gruppo di esperti del settore e scienziati che ha il compito di stabilire le regole e gestire gli standard di certificazione dello Standard Puro.

Dalle analisi condotte utilizzando i dati del database pubblico, è emerso che, sia in termini di numero di progetti realizzati sia di quantità di crediti generati, gli USA risultano il Paese dove vengono realizzati il maggior numero di progetti presenti su Puro.Earth, seguiti dalla Finlandia.

Inoltre, gli USA si distinguono non solo per avere il maggior numero di ritiri per compensare le proprie emissioni, ma anche per aver sequestrato il volume più elevato di anidride carbonica, registrando il numero più alto di crediti ritirati rispetto agli altri Paesi.

Oltre alle mappature, sono state condotte analisi per identificare la metodologia più utilizzata e la tipologia di crediti predominante. Dalle analisi è emerso che, come previsto, che la tecnica più diffusa è il Biochar, risultato confermato sia dal numero di ritiri, sia dal numero di crediti ritirati, oltre che dal numero di progetti realizzati. Per un'analisi più approfondita, è stata esaminata l'applicazione delle diverse metodologie nei Paesi in cui vengono realizzati i progetti di rimozione della CO<sub>2</sub>.

Le stesse analisi sono state effettuate per comprendere la tipologia di crediti maggiormente utilizzata.

Rielaborando i dati per arricchirli con le informazioni necessarie a condurre ulteriori analisi, è stato possibile mappare le nazioni di appartenenza delle aziende responsabili dei progetti, con Norvegia e USA risultate i Paesi più attivi. In particolare, per ognuna di esse oltre alle analisi effettuate per capire quali fossero le metodologie maggiormente utilizzate, si è voluto comprendere attraverso i risultati ottenuti dalle analisi se fossero più un Paese produttore o un Paese utilizzatore. La Norvegia è risultata essere principalmente un Paese produttore, in quanto il numero di crediti generati supera quello dei crediti utilizzati per compensare le emissioni. Al contrario, negli USA si è ottenuto il risultato opposto, con un numero di crediti utilizzati maggiore rispetto a quelli prodotti.

Inoltre, per la Norvegia è risultato che tutti i progetti registrati nel Puro Registry fossero registrati dall'azienda norvegese Acced AS, per questo motivo oltre ad essere stata effettuata ricerche per comprendere meglio il suo funzionamento, sono state fatte anche ulteriori ricerche al fine di ottenere maggiori informazioni sulle aziende che li hanno realmente realizzati, per capire se fossero aziende fondate ad hoc per la loro realizzazione o aziende già operanti con altri fini. Anche per gli USA sono state effettuate le stesse ricerche, solo che in questo caso non era una sola l'azienda che aveva registrato i progetti presenti sul Puro Registry, quindi è stata effettuata una mappatura delle aziende statunitensi per visualizzare la posizione geografica delle diverse aziende al fine di comprendere se ci fossero legami tra esse o collaborazioni.

## Sitografia

[https://elearning.unite.it/pluginfile.php/297430/mod\\_resource/content/1/Microeconomie%20e%20ambiente.pdf](https://elearning.unite.it/pluginfile.php/297430/mod_resource/content/1/Microeconomie%20e%20ambiente.pdf)

[https://moodle2.units.it/pluginfile.php/423215/mod\\_resource/content/1/Gregori%20%2008\\_10\\_2021.pdf](https://moodle2.units.it/pluginfile.php/423215/mod_resource/content/1/Gregori%20%2008_10_2021.pdf)

[https://elearning.unimib.it/pluginfile.php/680477/mod\\_resource/content/2/esternalita%20e%20beni%20pubblici%20coase.pdf](https://elearning.unimib.it/pluginfile.php/680477/mod_resource/content/2/esternalita%20e%20beni%20pubblici%20coase.pdf)

[https://esgnews.it/environmental/mercati-del-carbonio-cosa-sono-e-come-migliorarli-per-raggiungere-il-net-zero/#Mercati\\_obbligatori\\_e\\_volontari](https://esgnews.it/environmental/mercati-del-carbonio-cosa-sono-e-come-migliorarli-per-raggiungere-il-net-zero/#Mercati_obbligatori_e_volontari)

<https://www.azzeroco2.it/greenteam/mitigare-le-emissioni-inquinanti-il-mercato-volontario-dei-crediti-di-carbonio/>

<https://aplanet.org/it/risorse/cosa-si-intende-per-net-zero-e-come-raggiungerlo-strategie-per-raggiungere-le-emissioni-nette-zero/#:~:text=Definizione%20di%20Net%20Zero&text=In%20pratica%2C%20si%20tratta%20di,riscaldamento%20globale%20nel%20breve%20termine.>

<https://netzeroclimate.org/what-is-net-zero-2/>

<https://www.statista.com/statistics/1325132/ghg-emissions-shares-sector-european-union-eu/>

<https://www.statista.com/statistics/1481215/average-vcm-credit-prices-worldwide-by-project-region/>

<https://puro.earth/certify-your-carbon-removal>

<https://www.energymonitor.ai/carbon-removal/puro-earth-how-to-verify-carbon-removals/>

<https://carbonremovals.org/projects/puro-earth/>

[https://7518557.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/7518557/General%20Rules/Puro.earth\\_General-Rules\\_v.4.0.pdf](https://7518557.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/7518557/General%20Rules/Puro.earth_General-Rules_v.4.0.pdf)

<https://puro.earth/fees/old-model>

<https://carbonherald.com/puro-earth-launches-new-carbon-removal-verification-fee-structure/>

<https://puro.earth/blog/our-blog/introducing-the-world-s-first-reference-price-indexes-for-engineered-carbon-removal>

<https://puro.earth/corc-carbon-removal-indexes>