Introduzione alla giornata

Carbonio, Politiche europee, sostenibilità economica del sequestro ed utilizzo

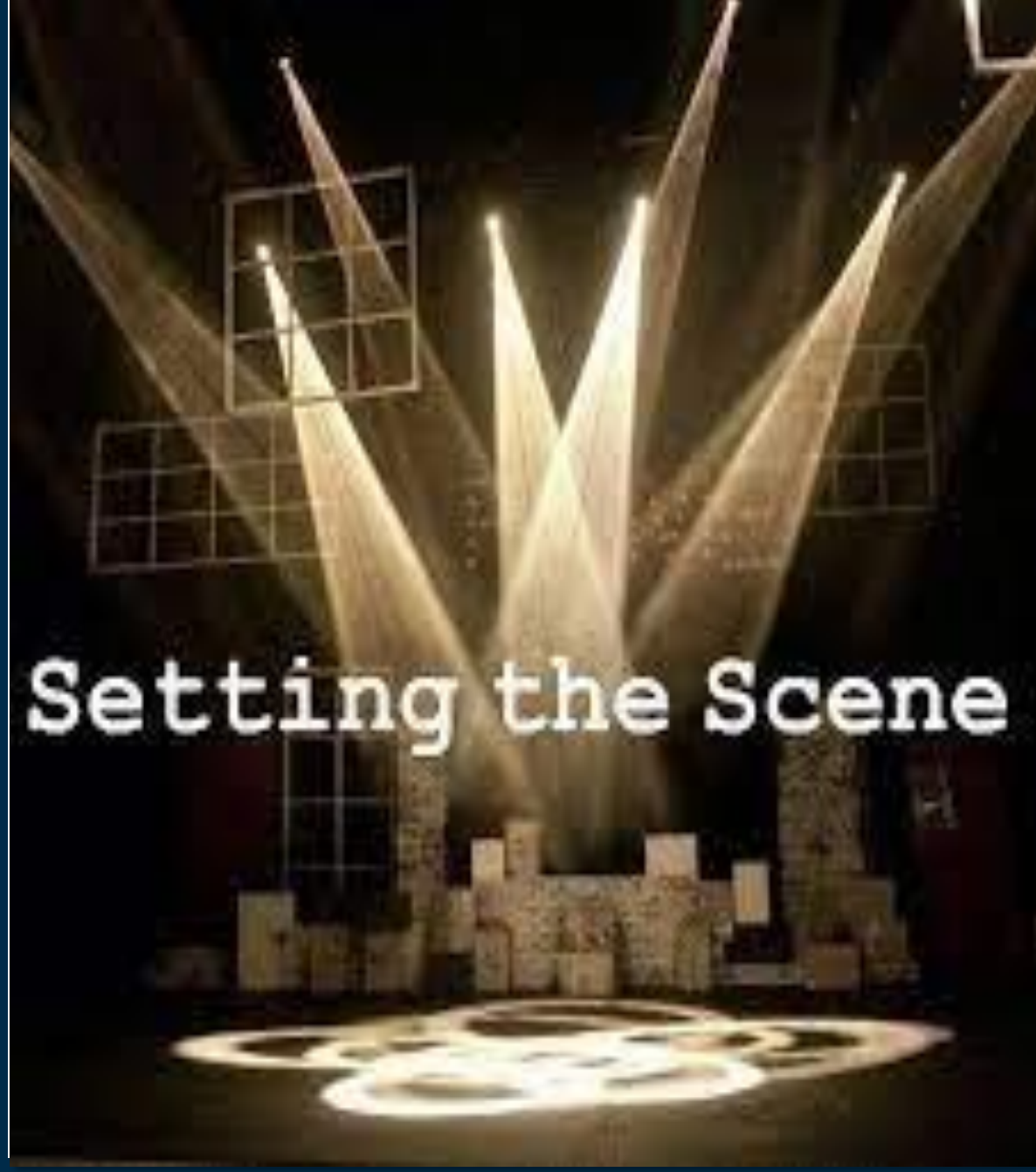
D. Chiaramonti

Politecnico di Torino

RE·CORD

Setting the scene

- Politiche CO_2 e Crediti C
- C Removal (Negative Emission Technologies, NETs) vs Allowances (ETS)
- Mercati: Rimozioni *Volontarie* vs *Obbligate*



CO_2 , C e Crediti

- **Carbon Farming**. *Comunicazione EC 15.12.2021, COM(2021) 800 final*
  - ✓ Grande attenzione e dibattito
  - ✓ Creazione di **mercato dedicato** →
    - ✓ Non semplice da realizzare in tempi brevi
    - ✓ Urgente agire per il clima
- ***Policies* globali ed EU su CO_2 / GHG**
  - ✓ **Già sviluppate**, mercato in **forte crescita**
  - ✓ **EU**: Emission Trading Scheme ETS, REDII ("REDIII" a breve), CAP, ESR…
  - ✓ **Globali**: IPCC-COPs → CORSIA (Aviazione), IMO (Marittimo)…
- **CO_2 e Carbonio (C)**
  - ✓ **CO_2: gas** (da sequestrare, o produrre H_2 Green per farne prodotti)
  - ✓ **C: solido** (mattone fondamentale economia sostenibile - moltissimi usi)

Removal Units vs ETS Allowances

A **Removal Unit** (RMU, or **RU**) is a **tradable carbon credit** or 'Kyoto unit' representing an allowance to emit one tonne of greenhouse gases absorbed by a removal or Carbon sink activity in an Annex I country. Removal Units are generated and issued by Kyoto Protocol Annex I Parties for carbon absorption by land use, land-use change, and forestry (LULUCF) activities such as reforestation.

Emission trading (**ETS**) for carbon dioxide (CO2) and other greenhouse gases (GHG) is a **form of carbon pricing**; also known as **cap and trade (CAT) or carbon pricing**. It is an approach to limit climate change by creating a market with limited allowances for emissions.
Carbon ETS are in operation in **China**, the **European Union** and other countries.

EU Allowances (**EUA**) are **climate credits (or carbon credits)** used in the European Union Emissions Trading Scheme (**EU ETS**). EU Allowances are issued by the EU Member States into Member State Registry accounts. The EU-ETS focuses on **industry and large power generation**.

[..] **Some ETSs already have experience with the use of RUs**, albeit primarily in the context of offsets from afforestation and reforestation projects. Examples: **California** cap and trade program, some **Chinese** Pilot ETSs as well as the **Korea** ETS – all of which established quantitative limits and qualitative criteria for offset use.

New Zealand's ETS (NZ ETS) **awards ETS allowances for removals from forestry** (afforestation and reforestation), without a limit on the total number of units from those activities that can go into the system.

CO_2 e Crediti

- **Mercati Volontari e Obbligati**

✓ **Mercati Volontari**: bassi costi unitari €/t_{CO2}.

- **Reforestation** (*natural or intentional restocking of existing forests and woodlands that have been depleted, usually through deforestation, but also after clearcutting*) ed **afforestation** (*establishment of a forest or stand of trees in an area where there was no previous tree cover*). Si prevedono valori unitari in crescita in futuro.
- **Biochar**, su piccoli volumi, ha già valori interessanti.

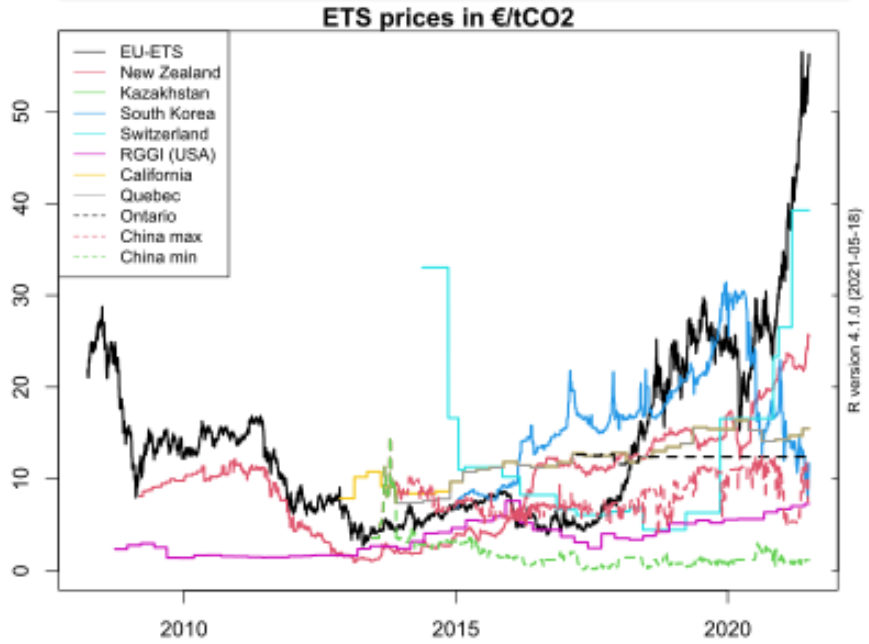
✓ **Mercati Obbligati:** valori unitari già interessanti in EU. **Soggetti obbligati EU ETS**: grandi emettitori GHG (cemento, acciaio, petrolchimico, aviazione, etc). Scopo: ridurre le loro emissioni.

✓ **Agricoltura**: enorme potenziale di sequestro ed **USO** di **C** (resilienza dei suoli a Cambiamento Climatico). Agricoltura e foreste **non in EU ETS** come generatore di crediti

C Offsetting

- **EUA, CER, ERU, VER, VCU….**
  - ✓ **CER** (Certified Emission Reduction, da meccanismo CDM), **ERU** (Emission Reduction Unit), **VER** (Voluntary Emission Reduction), **VCU** (Verified Carbon Unit)
    - VER e VCU comuni nei mercati volontari.
    - CER non più permessi da 30 Aprile 2022 in ETS
  - ✓ CER, 2021: 0,34 €/t_{CO2} (1 credito di C)
  - ✓ Allowances vs CER: due ordini di grandezza…
- **Guardando in avanti:**
  - ✓ **Previsto aumento costi di offsetting**

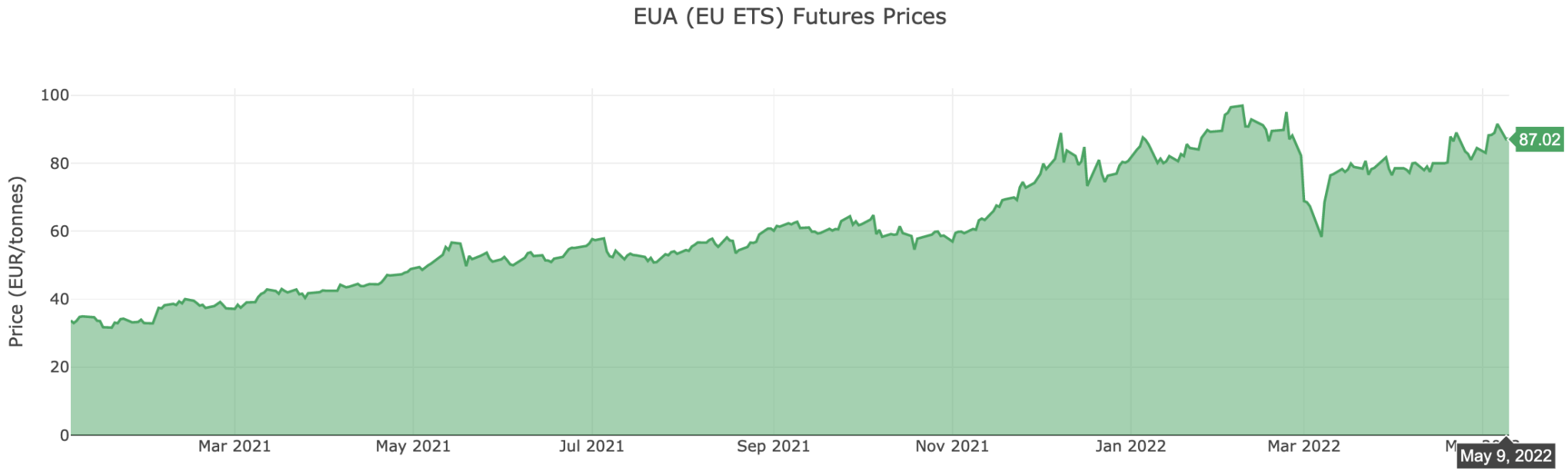
Mercato CO_2, 2021	EUA	UKA	CER
Media annuale	48.10 €	47.97 £	0.37 €
Gennaio	33.54 €	-	0.35 €
Febbraio	37.96 €	-	0.38 €
Marzo	40.96 €	-	0.38 €
Aprile	45.34 €	-	
Maggio	52.26 €	49.83 £	
Giugno	52.84 €	45.92 £	
Luglio	53.39 €	44.14 £	
Agosto	56.66 €	48.44 £	
Settembre	60.88 €	54.32 £	



EUA (EU ETS)

EMBER

- Raggiunti quasi **100 €/t_{CO2}**
  (7-8 Feb 2022)



→ **2020-2021: le line aeree hanno compensato ad un costo medio di 48 € (*Compensaid* project)**

AirDolomiti | Lufthansa | SWISS | Austrian | brussels airlines | Eurowings | Miles & More

Data source: ICE (Intercontinental Exchange), Dec21 Futures daily close prices
Tracking the European Union and United Kingdom Emissions Trading System carbon market price day-by-day. One EUA or UKA gives the holder the right to emit one tonne of carbon dioxide, or the equivalent amount of two more powerful greenhouse gases, nitrous oxide (N2O) and perfluorocarbons (PFCs)

https://ember-climate.org/data/carbon-price-viewer/

I costi elevati delle azioni C-negative

- **Rimozione della CO_2 dall'atmosfera - CCS/CCU. For instance:**
  - ✓ Direct Air Capture and Sequestration (IEA: stime variabili, da ottimistici 100 €/tCO_2, per impianti futuri di larga scale a 1000 €/tCO_2 *https://www.iea.org/reports/direct-air-capture*)
  - ✓ Altre forme di CCS comunque ancora costose

…however, concerns exist on impacts of carbon prices on low-income households and political sustainability of carbon prices

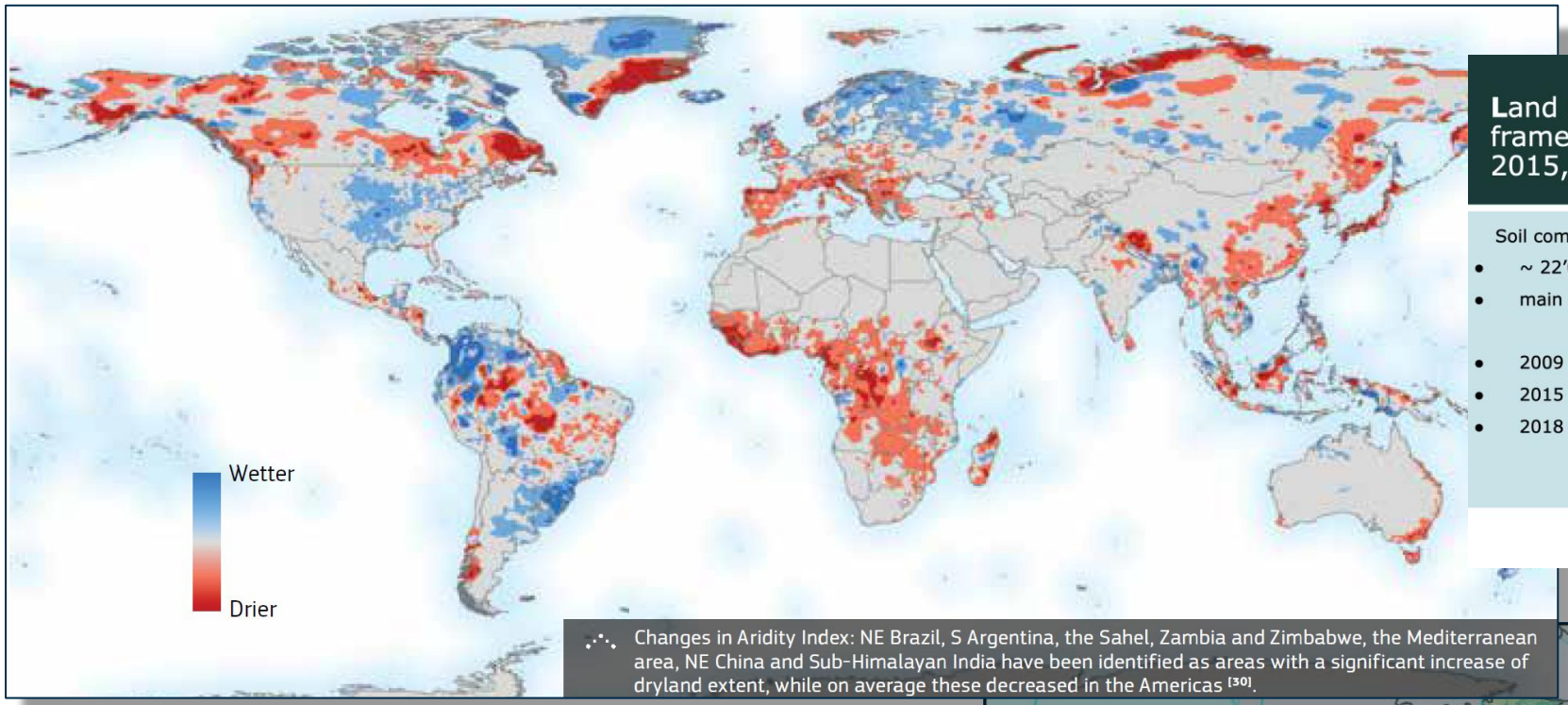
underestimated: a recent review of 1.5°C degree scenarios finds that the median global carbon price (measured in 2005 US$) for achieving this target is $145/tCO$_2$ in 2030, around $380/t CO$_2$ in 2050 and at least an order of magnitude above this by 2100. Prices will differ across the scenarios assessed based on different assumptions

- **BIOCHAR: soluzione più competitiva a larga scala**
  - ✓ **Biochar è BioCCS/U.**
  - ✓ **Molti settori *end-use* stanno guardando a questa possibilità.** Ad es: ICAO-FTG per Sustainable Aviation ha iniziato analisi su offsetting attraverso Biochar

Desertificazione, Marginalizzazione, Carbonio nel suolo

- Riduzione di C nei suoli EU e di molti Paesi Terzi ben documentata ed in forte crescita
- Necessario riportare C (nelle varie forme) nel suolo
- Permanenza nel suolo, sequestro

Desertificazione e Marginalizzazione



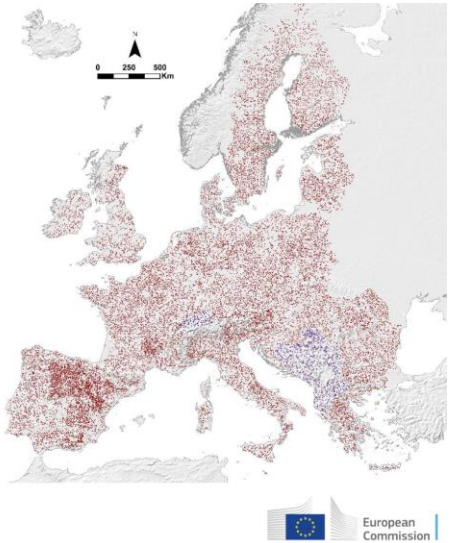
Changes in Aridity Index: NE Brazil, S Argentina, the Sahel, Zambia and Zimbabwe, the Mediterranean area, NE China and Sub-Himalayan India have been identified as areas with a significant increase of dryland extent, while on average these decreased in the Americas [30].

Land Use and Coverage Area frame Survey (LUCAS 2009, 2015, 2018)

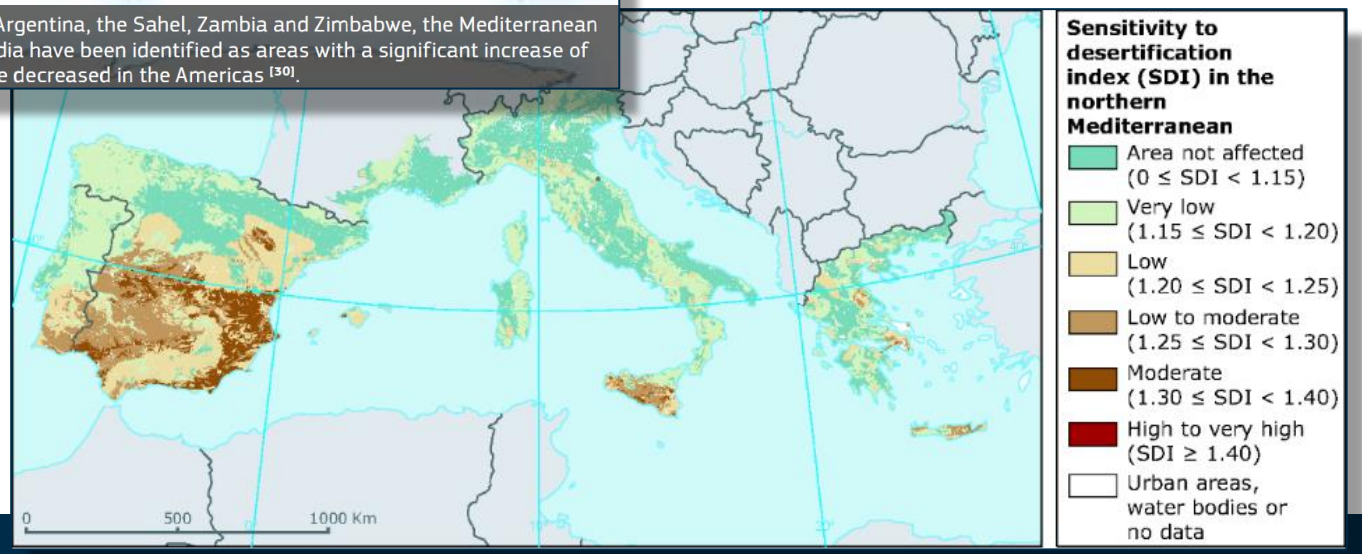
Soil component

- ~ 22'000 topsoil samples
- main physical-chemical soil properties

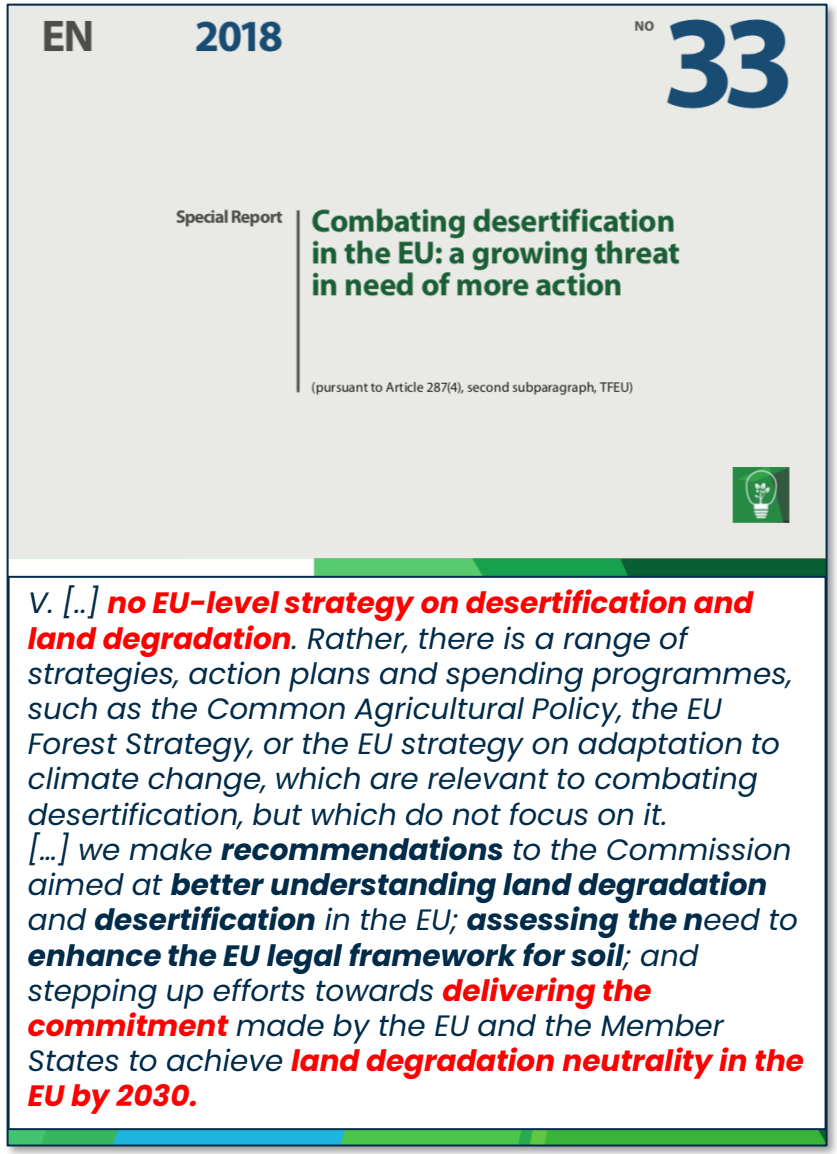
- 2009 completed
- 2015 completed
- 2018 completed – lab analysis ongoing



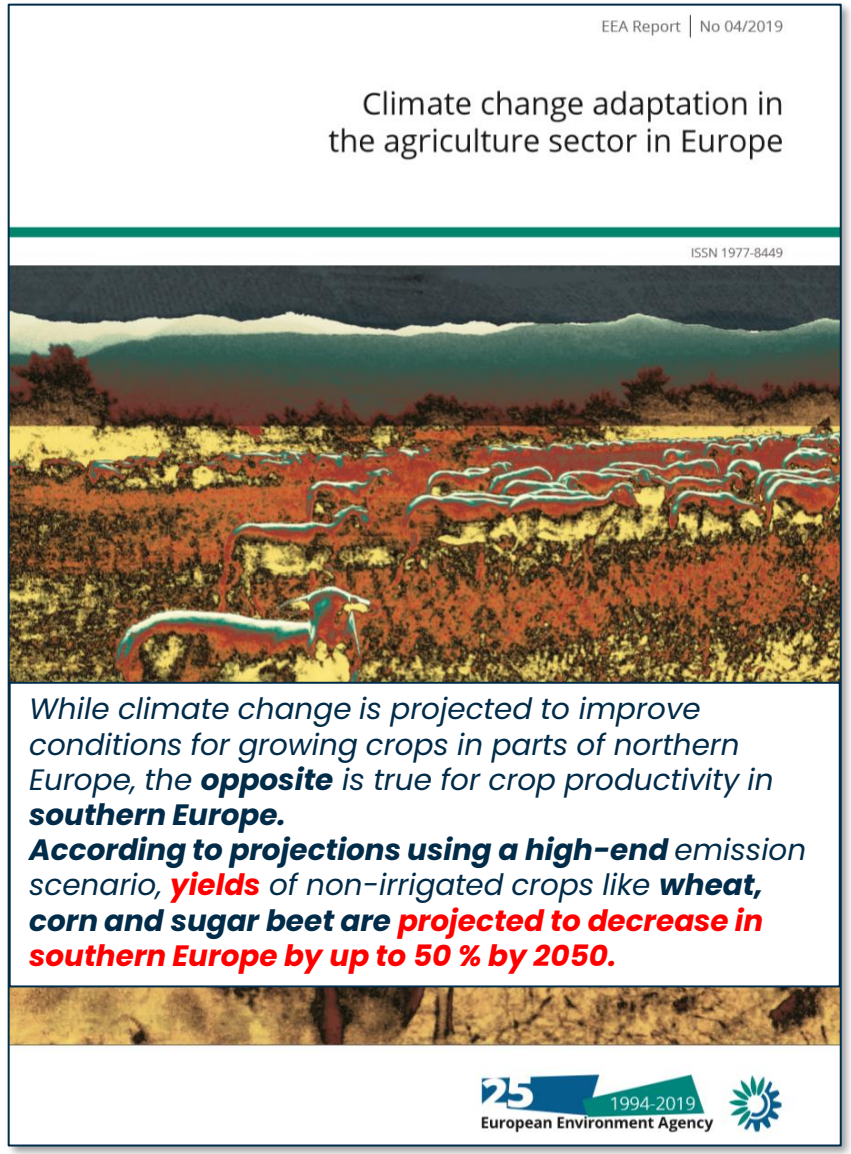
EU MED (PT, ES, FR, IT, HR, GR, CY):
8.5 Mha marginal land ***(source: EU S2Biom project)***



Desertificazione e Marginalizzazione in EU



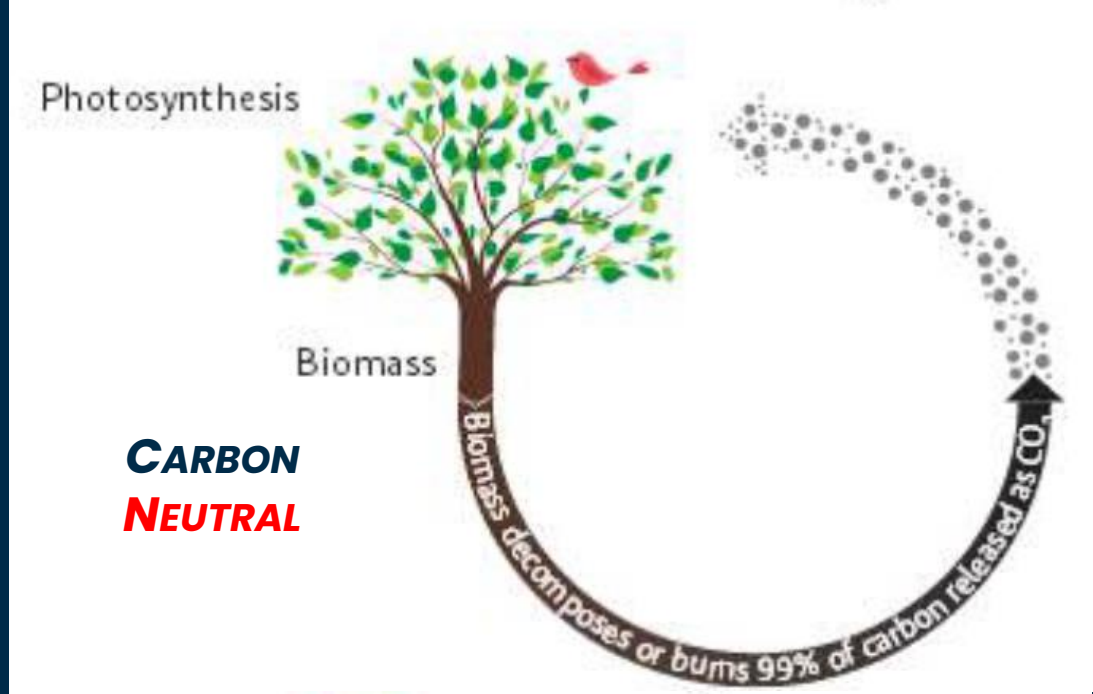
V. [..] ***no EU-level strategy on desertification and land degradation****. Rather, there is a range of strategies, action plans and spending programmes, such as the Common Agricultural Policy, the EU Forest Strategy, or the EU strategy on adaptation to climate change, which are relevant to combating desertification, but which do not focus on it.*
[…] we make ***recommendations*** *to the Commission aimed at* ***better understanding land degradation*** *and* ***desertification*** *in the EU;* ***assessing the n****eed to* ***enhance the EU legal framework for soil****; and stepping up efforts towards* ***delivering the commitment*** *made by the EU and the Member States to achieve* ***land degradation neutrality in the EU by 2030.***

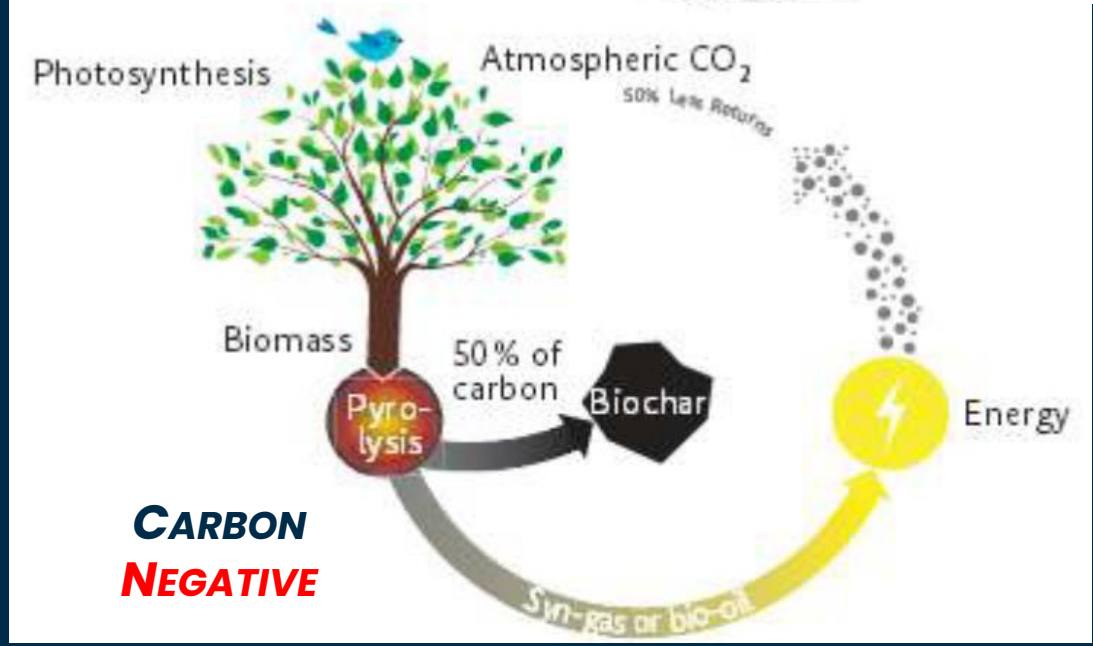


While climate change is projected to improve conditions for growing crops in parts of northern Europe, the ***opposite*** *is true for crop productivity in* ***southern Europe.***
According to projections using a high-end *emission scenario,* ***yields*** *of non-irrigated crops like* ***wheat, corn and sugar beet are projected to decrease in southern Europe by up to 50 % by 2050.***

Biochar: Sequestro + uso del Carbonio + Salute dei Suoli

- Soluzione naturale, tra le più competitive
- Tecnologia e processo maturo
- Win-win perchè
  - ✓ *Long-lived C*
  - ✓ *Contemporaneamente genera benefici per suolo ed agricoltura contribuendo a altre politiche EU*





Perchè il biochar è così interessante?

- **Biochar**
  - ✓ Prodotto Carbonizzazione (pirolisi lenta) a T modeste (400-600 °C) in assenza O_2
  - ✓ Forma recalcitrante di C
  - ✓ Può essere prodotto da biomasse residuali di varia natura
  - ✓ Esplicitamente elencato nel nuovo Regolamento EU Fertilizzanti e MS
  - ✓ Incluso nell' *Implementing Act* della REDII come "Pratica Agronomica Sostenibile", quella con la maggiore soglia (g_{CO2}/MJ).

- **Perché biochar come NET è una opportunità?**
  - ✓ Può essere prodotto in unità decentralizzate sul territorio con tecnologie mature
  - ✓ Le rimozioni di Carbonio (RU) sono già certificabili, la filiera è ampiamente dimostrata
  - ✓ E' la soluzione più competitiva per progetti for C-negative actions (obiettivo EU, COPs, etc)

  …. *ed al contempo…*

  - ✓ Contribuisce al recupero di terreni Marginali e contrasta il cambiamento climatico (Desertificazione). Consente di produrre Low ILUC feedstocks. Azione positive su uso di acqua.
  - ✓ Genera quindi benefici socio-economici nel settore primario e sull'ambiente (e.g. biodiversità, microbiota del suolo)

Biochar: caratteristiche vs Politiche e *Business Development* a grande scala

Effetti agronomici

Effetti funzione di sito-suolo-coltura-materia prima-processo

Caratteristiche del Biochar dipendono da materia prima, tipologia di reattore, condizioni di processo

Effetti agronomici ben documentati, ma variabili e difficili da generalizzare

Proporre una politica in supporto del biochar su questa base variabile appare molto difficile

Sequestro (ed Uso) di Carbonio

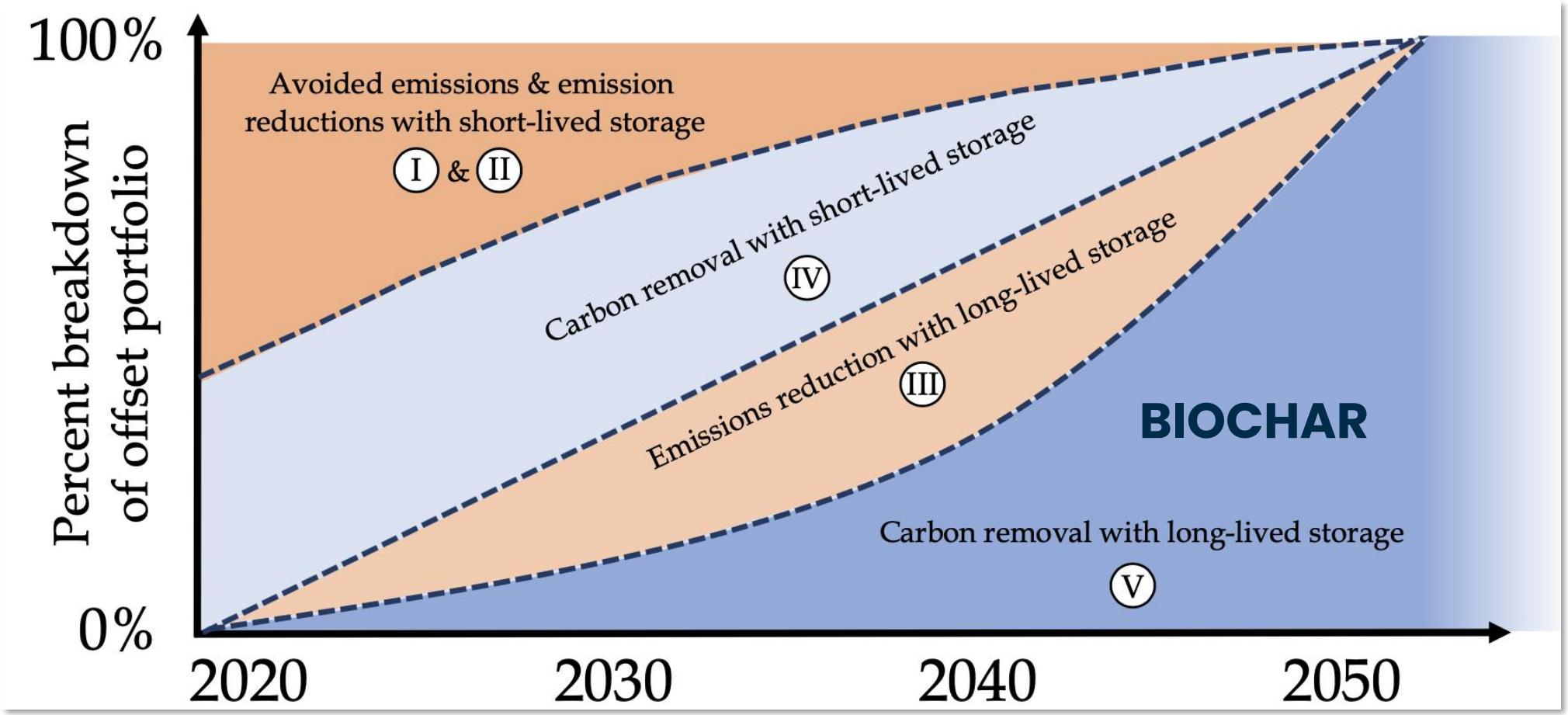
Il C fissato tramite Biochar può essere misurato sin dalla produzione. Metodo indipendente da materia prima e reattore, standard già esistenti

In una scala di 100 anni, biochar ben prodotto con alto C-fisso è molto stabile

L'effetto di sequestro ed uso C non dipende significativamente da suolo, coltura e clima

Politiche su CO_2 globali, con molte misure già in essere, mercati sviluppati. Enormi volumi GHG savings da realizzare, valore CO_2 già definito in molti schemi/mercati

Il Biochar è forma di *long-lived C-removal*



Adattato da: The Oxford Principles for Net Zero Aligned Carbon Offsetting, September 2020, University of Oxford

C nel suolo – Rimozioni *long-lived* essenziali

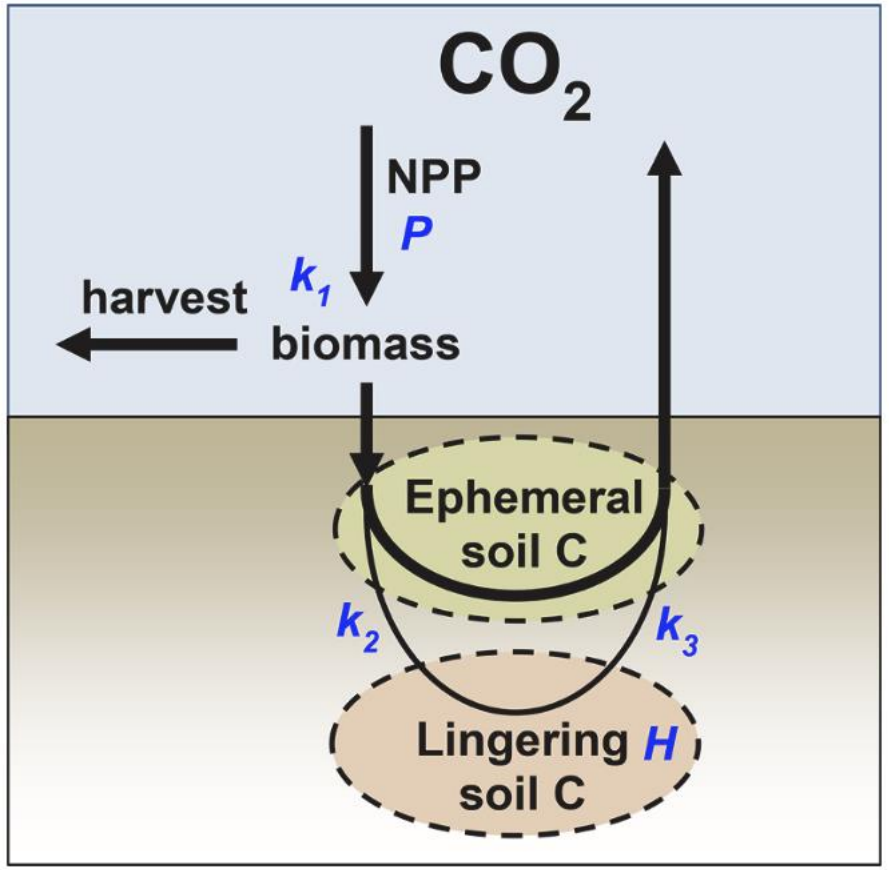
- ***Ephemeral* vs *Lingering* soil C**
- **Altri termini frequentemente usati (non del tutto corretti) in ambito biochar e pirolisi**
  - ***C stabile o recalcitrante***
  - ***C labile***

Table 2 Kinetic parameters of the double first-order exponential decay model describing biochar decomposition in soils. Values represent means ± standard errors

	Size	Decomposition rate	Mean residence time
Labile C pool	3 ± 0.6%	0.0093% day^{-1}	108 ± 196 days
Recalcitrant C pool	97 ± 0.6%	0.0018% $year^{-1}$	556 ± 483 years

GCB Bioenergy (2016) **8**, 512–523, doi: 10.1111/gcbb.12266

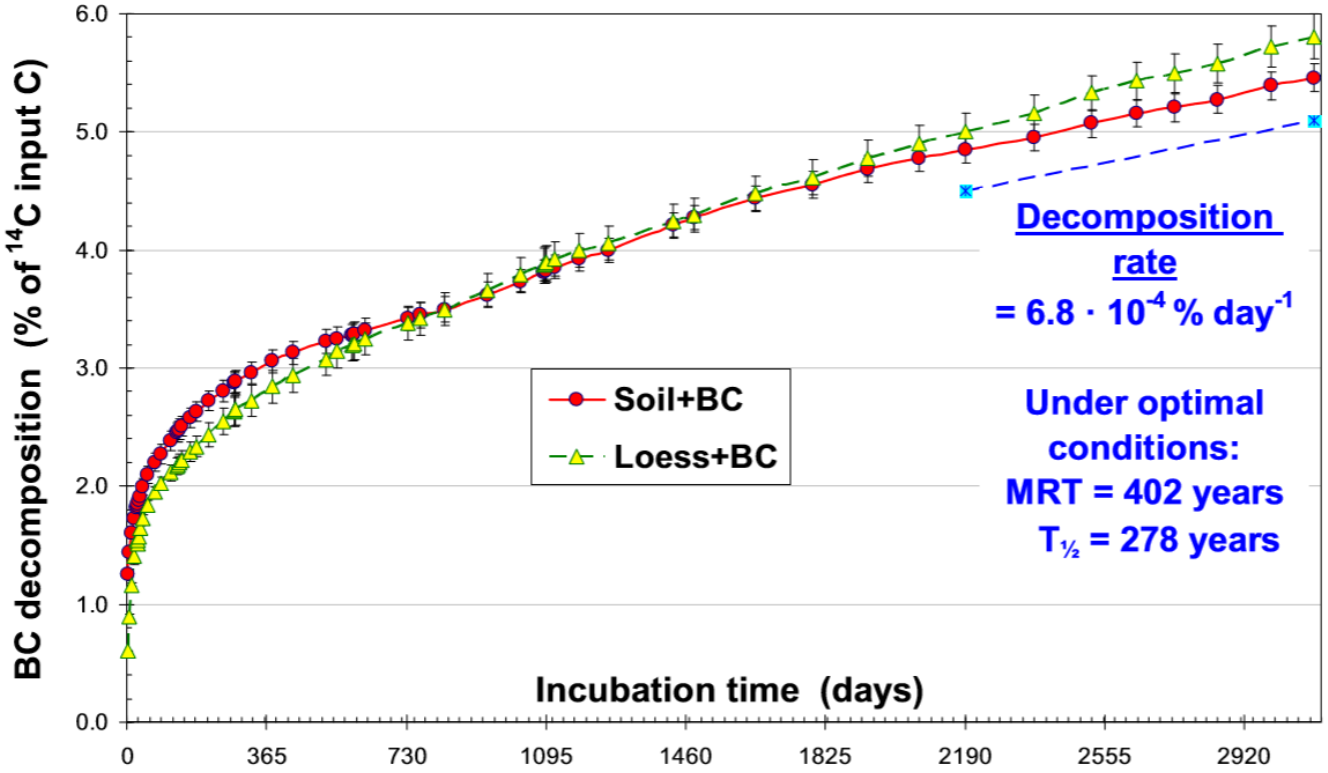
[..] We conclude that biochar can persist in soils on a centennial scale and that it has a positive effect on SOM dynamics and thus on C sequestration.



H.H. Janzen et al.

Geoderma 416 (2022) 115810

Long-lived nella letteratura scientifica



Y. Kuzyakov et al. / Soil Biology & Biochemistry 70 (2014) 229–236

Soil Biology & Biochemistry 70 (2014) 229–236

Contents lists available at ScienceDirect

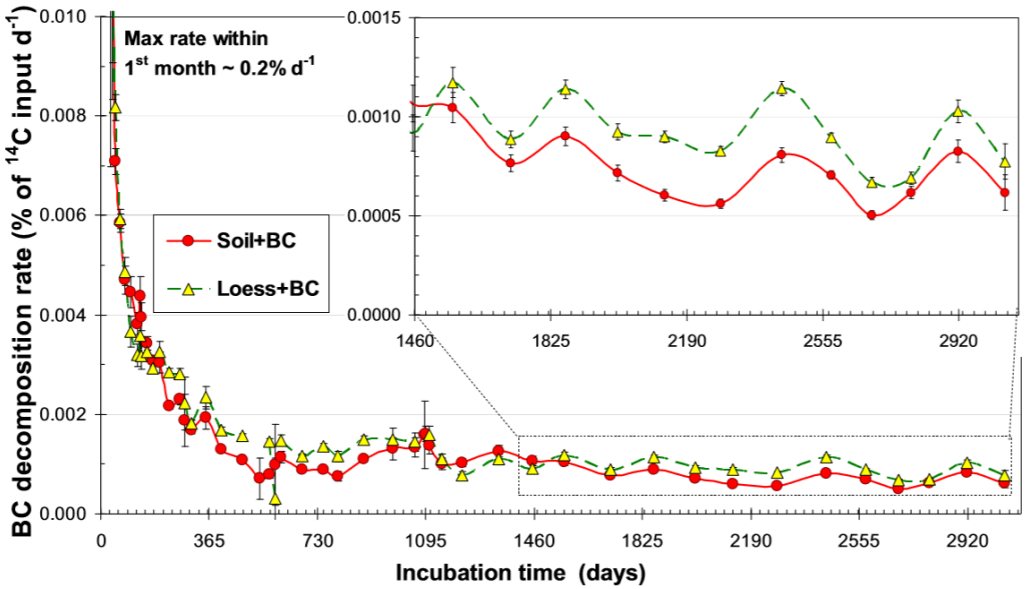
Soil Biology & Biochemistry

journal homepage: www.elsevier.com/locate/soilbio

Biochar stability in soil: Decomposition during eight years and transformation as assessed by compound-specific ^{14}C analysis

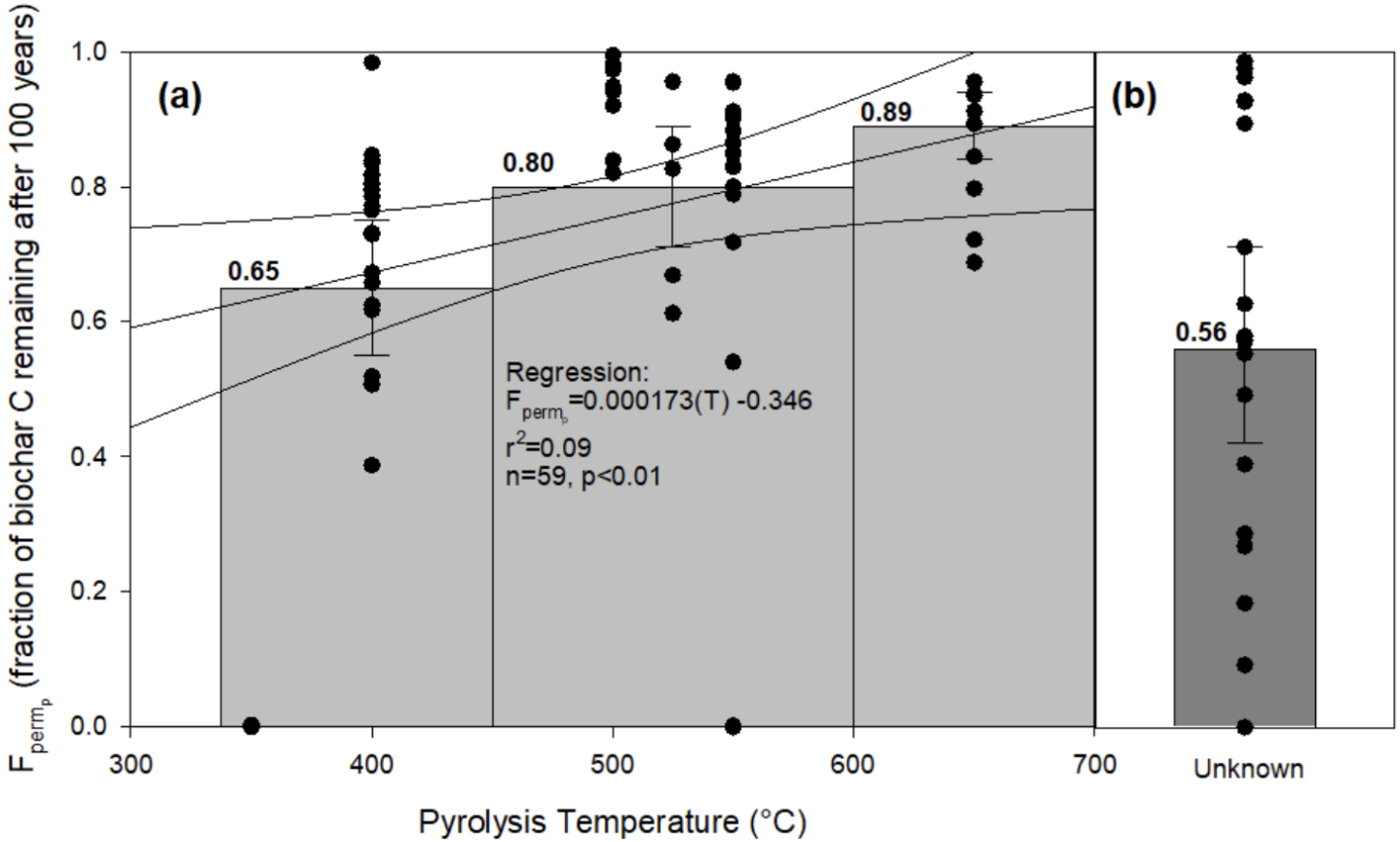
Yakov Kuzyakov [a,b,*], Irina Bogomolova [a], Bruno Glaser [c]

[a] Department of Soil Science of Temperate Ecosystems, University of Göttingen, 37077 Göttingen, Germany
[b] Department of Agricultural Soil Science, University of Göttingen, 37077 Göttingen, Germany
[c] Department of Soil Biogeochemistry, Institute of Agronomy and Nutritional Sciences, Martin-Luther University Halle-Wittenberg, Von-Seckendorff-Platz 3, 06120 Halle, Germany



Long-lived per IPCC

Appendix 4 **Method for Estimating the Change in Mineral Soil Organic Carbon Stocks from Biochar Amendments: Basis for Future Methodological Development**



Long-lived per IPCC

Appendix 4 Method for Estimating the Change in Mineral Soil Organic Carbon Stocks from Biochar Amendments: Basis for Future Methodological Development

This appendix provides a basis for future methodological development of a Tier 1 method for estimating the change in mineral soil organic C stocks from biochar amendments to soils, rather than complete guidance.

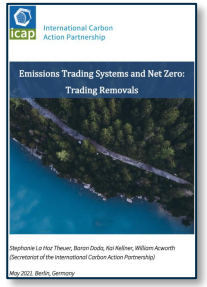
For the purpose of this methodology, biochar is defined as a solid material generated by heating biomass to a temperature in excess of 350°C under conditions of controlled and limited oxidant concentrations to prevent combustion. These processes can be classified as either pyrolysis (in which oxidants are excluded), or gasification (in which oxidant concentrations are low enough to generate syngas). The change in soil organic C stocks from biochar amendments is estimated separately from other organic amendments over a 100-year time frame. This method does

EQUATION 4A.1

ANNUAL CHANGE IN BIOCHAR CARBON STOCK IN MINERAL SOILS RECEIVING BIOCHAR ADDITIONS

$$\Delta BC_{Mineral} = \sum_{p=1}^{n} \left(BC_{TOT_p} \bullet F_{C_p} \bullet F_{perm_p} \right)$$

Natura Biochar non ancora compresa



- *Biochar* (BC) involves the production of charcoal from biomass (through pyrolysis or gasification), which can then be added to soil. This can store the carbon in a stable way and improve soil quality.

3.2.3. Biochar (BC)

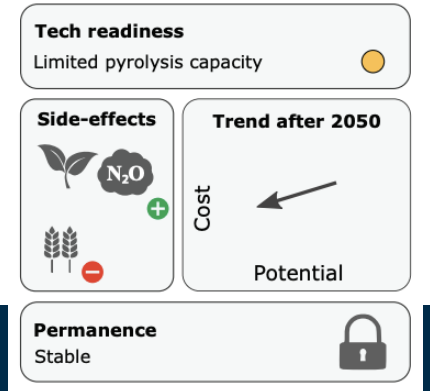
Biochar involves the production of charcoal from biomass through pyrolysis or gasification and then adding the charcoal to soil. This stores the carbon in a stable way and improves soil quality, but the fuel source used must be assessed carefully in quantifying (negative) emissions from a lifecycle perspective.[11] Technical status: existing; Potential in 2050: up to 2 Gt CO_2/y; Permanence: vulnerable; Costs: USD 30-120/t.

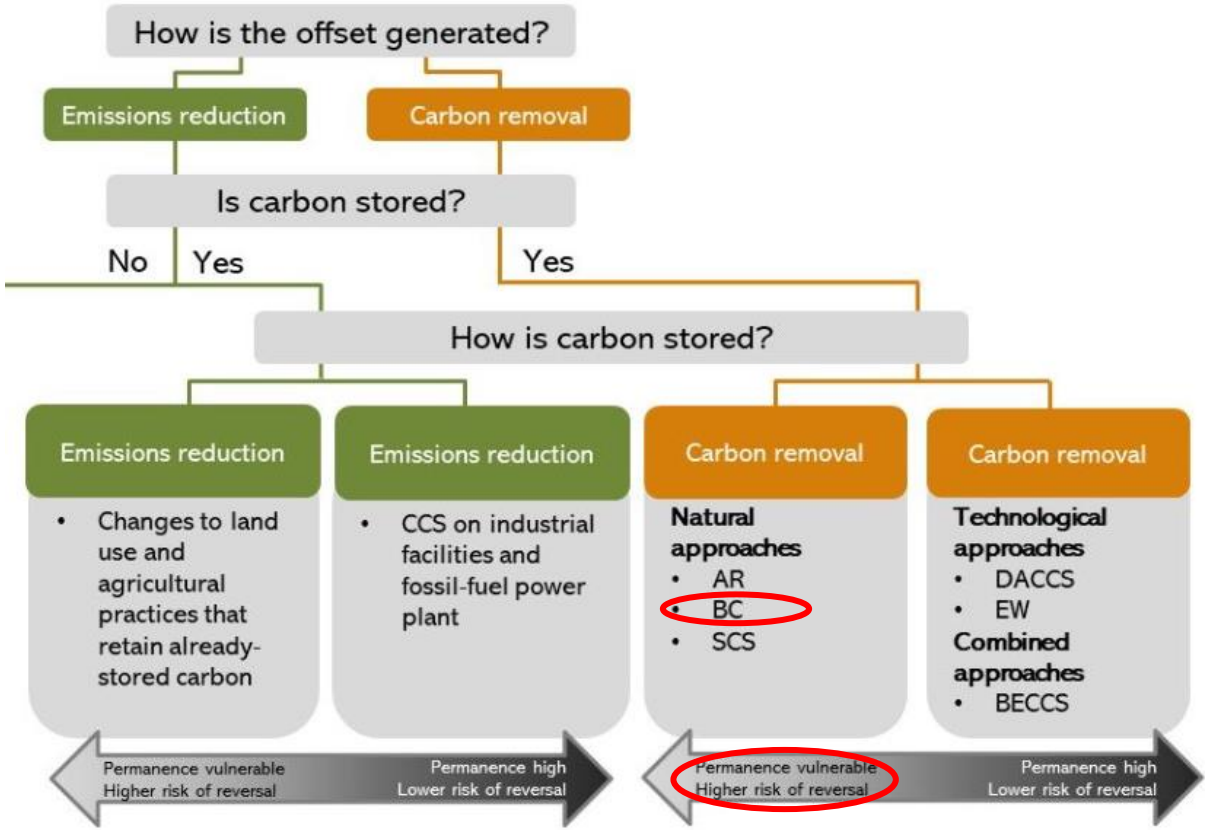
LETTERATURA PRIMARIA – *Minx et al. (2018). 'Negative emissions: Part 1 – research landscape and synthesis'. Environmental Research Letters. 13.*

Side effects		Permanence and saturation	Development status of technology	Remaining barriers to development, deployment and upscaling
positive	negative			
Increased crop yields and reduced drought; reduced CH4 and N2O emissions from soils; improved soil carbon, nutrient and water cycling impacts	Competition for biomass resources; direct and indirect LUC; potential increase plant vulnerability against insects, pathogens, and drought; albedo change partly offsetting mitigation effect	Residence times of biochars range between decades to centuries depending on soil type, management, and environmental conditions	Pyrolysis capacity limited at present	Incentives for widespread adoption; costs of pyrolysis

???

???





Sequestro ed uso C: perché di grande interesse per l'agricoltura

Agricoltura come attore nella rimozione ed uso della CO2 dall'atmosfera

Agricoltura: **10.3%** emissioni **GHG** EU (non includendo emissioni LULUCF – EEA).

Solo con rif ai terreni marginali, il **potenziale di sequestro in agricoltura enorme**.

Biochar, compost, energia come ***enablers*** di agricoltura sostenibile.

Incremento di reddito per agricoltori: possibili filiere agricole economicamente sostenibili.

Nuovo **Regolamento EU Fertilizzanti**.

Cosa è necessario

Pagamenti non per unità di superficie (ha), ma per unità di CO_2 rimossa (t_{CO2}) a t>100 anni

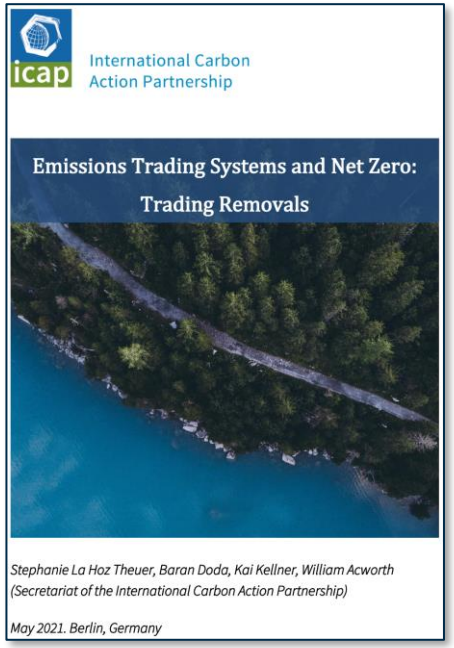
Mercato dedicato, ma **inquadrato** in quelli esistenti. **Competere** con altri prodotti sul mercato

Modello di business non basato su incentivi applicabile in modo generalizzato (non site- o crop-dependent), almeno a scala **regionale**, cioè **EU.**

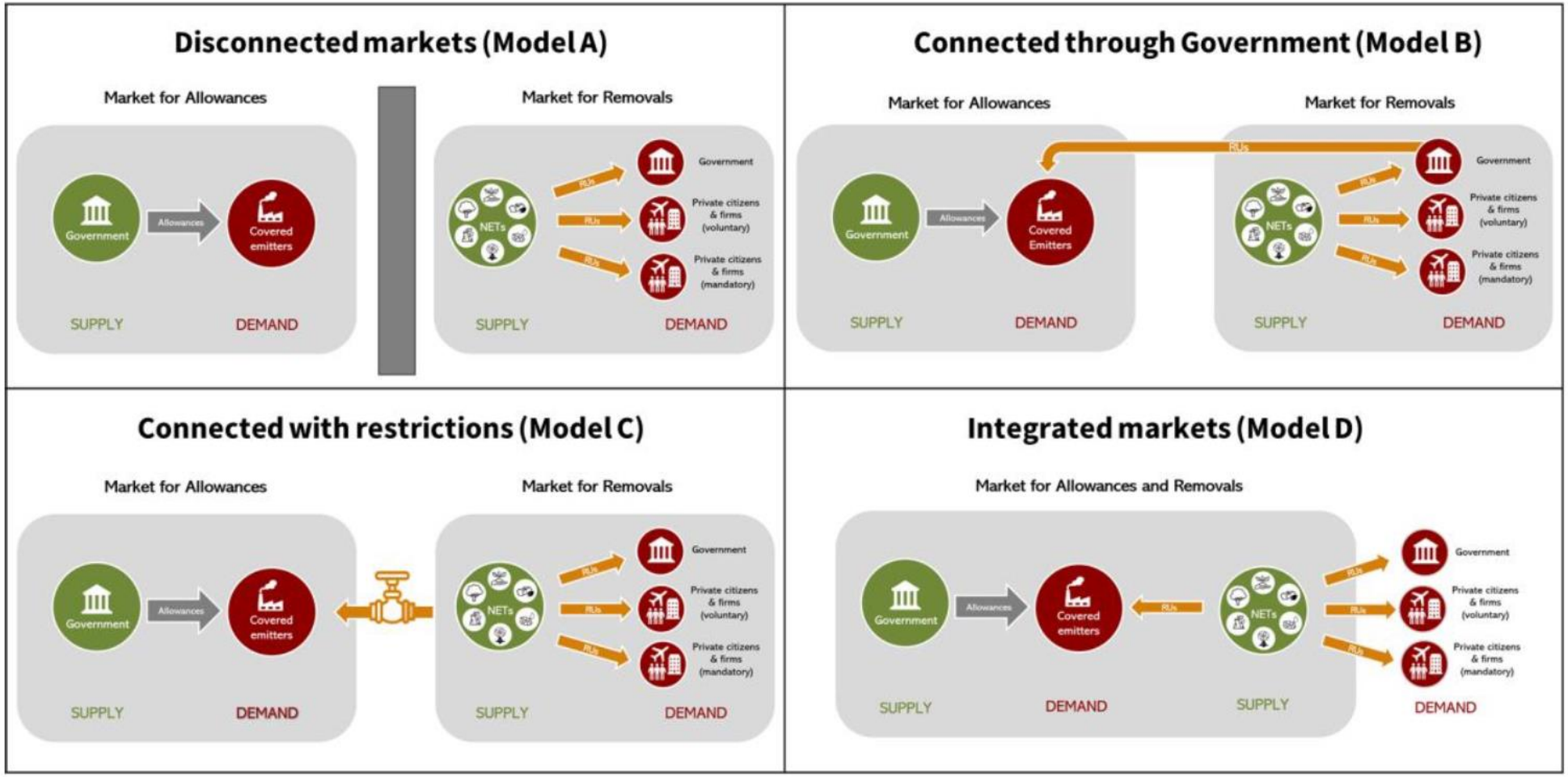
Come collegare le politiche esistenti?

- C Removal (Negative Emission Technologies, NETs) vs Allowances (ETS)
- Connettere politiche EU, favorire simbiosi agro-industriale

Analisi ICAP



International Carbon Action Partnership (ICAP) is an international forum for **governments and public authorities** that have implemented or are planning to implement emissions trading systems (**ETS**).



Perchè l'Innovation Deal

- Quale è la barriera non tecnica da affrontare?
- Quale proposta?
- Quali operatori economici sono interessati?

La necessità dell'Innovation Deal

- **Solo riduzioni dirette di emissioni GHG da parte dei grandi emettitori sono oggi incluse nello schema EU ETS**
- **Sviluppare mercato ex-novo è complesso, richiede tempo e risorse (la comunicazione su C-farming è dunque realistica, nei tempi indicati?)**
- **E' invece urgente applicare soluzioni immediate per contrastare il Cambiamento Climatico**
- **Biochar come CCS (CCU), già presente in ETS**

EUROPEAN COMMISSION

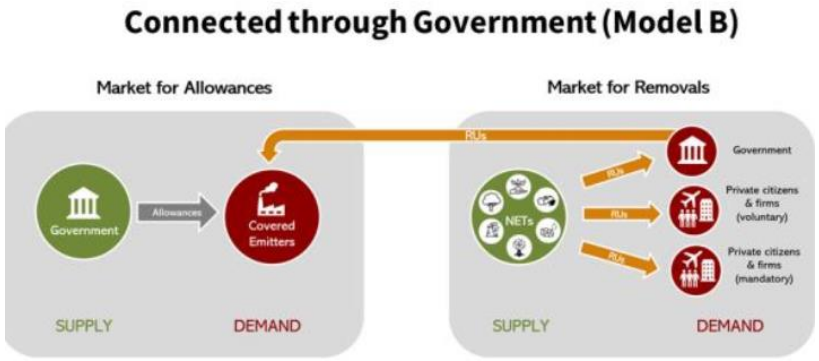
✓ *The ETS provides the main incentive for CCS deployment. According to the EU legal framework, CO_2 that is captured and safely stored is considered as "not emitted" under the ETS. Since the 2015 amendment to the Emissions Trading Directive, capture, transport and storage installations are explicitly included in the ETS.*

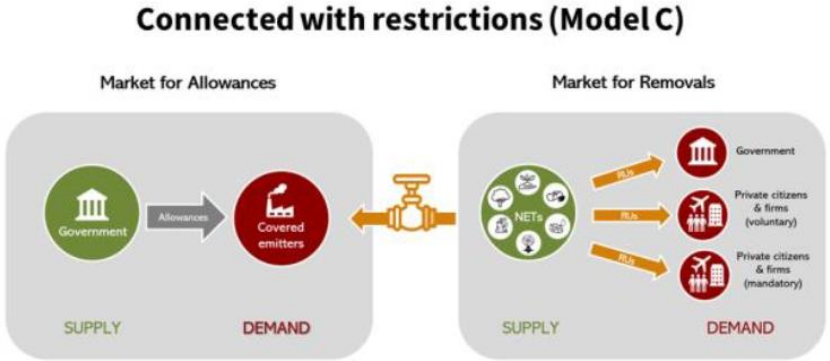
Proposta di lavoro

- **Inserire RU tramite biochar nel sistema ETS**
- **Predefinire e controllare i volumi inseriti nel mercato** (ICAP B e C) per **bilanciare domanda e offerta**

→ **Benefici per EU**

- ✓ **Rimozione certa e certificabile**: *Certified C Removals* verifiche di parte terza (misure)
- ✓ Sequestro C a **costi inferiori a qualsiasi alternativa attuale per CO_2**
- ✓ Intervento positivo sul **suolo**, integrazione con **compost** e altre pratiche agronomiche sostenibili
- ✓ Supporto a altre politiche EU: **Green Deal** (F2F, C-farming, Energy, …), **SDGs**





Barriera, operatori, ruoli

- **Barriera da affrontare: introdurre quota di crediti da biochar in ETS**
- **Attori e Regolazione**
  - **Operatori Economici obbligati ETS: Petrolchimico, Aviazione e Aeroporti, Cemento, Acciaio.**
  - **Mercato regolato da Istituzione governativa (o simile).**
- **Attenzione a non ridurre l'azione sulla riduzione delle emissioni GHG da parte dei grandi emettitori**
  - **Solo una parte del mercato potrebbe essere soddisfatta secondo questo approccio.**
  - **Comunque volume sufficiente per il mercato agricolo, e del tutto nuovo.**
- **Long-lived C Sequestration (ed Utilization da agricoltura sostenibile)**
  - **In agricoltura la rimozione permanente (long-lived) di C non è altrimenti semplice da realizzare, pur essendo priorità EU (C-farming communication, 15.12.2021).**

Conclusioni

- Sono possibili business model sostenibili e di grande scala se inquadrate in politiche EU innovative
- Lo schema EU ETS dovrebbe essere adattato per includere il biochar nelle rimozioni obbligate
- Le opportunità ed i vantaggi di questa forma di BioCCS/U sono enormi, ed a costi inferiori a altre opzioni non *win-win*