



Innovative System
for the
Biochemical Restoration
and Monitoring
of Degraded Soils



Progetto LIFE 11 ENV/IT/113 - BIOREM

**“Innovative System for the Biochemical Restoration
and Monitoring of Degraded Soils”**



Il recupero dei suoli

Lo studio LCA riguarda la sperimentazione per il recupero di terreni degradati effettuata nell'ambito del Progetto BIOREM – LIFE 2011.

Il recupero del suolo degradato è stato ottenuto attraverso 3 diverse modalità:

- apporto di **materiale organico** costituito da compost o fertilizzante animale
- **piantumazione** con pini e lentischi
- apporto di **materiale organico e piantumazione**

La sperimentazione avviene in 10 siti:

- in Emilia Romagna
- in Basilicata
- in Spagna



Le finalità del recupero

Per lo studio sono state considerate **due diverse finalità**:

- **recupero volto alla coltivazione del terreno (recupero agricolo)**: in questo caso si suppone che, se viene applicata la piantumazione, la foresta che si forma venga abbattuta, il legno venga cippato e successivamente interrato.
- **Recupero volto alla creazione di un bosco naturale perenne**. In ciascuno dei siti vengono studiate le tre diverse modalità di recupero e **una modalità senza intervento**.



Relazione tra aumento di fertilità, massa di C(ton) e tempo

Dati di letteratura:

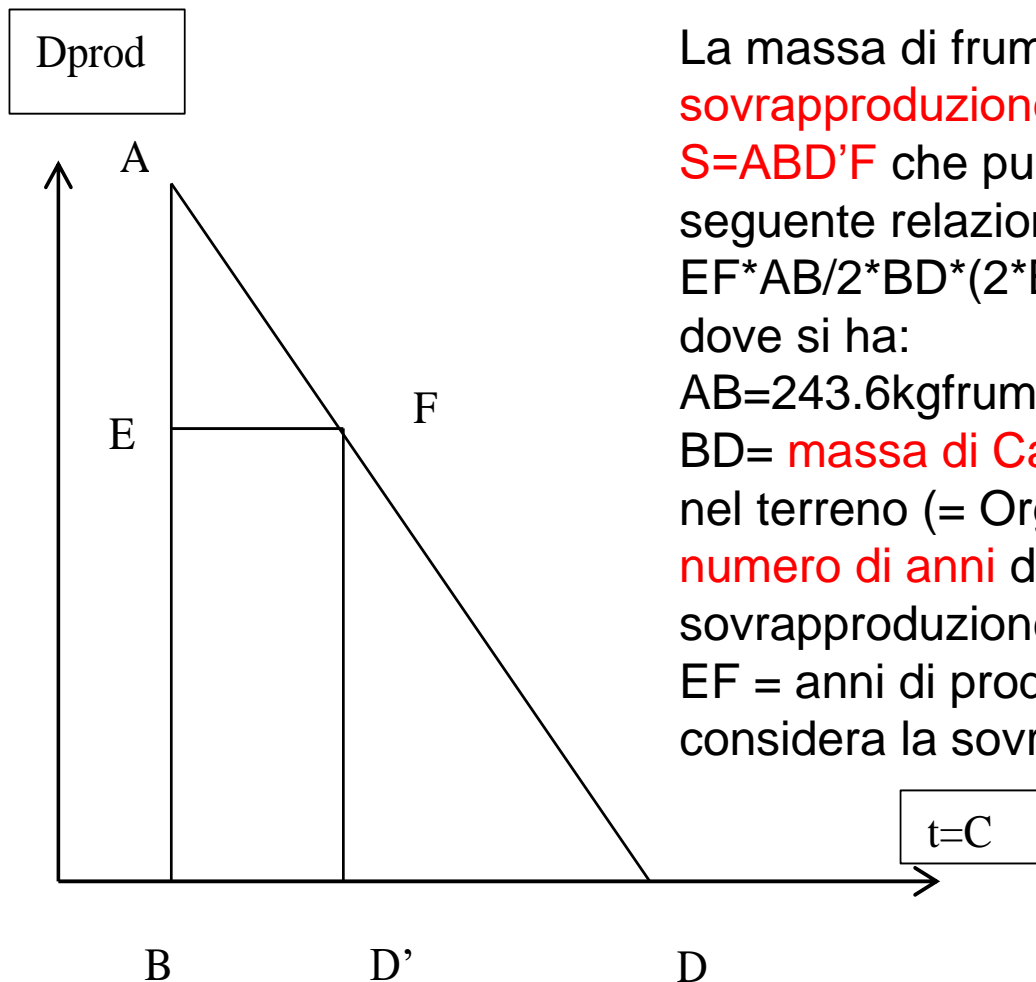
- con un aumento di $1\text{t/ha}=0.1\text{kg/m}^2$ di carbonio organico la produzione di frumento aumenta di 0.02436kg/m^2 .
- Il valore nutrizionale di 1kg di grano vale 13070kJ/kg
- L'incremento di valore nutrizionale per tale sovrapproduzione vale $3183.852\text{kJ/kgC/m}^2$.

Si fanno le seguenti ipotesi:

- l'aumento di fertilità massimo è di $243.6\text{kgfrumento/ha}$ (sovrapproduzione).
- Tale aumento si ottiene con $1\text{tCarbonio organico/ha}$.
- L'aumento dovuto ad 1t/ha di Carbonio organico si annulla in 1 anno; perciò l'aumento si riduce a 0 in un numero di anni uguale alla massa di C organico messo nel suolo.
- Si assume che la sovrapproduzione di $243.6\text{kgfrumento/ha}$ ottenuta con 1t/ha di C sia la massima possibile e che aumentando l'apporto di carbonio aumenti proporzionalmente il numero di anni durante i quali si azzerava la sovrapproduttività.



Calcolo della sovrapproduzione di frumento



La massa di frumento di cui si **ha la sovrapproduzione è rappresentato dall'area $S=ABD'F$** che può essere calcolata con la seguente relazione:

$$EF \cdot AB / 2 \cdot BD \cdot (2 \cdot BD - EF)$$

dove si ha:

$AB = 243.6 \text{ kg frumento/ha}$

$BD =$ **massa di Carbonio organico** immesso nel terreno (= Organic carbon), assunto come **numero di anni** durante i quali si azzera la sovrapproduzione

$EF =$ anni di produzione di frumento di cui si considera la sovrapproduzione.



Categoria di impatto: **Soil fertility nutritional value**

- **sostanza:** *Aumento produzione frumento*
- **fattore di caratterizzazione:** $fc = 13070\text{kJ/kgf} = \text{Contenuto energetico del frumento}$
- **dato di input:** incremento di produzione di frumento: $EF \cdot AB / 2 \cdot BD \cdot (2BD - EF) = I_{pf} \text{ [kg]}$
- **caratterizzazione** = incremento di energia: $13070\text{kJ/kg} \cdot I_{pf} \text{ kg} = I_e \text{ [kJ]}$

Categoria di danno: **Soil fertility nutritional value**

- fabbisogno energetico giornaliero: $2000\text{kcal}/(\text{giorno} \cdot \text{pers}) = 8372\text{kJ}/(\text{giorno} \cdot \text{pers})$
- numero di persone/giorno alimentate con $I_e = I_e \text{ kJ} / 8372\text{kJ}/(\text{giorno} \cdot \text{pers}) = n_{pg} \text{ [pers} \cdot \text{giorno]}$
- **fattore di damage assessment:** $fda = 1 / (8372\text{kJ}/(\text{giorno} \cdot \text{pers}) \cdot 0.384\text{E}9\text{pers} \cdot 365\text{giorni/anno}) = 8,522101286\text{E-16 DALY/kJ}$
- **damage assessment:** $I_{pf} \cdot fc \cdot fda$



Le categorie di danno **Landscape quality**, **Employment rate increase** e **Internal cost**

- **Categoria di impatto: Landscape:** sostanza *paesaggio*, fattore di caratterizzazione da -1 a 1
- **Categoria di danno: Landscape quality:** Fattore di damage assessment -1.
- **Normalizzazione:** Fattore di normalizzazione: 1 (inverso del fattore di massimo valore paesaggistico).
- Valutazione: Fattore di valutazione: 0.01

- **Categoria di impatto: Employment:** sostanza: *numero locali occupati*, fattore di caratterizzazione 1
- **Categoria di danno: Employment rate increase:** *fattore di damage assessment* - $1/25744000 = -3,88440025E-8$ (aumento del tasso di occupazione) dove 25744000 è la forza lavoro (Italia gennaio 2015).
- **Normalizzazione:** *fattore di normalizzazione 1.*
- Valutazione: *fattore di valutazione 1*

- **Categoria di impatto: Internal cost:** sostanza *Euro*, fattore di caratterizzazione 1
- **Categoria di danno: Internal cost :** Fattore di damage assessment 1.
- **Normalizzazione:** Fattore di normalizzazione: inverso dello stipendio medio europeo.
- Valutazione: Fattore di valutazione 0



LCA del recupero di terreni degradati con **finalità agricola** mediante l'apporto di materiale organico, piantumazione e materiale organico + piantumazione in Emilia-Romagna, in Basilicata e in Spagna

L'**Unità Funzionale** è l'area del terreno (90 m²) del quale viene fatto il recupero. Il tempo di vita durante il quale si studia il processo è **1 anno** con **solo materiale organico** (caso 1), **31 anni** con **piantumazione** (caso 2) e con apporto di **materiale organico + piantumazione** (caso 3).

I **confini del sistema** vanno:

- dalla produzione del compost al suo interrimento nel suolo nel caso 1
- dalla piantumazione del terreno all'interrimento dopo cippatura del legno del bosco nel suolo dopo 30 anni, per favorire una coltivazione praticata sul terreno stesso nel caso 2
- dalla produzione del compost che viene interrato nel suolo e dalla piantumazione del terreno, all'abbattimento del bosco naturale sorto sul terreno durante 30 anni, alla cippatura del legno e al suo interrimento nel caso 3.

Nel sistema vengono considerate:

- le emissioni nel suolo delle **sostanze presenti nel compost** (caso 1 e caso 3) e delle **sostanze presenti nel legno cippato** (caso 2 e caso 3) che **producono un danno**.
- Le **sostanze nutrienti** (N, P₂O₅ e K₂O) contenute nel legno considerate come fertilizzanti di sintesi di cui si evita la produzione (**vantaggio**),
- il **C organico** del compost nei casi 1 e 3 e il **33% del carbonio proveniente dalla CO₂ assorbita dall'atmosfera nei casi 2 e 3** producono un **vantaggio** sulla **fertilità** e un **vantaggio** sotto forma di CO₂ sequestrata.

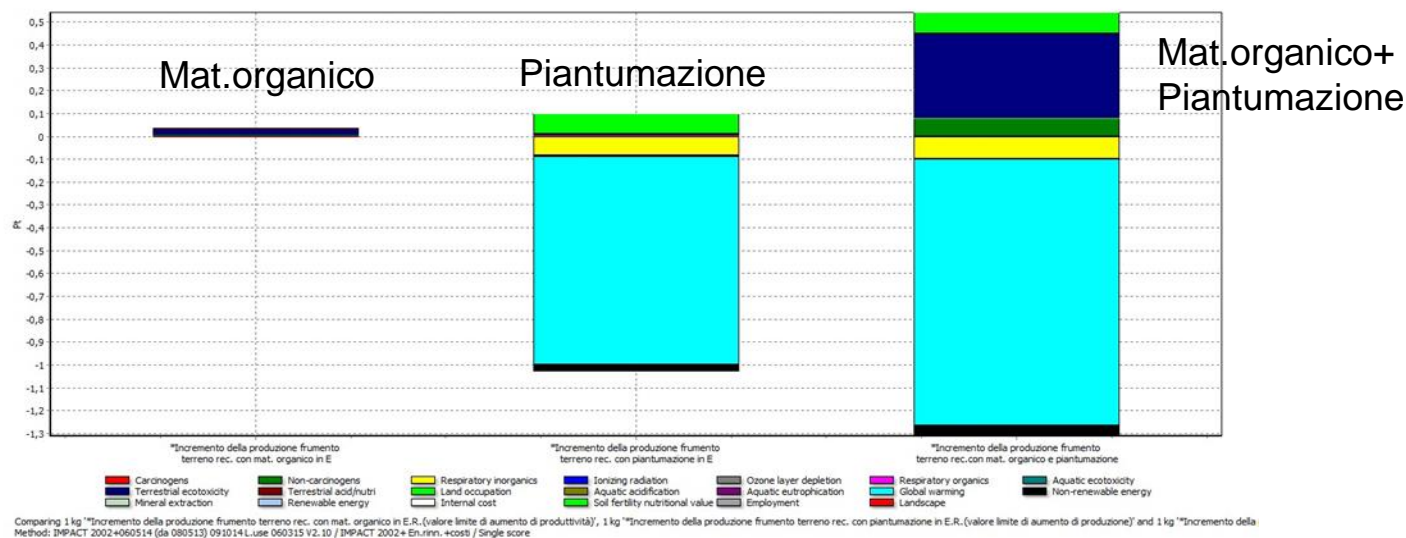


Confronto tra le tre diverse modalità di recupero

- con la **piantumazione** il recupero del terreno all'agricoltura può avvenire dopo 30 (foresta coltivata) +1 (interramento) = **31 anni**
- con il **solo materiale organico** il recupero avviene dopo **1 anno** (interramento del carbonio organico)
- si suppone che la **coltivazione** sia di **frumento** e sia fatta seguendo gli stessi criteri di gestione
- per il **confronto** sono stati creati **tre nuovi processi** che considerano **l'aumento di produzione di frumento**
 - nell'anno successivo al 31° nei casi di sola piantumazione e di apporto di materiale organico e piantumazione
 - nei 31 anni successivi a quello dell'apporto di materiale organico nel caso del solo apporto di materiale organico
- le unità funzionali dei tre processi sono:
 - 32.081kg** di aumento di produzione di frumento per **l'apporto di mat. Organico in E.R., 49.236kg in Basilicata, 21.434kg in Spagna**
 - 2.1909kg** di aumento di produzione di frumento **per la sola piantumazione e per l'apporto di mat. organico e la piantumazione**
- il confronto è stato fatto per **1kg** di incremento di produzione di frumento.



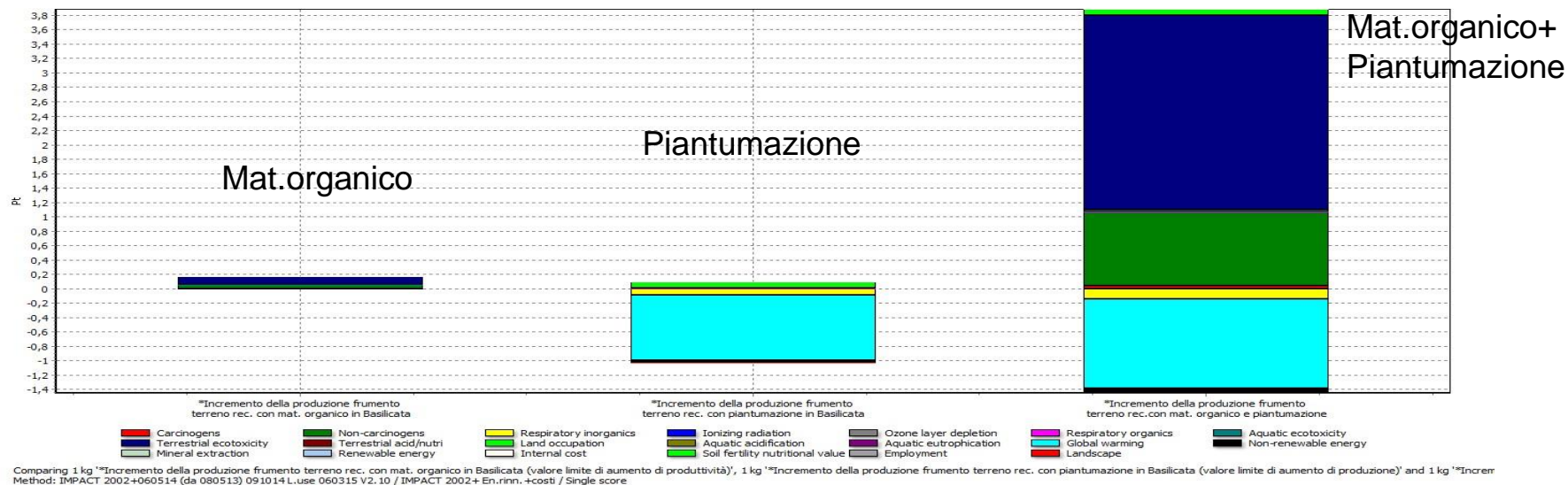
Valutazione del confronto tra le tre modalità di recupero in Emilia Romagna



- La modalità di recupero che produce il **danno** è quello con **solo materiale organico**.
- Il **vantaggio massimo** si ha con la sola **piantumazione**.
- Con il materiale organico + piantumazione si ha un vantaggio perché il danno dovuto al compost è inferiore al vantaggio dovuto all'assorbimento della CO₂.
- La parte di danno dovuto al compost è maggiore con la modalità del materiale organico + piantumazione rispetto a quello con la modalità del materiale organico di un fattore approssimativamente pari a quello del rapporto dell'incremento della produzione di frumento nei due casi (14.6 volte).



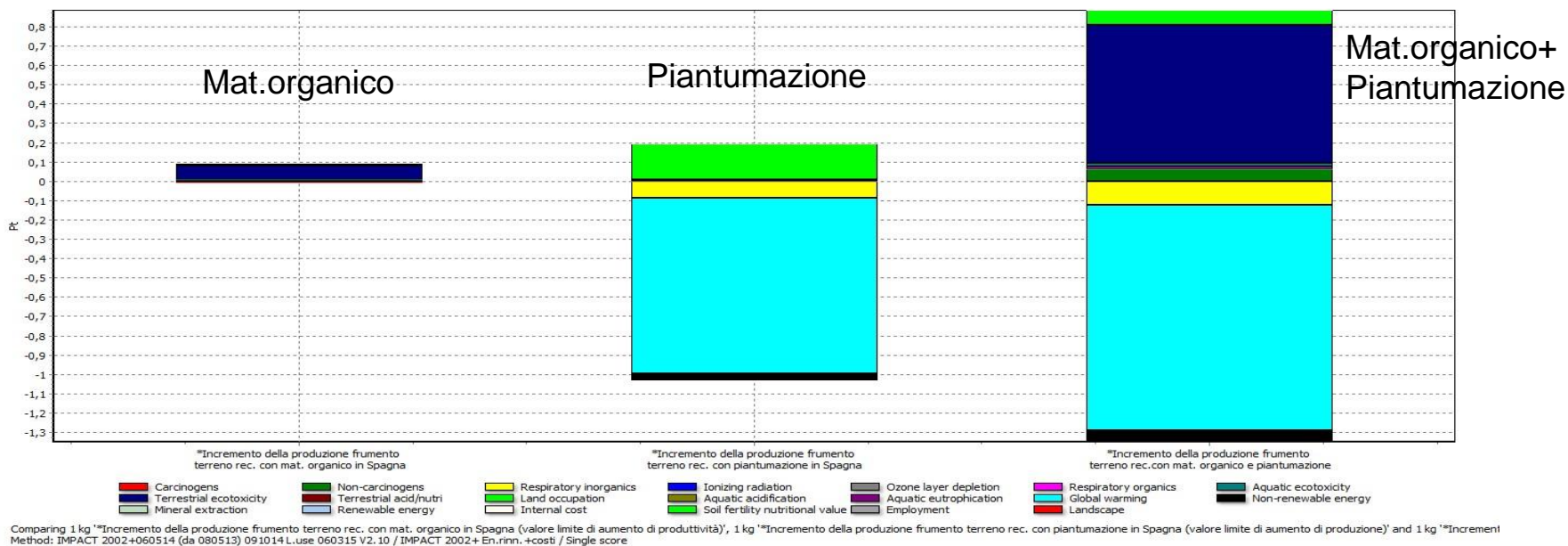
Valutazione del confronto tra le tre modalità di recupero in Basilicata



- La modalità di recupero che produce un **vantaggio** è quella che prevede la sola **piantumazione**
- Le altre due modalità di recupero producono un danno che è maggiore per la modalità con materiale organico + piantumazione che per la modalità con solo materiale organico
- Ciò è dovuto al fatto che il vantaggio rappresentato dalla cattura della CO2 (**Global warming**) non basta ad equilibrare il danno dovuto al letame. Questo è infatti maggiore di quello che si ottiene con la modalità del solo organico di un fattore che è circa pari al rapporto tra l'incremento della produzione di frumento nei due casi (22.5 volte).
- La differenza di tale rapporto tra Emilia-Romagna e Basilicata è dovuto al fatto che il **Carbonio organico del letame** è **maggiore** di quello del compost.



Valutazione del confronto tra le tre modalità di recupero in Spagna



- La modalità di recupero che produce il **vantaggio massimo** è quello con la sola **piantumazione**.
- Anche la modalità con materiale organico + piantumazione produce un vantaggio
- La modalità con solo materiale organico produce un danno.
- Nel caso del recupero con materiale organico + piantumazione il vantaggio rappresentato dalla cattura della CO2 (**Global warming**) è maggiore del danno dovuto al compost. Questo è infatti minore di quello che si ottiene con la modalità del solo organico di un fattore che approssimativamente è pari al rapporto tra l'incremento della produzione di frumento nei due casi (10 volte).

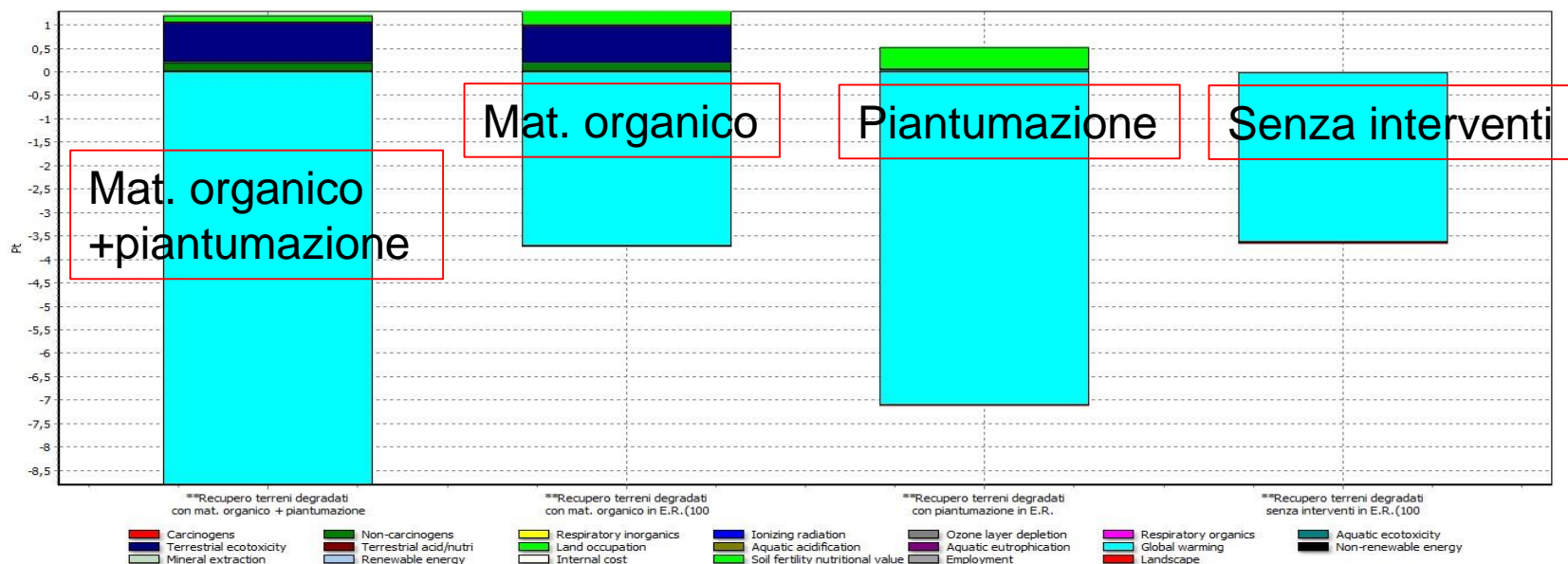


Confronto tra le diverse modalità di recupero dei terreni in Emilia-Romagna con la finalità di ricreare la **foresta naturale** con apporto di solo materiale organico (caso1), con la piantumazione (caso2), con il carbonio organico + la piantumazione (caso3), senza attività umane (caso4)

- La **durata è di 100 anni** in tutti i casi.
- In tutti i casi viene considerato come **fertilizzante di sintesi evitato l'azoto fissato** direttamente da parte del terreno sotto forma di NH_4 proveniente dall'atmosfera attraverso la pioggia, da parte dei batteri.
- L'occupazione del suolo avviene come *foresta coltivata* nei **primi 70 anni nel caso1**, nei **primi 30 nel caso2 e nel caso3**, **in 100 anni nel caso4**
- **Negli anni successivi** l'occupazione è quello della *foresta naturale* che si rinnova ogni 40 anni per i casi 1, 2, 3.
- Si suppone che la **massa di legno, sfalci di potatura e foglie** negli anni di **foresta naturale** sia uguale a **1.5 volte** quella prodotta nei **terreni piantumati in 30 anni** (A). Nei 100 anni si ha:
 $(1+1.5/40*30)*A$ nel il caso1, $(1+1.5+1.5/40*30)*A$ nei casi 2 e 3, $1.5*A$ nel caso4
- Si suppone che l'evoluzione a bosco durante i 70 anni del caso1 e nella foresta naturale, presenti le **stesse morie** della produzione piantumata nei 30 anni considerata nei terreni piantumati.
- La **CO2 fossile evitata** è uguale al **33%** della **CO2 assorbita** in 100 anni.
- Il **Carbonio intrappolato** è quello che corrisponde alla CO2 fossile evitata.



Confronto tra le diverse modalità di recupero dei terreni in Emilia-Romagna con la finalità di ricreare la foresta naturale



Comparing 90 m² ***Recupero terreni degradati con mat. organico + piantumazione in E.R. (100 anni)', 90 m² ***Recupero terreni degradati con mat. organico in E.R. (100 anni)', 90 m² ***Recupero terreni degradati con piantumazione in E.R. (100anni)' and 90 m² ***Recupero terreni degra
Method: IMPACT 2002+060514 (da 080513) 091014 L.use 060315 V2.10 / IMPACT 2002+En.rinn.+costi / Single score

- tutte le modalità sono **vantaggiose**
- la modalità di intervento **più vantaggiosa** è quella con **materiale organico + piantumazione** seguita dalla sola piantumazione **nella quale manca il Corg immesso con il mat.organo**, da quella senza interventi, dal solo materiale organico.
- Il risultato dipende essenzialmente dalla quantità di carbonio organico che viene catturato dal bosco durante la sua crescita.



Conclusioni

- Per il recupero del terreno a **scopo agricolo** la condizione che produce un **vantaggio** è quella con **sola piantumazione**.
- Per il recupero con la finalità di ricreare la **foresta naturale** tutte le soluzioni producono un vantaggio, ma quella che produce il **vantaggio massimo** è quella con **il materiale organico + la piantumazione**.
- Dallo studio sull'utilizzo del recupero con sole finalità naturali risulta che il vantaggio ambientale **dipende** dalla massa di **carbonio organico che viene catturato dal bosco** durante la sua crescita.