

Linee guida

Utilizzo del biochar in bonifica

Marzo 2023



COSA È IL BIOCHAR



METODI DI APPLICAZIONE



CREDITI DI CARBONIO

Le presenti linee guida sono state redatte nell'ambito del progetto Biochar Latium, finanziato tramite bando POR-FESR Lazio "Progetti di Gruppi di Ricerca 2020"

Biochar Latium intende inserire all'interno dell'economia dell'alto Lazio l'uso del biochar come soluzione sostenibile per il recupero di suoli degradati e per la valorizzazione di materiali legnosi di scarto.




Consiglio Nazionale
delle Ricerche



REGIONE
LAZIO



PROGETTO COFINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA - POR FESR 2014-2020



Sommario

Cosa è biochar	3
Potenzialità del biochar nella bonifica di siti contaminati	5
Mercato dei crediti di carbonio	8
Acquisto del biochar	11
Consigli per applicazione del biochar al suolo a fini di bonifica	12
Bibliografia	14

L'immagine in copertina è stata scaricata dal sito www.pandslegal.it



Cosa è biochar

Il biochar, secondo la definizione fornita dall'Associazione Italiana Biochar (iChar), è un carbone vegetale che si ottiene dalla pirolisi di diversi tipi di biomassa vegetale.

Il biochar può essere prodotto a partire da potatura di alberature, scarti dell'agricoltura e della silvicoltura. Queste biomasse possono essere vantaggiosamente convertite tramite piro-gassificazione (conversione termochimica in condizioni di assenza di ossigeno) in biocombustibili (olio, idrogeno, syngas), calore e biochar. I migliori rendimenti si ottengono utilizzando sostanze con limitato contenuto di umidità e ricche di lignina e cellulosa.

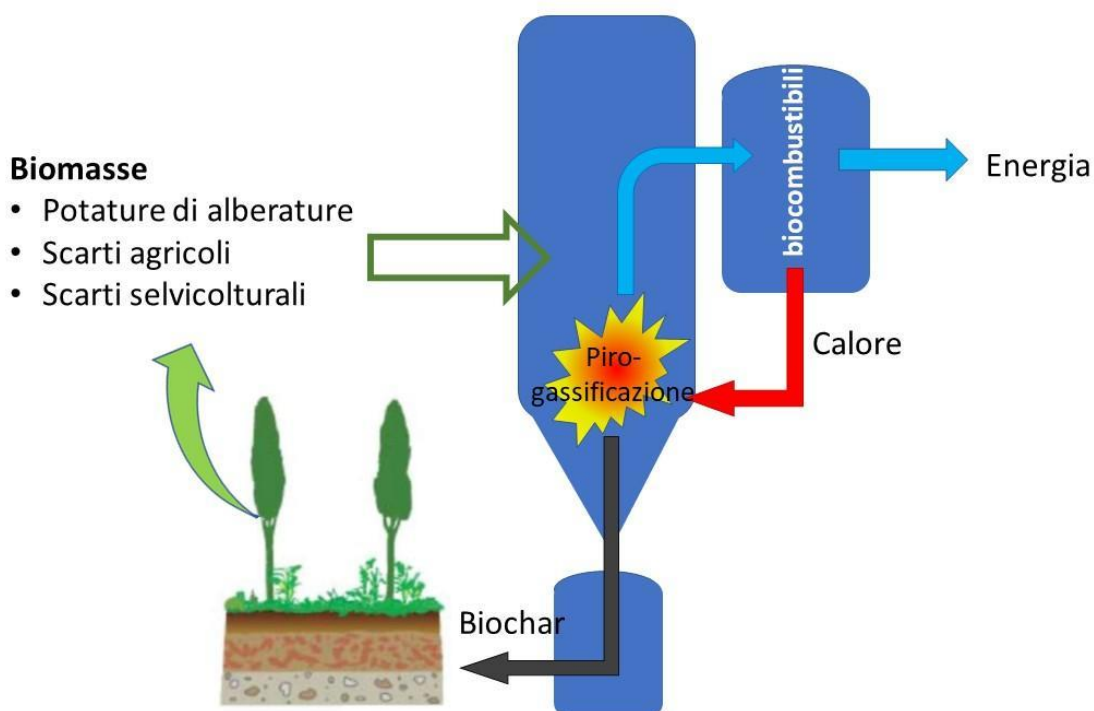


Fig 1. Processo di produzione del biochar, modificato da Lehmann, 2007.

Il biochar è un materiale molto poroso e che interagisce facilmente con gli ioni; grazie a queste particolari caratteristiche trova numerose applicazioni; viene usato nei sistemi di



filtrazione delle acque, come ammendante in agricoltura per il miglioramento della fertilità dei suoli, per trattare i contaminanti nei terreni o ancora come materiale isolante.

Il biochar, composto principalmente da carbonio, è particolarmente stabile nel terreno; per questo sta acquistando importanza anche come sistema di stoccaggio del carbonio per la mitigazione dell'effetto serra e del cambiamento climatico.





Potenzialità del biochar nella bonifica di suoli contaminati

Dai risultati di recenti ricerche scientifiche è emerso come il biochar possa essere utile nella mitigazione della contaminazione del suolo.

Nei confronti dei **contaminanti inorganici** (metalli pesanti) il biochar agisce limitandone la mobilità e la biodisponibilità. Infatti, le particelle di questo materiale, avendo una superficie esterna molto estesa per unità di volume e pareti elettrostaticamente attive, tendono ad adsorbire il contaminante rendendolo meno mobile e biodisponibile, riducendo quindi il rischio ad esso associato. Inoltre, biochar con pH basico riducono l'acidità dei suoli e limitano di conseguenza la solubilità dei metalli.

Nei confronti dei **contaminanti organici** il biochar, oltre ad avere un effetto adsorbente verso alcune molecole come ad esempio l'erbicida simazina, gli idrocarburi policiclici aromatici o gli ftalati (Song et al., 2017; Kong et al., 2018), agisce anche in modo indiretto, influenzando le popolazioni microbiche che degradano i composti inquinanti. I processi che regolano l'effetto del biochar sull'attività e sulla struttura delle comunità microbiche del terreno sono eterogenei e complessi. Alcuni autori hanno messo in evidenza come il biochar abbia un'azione stimolante per le popolazioni microbiche del suolo e quindi possa promuovere la biodegradazione di alcuni composti; questo tema rimane tuttavia controverso a causa della specificità dei processi in gioco, che dipendono sia dal tipo di biochar che dalle caratteristiche del suolo. Vi sono comunque evidenze scientifiche della possibilità che il biochar agisca come trasportatore di elettroni tra i microorganismi e il contaminante favorendo la degradazione di quest'ultimo (Zhu et al., 2017). Inoltre, data la sua porosità, questo materiale contribuisce nel miglioramento della struttura del suolo e quindi tende a favorire l'ossigenazione promuovendo i processi di degradazione aerobica nei quali sono ad esempio coinvolti gli idrocarburi (Kocsis et al., 2022).





È importante sottolineare che l'efficacia del biochar nel mitigare la contaminazione potrebbe variare nel tempo a causa di processi di "ageing" di questo materiale (es. occlusione dei pori) o a causa di modificate condizioni di pH (O'Connor et al., 2018). A questo proposito si consiglia di monitorare nel tempo i parametri relativi alla mobilità e biodisponibilità del contaminante.

La ricerca scientifica sull'applicazione del biochar per la bonifica dei suoli ha registrato risultati incoraggianti sulla funzionalità di questo materiale nei confronti di contaminanti organici ed inorganici. Tuttavia, la gran parte delle sperimentazioni è avvenuta a scala di laboratorio e ancora pochi sono gli studi in campo (O'Connor et al., 2018). Da questi ultimi è emerso come l'efficacia dipenda da fattori sito-specifici e dalle caratteristiche dello specifico biochar utilizzato.

L'utilizzo del biochar nella bonifica dei suoli può essere vantaggiosamente accoppiato alle **fitotecnologie** grazie alle potenzialità del biochar, oltre che nella mitigazione della contaminazione, nello stimolare la crescita delle piante. Chiaramente vanno valutate attentamente le dosi di applicazione perché concentrazioni troppo alte ($\geq 50\%$ in peso di biochar/suolo) possono risultare tossiche alle piante e all'intero ecosistema suolo.

Inoltre, la biomassa prodotta in colture arboree a rapido accrescimento su aree contaminate da organici (es. pioppo, salice o eucalipto, come indicato nella normativa relativa alle aree agricole contaminate, Decreto n. 46, 2019) può essere valorizzata per produrre energia e biochar tramite pirogassificazione. In questo caso il biochar risultante dal processo può essere applicato al terreno stesso della coltura per stimolare la degradazione degli organici e/o a terreni limitrofi contaminati per ridurre il rischio associato alla presenza di metalli pesanti (Conesa et al, 2012).

L'utilizzo del biochar è particolarmente appropriato nei casi in cui si voglia **rinaturalizzare** aree contaminate da metalli in traccia (Campos et al., 2020). In questi casi il biochar, oltre a favorire l'attecchimento delle essenze vegetali, aiuta a ridurre la biodisponibilità dei





contaminanti rendendoli meno soggetti ad up-take da parte delle piante e quindi limita il rischio di trovarsi a smaltire una biomassa contaminata a seguito di interventi di potatura.

L'utilizzo del biochar come "carrier" di consorzi microbici e agente stimolatore nella **bioaugmentation** sembra essere un'altra strategia promettente per azioni di bonifica di suoli contaminati da composti organici (Zhu et al., 2017) . La struttura porosa del biochar, oltre a facilitare la dispersione dell'inoculo migliorerebbe anche il contatto tra i microrganismi e le molecole di contaminante grazie alla capacità di adsorbimento di queste ultime sulla superficie del biochar (Chen et al., 2012). Per quanto è a conoscenza degli Autori, ad oggi in Italia non sono commercializzati prodotti contenenti sia biochar che microrganismi; rimane tuttavia possibile e funzionale miscelare biochar e inoculo microbico (sotto forma di polvere) prima dell'applicazione sul terreno seguendo i consigli dei produttori dei bioattivatori sia per le modalità di miscelazione che per le concentrazioni di impiego.



Consiglio Nazionale
delle Ricerche

Mercato dei crediti di carbonio

Il biochar contiene una importante porzione di carbonio stabile che rimane nel suolo per periodi molto più lunghi di quanto avverrebbe per il legno da cui il biochar è stato prodotto (Fig XX). Per questa sua proprietà il biochar può essere usato per immobilizzare la CO₂ nel medio-lungo periodo, contribuendo a ridurre la concentrazione del gas-serra nell'atmosfera e mitigare il cambiamento climatico in atto.

Il report 2022 dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) afferma che il biochar avrebbe il potenziale di rimuovere globalmente 2,6 miliardi di tonnellate di CO₂ ogni anno; nel report l'applicazione del biochar nel suolo viene inclusa tra le opzioni di mitigazione proposte a livello internazionale (IPCC, 2022).

L'applicazione del biochar al terreno è stata riconosciuta a livello europeo come una delle azioni di "carbon-farming", letteralmente "coltivazione del carbonio" pratica che include tutte quelle attività di gestione dei terreni, come il recupero di torbiere e le agro-forestazioni, volte a catturare l'anidride carbonica dall'atmosfera immagazzinando il carbonio nei suoli o nella biomassa o a ridurre le emissioni dai suoli stessi. Nel dicembre 2021 la Commissione Europea ha adottato la comunicazione sui cicli sostenibili del carbonio (EC 2021), che definisce le azioni a breve e medio termine mirate ad affrontare le attuali sfide del "Carbon Farming" per diffondere un modello di business verde che ricompensi i gestori dei terreni per l'adozione di pratiche che portano al sequestro di carbonio, combinato con forti benefici sulla biodiversità.

Sebbene in ambito forestale il sistema di certificazione per il sequestro del carbonio sia ben avviato e i crediti generati dalla messa a dimora di alberi possano essere usati come compensazioni nell'ambito del mercato volontario, ad oggi, in campo agricolo ancora non esistono certificazioni di questo tipo (Paul et al., 2023). A livello europeo si sta lavorando per

definire il quadro regolatorio che fisserà i criteri per monitorare e contabilizzare l'effettivo sequestro di carbonio nel suolo apportato dall'uso del biochar. Su questa base potranno essere quantificati gli incentivi da assegnare agli agricoltori che fanno uso di questo materiale e gli agricoltori stessi potranno vendere i certificati ottenuti a fronte dell'uso del biochar alle imprese che vorranno compensare le proprie emissioni di gas-serra.

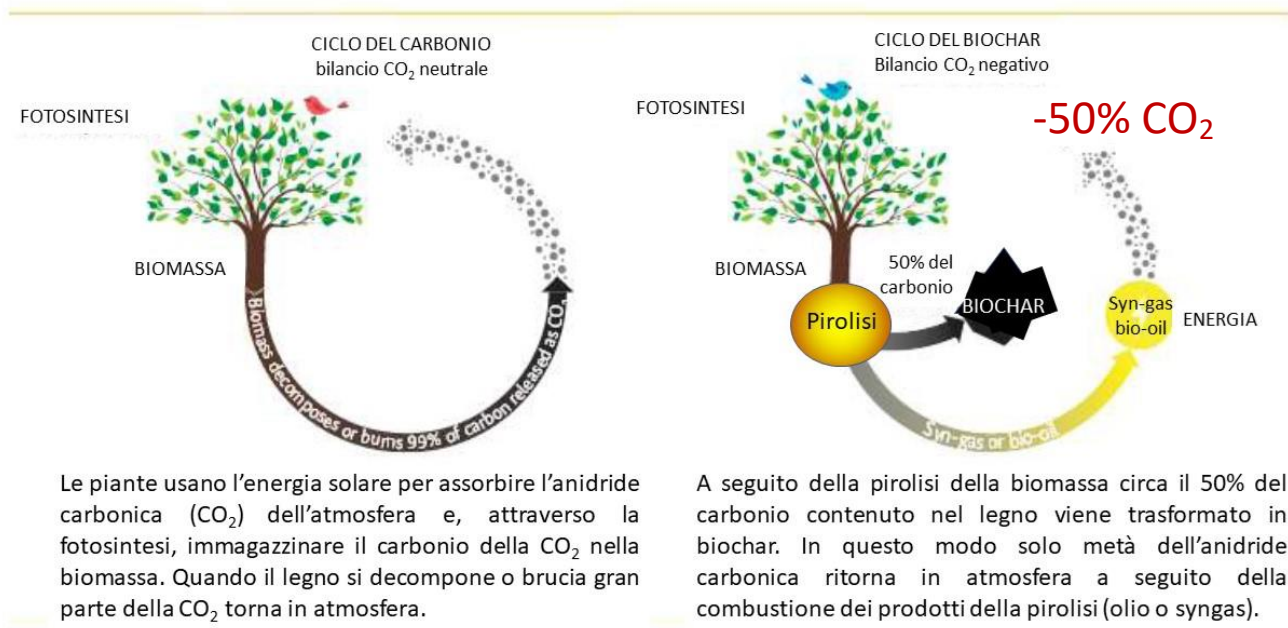


Figura 2 Schematizzazione del ciclo del carbonio nel caso in cui la biomassa venga degradata o bruciata (sinistra) e nel caso in cui la biomassa venga sottoposta a pirolisi e il biochar derivante venga addizionato al suolo (destra). Nel primo caso si ha un bilancio neutro della CO₂ che ritorna all'atmosfera; nel secondo caso si ha un bilancio negativo della CO₂ (-50%) poiché nel medio periodo questa viene per metà immagazzinata nel suolo. Modificato da Wilson (2013).

Considerando che i processi produttivi legati al settore agricolo (zootecnico e vegetale), rappresentano una delle maggiori fonti di emissioni di gas climalteranti, l'uso di scarti agricoli per produrre biochar e l'applicazione di quest'ultimo al terreno costituisce una soluzione che



potrebbe compensare parte delle emissioni in agricoltura, in linea con gli obiettivi di sostenibilità e di circolarità teorizzati.

Oltre all'applicazione sul suolo, altre pratiche legate al biochar stanno attraendo l'attenzione della comunità scientifica: l'aggiunta del biochar come additivo durante la produzione di compost e l'integrazione del biochar nella dieta dei ruminanti sembrano ridurre consistentemente le emissioni di gas climalteranti collegate rispettivamente al compostaggio e all'allevamento (Mosa et al., 2023).



Acquisto del biochar

Il mercato del biochar è in via di consolidamento in Italia, ancora poche aziende lo producono e il prezzo è ancora piuttosto alto. Ad oggi si aggira intorno ai 500-3000 euro a tonnellata, trasporto escluso. Il biochar viene normalmente consegnato in big-bag da 1 m³ contenenti circa 300 Kg di prodotto (figura 3), si può tuttavia trovare anche venduto in quantità minori e in questi casi il prezzo è molto più alto.

La tendenza principale delle aziende produttrici di biochar è quella di una vendita diretta all'utilizzatore finale, senza intermediazione da parte di soggetti terzi. Il mercato è prevalentemente nazionale.

Una soluzione economicamente vantaggiosa in alcuni contesti ove si producano periodicamente biomasse da smaltire, potrebbe essere quella di autoprodurre il biochar investendo inizialmente in un impianto di gassificazione di biomasse con produzione di energia, calore e biochar.

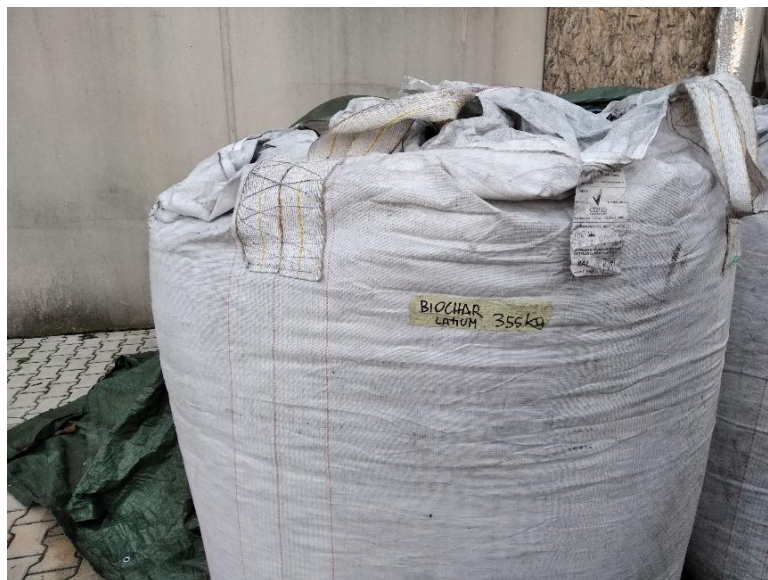


Figura 3. Big-bag contenente biochar

Consigli per applicazione del biochar al suolo in bonifica

Il biochar va mescolato uniformemente al terreno contaminato. Se la profondità della contaminazione rientra nel primo metro di profondità l'intervento può avvenire *"in-situ"* e il biochar verrà incorporato al primo strato di terreno. Se invece la contaminazione risulta più profonda si potrà procedere con un intervento *"ex-situ"* con movimentazione del suolo contaminato e trattamento nell'area del sito stesso in bio-pile o vasche.

Il biochar è un materiale persistente nel suolo e agisce nel breve-medio periodo senza il bisogno di nuove applicazioni.

Per quanto riguarda le dosi, queste vanno valutate attentamente alla luce delle seguenti considerazioni: concentrazioni inferiori all'1% in peso sulla sostanza secca rischiano di avere un effetto minimo sui contaminanti, concentrazioni superiori al 30% potrebbero arrecare danni all'ecosistema suolo e limitare la crescita delle piante (Brtnicky et al., 2021). Si consiglia di iniziare l'intervento con dosi basse andando eventualmente a rinnovare l'applicazione a seconda degli effetti osservati nel tempo, tenendo conto che è opportuno che l'apporto totale cumulato di biochar non superi il 30%.

Trattandosi di un materiale che contiene particelle molto fini, durante la movimentazione e la distribuzione si deve fare attenzione a limitare la dispersione di polveri. A questo fine si mettono di seguito in evidenza alcune precauzioni da adottare:

- evitare di distribuire il biochar durante periodi secchi e i periodi ventosi;
- inumidire il biochar tramite nebulizzazione prima, durante e dopo l'applicazione;
- coprire il biochar se questo viene stoccato anche per brevi periodi;
- indossare una mascherina durante le operazioni;
- l'aggiunta di compost al biochar prima dell'applicazione al suolo limita la volatilizzazione delle polveri;



- dopo aver distribuito il biochar sul terreno, incorporarlo nel più breve tempo possibile agli strati più profondi del suolo.

Per quanto sia a conoscenza degli autori, non esistono sul mercato macchinari agricoli pensati per distribuire il biochar sul terreno. In alcuni casi sono stati adattati a questo scopo delle seminatrici, degli spandiconcime a doppio disco o spandiletame. Per incorporare il biochar al suolo si possono invece usare motozappe, erpici a dischi o chisel.



Bibliografia

Brtnicky, M., Datta, R., Holatko, J., Bielska, L., Gusiatin, Z. M., Kucerik, J., ... & Pecina, V. (2021). A critical review of the possible adverse effects of biochar in the soil environment. *Science of the Total Environment*, 796, 148756.

Campos, P., Miller, A. Z., Prats, S. A., Knicker, H., Hagemann, N., & José, M. (2020). Biochar amendment increases bacterial diversity and vegetation cover in trace element-polluted soils: A long-term field experiment. *Soil Biology and Biochemistry*, 150, 108014.

Chen, B., Yuan, M., & Qian, L. (2012). Enhanced bioremediation of PAH-contaminated soil by immobilized bacteria with plant residue and biochar as carriers. *Journal of Soils and Sediments*, 12, 1350-1359.

Conesa, H. M., Evangelou, M. W., Robinson, B. H., & Schulin, R. (2012). A critical view of current state of phytotechnologies to remediate soils: still a promising tool?. *The Scientific World Journal*, 2012.

EC 2021. Communication from the commission to the European Parliament and the Council. Sustainable Carbon Cycles, Brussels, 15.12.2021 COM(2021) 800 final.

IPCC: Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Adams, H., Adler, C., Aldunce, P., Ali, E., ... & Birkmann, J. (2022). Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. IPCC Sixth Assessment Report, 37-118.

Kocsis, T., Ringer, M., & Biró, B. (2022). Characteristics and Applications of Biochar in Soil–Plant Systems: A Short Review of Benefits and Potential Drawbacks. *Applied Sciences*, 12(8), 4051.

Kong, L., Gao, Y., Zhou, Q., Zhao, X., & Sun, Z. (2018). Biochar accelerates PAHs biodegradation in petroleum-polluted soil by biostimulation strategy. *Journal of hazardous materials*, 343, 276-284.



- Lehmann, J. (2007). Bioenergy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(7), 381-387.
- Major, J. (2010). Guidelines on practical aspects of biochar application to field soil in various soil management systems. *International Biochar Initiative*, 8, 5-7.
- Mosa, A., Mansour, M. M., Soliman, E., El-Ghamry, A., El Alfy, M., & El Kenawy, A. M. (2023). Biochar as a Soil Amendment for Restraining Greenhouse Gases Emission and Improving Soil Carbon Sink: Current Situation and Ways Forward. *Sustainability*, 15(2), 1206.
- O'Connor, D., Peng, T., Zhang, J., Tsang, D. C., Alessi, D. S., Shen, Z., ... & Hou, D. (2018). Biochar application for the remediation of heavy metal polluted land: a review of in situ field trials. *Science of the total environment*, 619, 815-826.
- Paul, C., Bartkowski, B., Dönmez, C., Don, A., Mayer, S., Steffens, M., ... & Helming, K. (2023). Carbon farming: Are soil carbon certificates a suitable tool for climate change mitigation. *Journal of Environmental Management*, 330, 117142.
- Song, Y., Bian, Y., Wang, F., Xu, M., Ni, N., Yang, X., ... & Jiang, X. (2017). Dynamic effects of biochar on the bacterial community structure in soil contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(32), 6789-6796.
- Zhu, X., Chen, B., Zhu, L., & Xing, B. (2017). Effects and mechanisms of biochar-microbe interactions in soil improvement and pollution remediation: a review. *Environmental Pollution*, 227, 98-115





Le presenti linee guida sono state redatte da: Laura Passatore, Isabel Nogues e Serena Carloni, nell'ambito del progetto Biochar Latium, "Valorizzazione del BIOCHAR prodotto dal recupero di materiali legnosi di scarto derivanti da filiere del Lazio", CUP J85F21000410002, finanziato dalla Regione Lazio (POR FESR Lazio 2014-2020)

Si ringraziano

L'Associazione i-Char

Eurovix s.r.l.

Reset srl

Evergreen Resources s.r.l.

Sabina Failla, Università di Catania





Biochar Latium