

# BIORAFFINERIE DA OLEAGINOSE

## Risultati del Progetto COBRA



**ATTI del**  
**CONVEGNO FINALE**

10 Marzo 2022

## “Bioraffinerie da oleaginose” – Risultati del Progetto COBRA

Il Gruppo Operativo si compone di 19 partner, compreso il capofila, divisi in 4 sottogruppi di lavoro tematici:

1. tecniche agricole;
2. tecniche di estrazione e test per nutraceutica e cosmesi;
3. impiego di farine e materiali lignocellulosici nelle industrie dei camper, del legno e in edilizia;
4. sostenibilità ambientale ed economica dei processi e dei prodotti.

### Partners

Chimica Verde Bionet – *Capofila*  
 Accademia dei Georgofili  
 Agroils Technologies spa  
 Azienda Agricola Musu Davide  
 Azienda Agricola Roghi Mauro  
 Consorzio Forestale delle Cerbaie  
 Consorzio Polo Tecnologico Magona  
 Cooperativa Agricola Il Rinnovamento  
 CREA  
 DISAAA Università di Pisa  
 Eco Officina Agraria srl  
 Effegi srl  
 ERATA  
 Legambiente Toscana APS  
 Manifattura Maiano spa  
 Ricerche Sperimentali Montale srl  
 Stella Dei  
 Tecnowall srl  
 Unibloc srl

*Pubblicazione realizzata dall'Accademia dei Georgofili nell'ambito del Progetto COBRA – Coprodotti da BioRAffinerie*

*Foto di copertina: Marco Benvenuti*

*Editing e grafica: Arti 21 Srl, Firenze*



---

## INDICE

---

DIVULGAZIONE VERSO IL MONDO SCIENTIFICO, TECNICI E IMPRESE AGRICOLE E INDUSTRIALI .....	4
BIORAFFINERIE DA OLEAGINOSE IN TOSCANA: POTENZIALITA' E PUNTI CRITICI .....	5
INTRODUZIONE DI COLTURE OLEAGINOSE INNOVATIVE IN TOSCANA PER L'AVVIO DI NUOVE FILIERE AGRO-INDUSTRIALI: TRASFERIMENTO DI INNOVAZIONE AGRONOMICA .....	8
CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEI PRODOTTI IN ENTRATA E IN USCITA DAI PROCESSI DI ESTRAZIONE .....	14
ATTIVITÀ DELLA SOCIETÀ RSM DURANTE IL PROGETTO COBRA .....	17
PRODUZIONE DI BIOADESIVI PER INCOLLAGGIO PANNELLI DI LEGNO.....	22
PROVE DI RAFFINAZIONE DI OLI E TEST MECCANICI SU COMPOSITI IN POLIURETANO RINFORZATO CON FIBRA DI CANAPA.....	27
TEST DI LEGANTI IDRAULICI IDONEI PER LA REALIZZAZIONE DI BLOCCHI IN CANAPA PER EDILIZIA .....	32
FIBRA DI CANAPA, UN CASO DI STUDIO .....	39
OLI DI SEMI DA FILIERA TOSCANA: UN APPROCCIO AL MERCATO .....	40
ANALISI DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DEI PROCESSI PRODUTTIVI .....	42

---

## DIVULGAZIONE VERSO IL MONDO SCIENTIFICO, TECNICI E IMPRESE AGRICOLE E INDUSTRIALI

Massimo Vincenzini - Presidente Accademia dei Georgofili

Il Progetto COBRA – Cooprodotti da bioraffineria, realizzato nell’ambito del PSR-FEARS 2014-2020, sottomisura 16.2, della Regione Toscana, aveva come obiettivo quello di avviare filiere agroindustriali in Toscana a partire dai co-prodotti di quattro colture oleaginose, canapa, cartamo, lino e camelina, e di creare una piattaforma logistica regionale in grado di coordinare l’offerta di biomassa di queste colture, verificando la sostenibilità ambientale ed economica delle potenziali filiere produttive.

Tali colture risultano coltivate da lungo tempo in Europa ma innovative per gli attuali ordinamenti colturali toscani e nazionali. Queste colture presentano la comune caratteristica di avere semi che contengono principi attivi di estremo interesse sotto l’aspetto nutrizionale e salutistico a cui si aggiunge una notevole rilevanza per l’utilizzo industriale delle altre parti della pianta. La loro coltivazione è inoltre in grado di migliorare la fertilità dei suoli e di fornire interessanti prospettive di reddito per gli agricoltori.

Al progetto, coordinato dall’Associazione Chimica Verde – Bionet, con la quale l’Accademia dei Georgofili ha un protocollo d’intesa sottoscritto a partire dal 2017, hanno aderito 19 partner in rappresentanza di aziende agricole, imprese industriali, enti di ricerca e associazioni di settore. Tra questi anche l’Accademia dei Georgofili, chiamata ad assolvere al proprio ruolo istituzionale così come previsto all’art. 1 dello Statuto. A tale proposito tengo a ricordare che l’Accademia dal 1753 “*si propone di contribuire al progresso delle scienze e delle loro applicazioni all’agricoltura ai fini della tutela dell’ambiente, del territorio agricolo e allo sviluppo del mondo rurale*”. Tali intenti sono conseguiti anche attraverso le pubblicazioni e l’organizzazione di convegni e giornate di studio. È in tale contesto che l’Accademia dei Georgofili, condividendo le finalità del progetto, ha messo a disposizione le proprie competenze, tecnico-organizzative per la diffusione e divulgazione dei risultati conseguiti nell’ambito del progetto stesso.

L’Accademia, in sintesi, ha curato le seguenti azioni:

- ha curato la divulgazione e diffusione delle informazioni, attraverso la pagina dedicata al progetto disponibile sul proprio sito istituzionale (<https://www.georgofili.it/contenuti/progetto-cobraf/1663>), newsletter Georgofili.INFO e i comunicati stampa, al fine di raggiungere un vasto pubblico;
- ha realizzato tre giornate di studio per la presentazione dell’iniziativa progettuale (25 giugno 2020), dei suoi risultati intermedi (30 giugno 2021) e finali (10 marzo 2022). Per tutti gli eventi sono state raccolte e rese disponibili sulla pagina dedicata, oltre ai PowerPoint delle relazioni anche la registrazione del video dell’incontro, quest’ultima disponibile anche nel nostro canale YouTube. Per il Convegno di chiusura sono stati realizzati gli atti in formato PDF scaricabili gratuitamente sempre dalla pagina dedicata;
- ha effettuato dei servizi fotografici ai campi sperimentali;
- ha realizzato il presente opuscolo di raccolta dei risultati conseguiti, scaricabile gratuitamente dalla pagina dedicata al Progetto e diffuso attraverso i nostri canali di informazione.

---

## BIORAFFINERIE DA OLEAGINOSE IN TOSCANA: POTENZIALITA' E PUNTI CRITICI

Beppe Croce - Chimica Verde Bionet

Il progetto COBRA ha avuto per obiettivo prioritario l'avvio di un modello di bioeconomia regionale sulla base dei prodotti derivabili da 4 colture oleaginose: camelina, canapa, cartamo e lino. Tutte specie coltivate da millenni in Europa, ma in realtà innovative per gli attuali ordinamenti colturali toscani, e italiani, e per i loro molteplici impieghi. I 19 partner del Gruppo Operativo COBRA - aziende agricole, imprese industriali di vari settori (oli e grassi, edilizia, accessori per camper, tessile, alimentare, farmaceutica), enti di ricerca e associazioni - hanno sviluppato e testato vari prodotti e processi innovativi, verificando la sostenibilità ambientale ed economica delle filiere dal campo al prodotto finito. In particolare il progetto ha conseguito i seguenti risultati:

1. **introduzione di colture innovative** con pratiche biologiche, idonee a favorire nuove rotazioni e a migliorare la fertilità dei suoli e la biodiversità agricola. Paradossalmente tutte note sin dal tempo degli Etruschi, le 4 specie del Cobraf erano scomparse per decenni dagli ordinamenti colturali toscani. La camelina, malgrado le sue ottime proprietà e la sua rusticità, è in genere sconosciuta, mentre le altre tre colture sono state parzialmente reintrodotte in Toscana solo in anni recenti;
  2. **sviluppo di nuovi prodotti**, in particolare:
    - **Oli e farine a elevato valore nutrizionale e cosmetico da filiera corta integrata.** Gli oli prodotti dalle 4 colture Cobraf sono ricchi di acidi grassi polinsaturi omega3 e omega6, essenziali per il nostro organismo e di altre sostanze quali vitamine e polifenoli. I test di mercato e organolettici organizzati da *Effegi srl* nel progetto hanno confermato le loro grandi potenzialità nel settore degli alimenti funzionali e anche nella cosmesi. Per renderli idonei all'impiego cosmetico il *Polo Tecnologico Magona* ha sottoposto a processi di raffinazione completa alcuni di questi oli eliminando impurità e odori e riducendo altri fattori negativi, quali numero di perossidi e acidità libera;
    - **Adesivi atossici a base vegetale per l'industria dei pannelli in legno.** I test condotti da *Agroils spa* sui pannelli residui disoleati hanno confermato buone prestazioni tecniche, in particolare per la canapa; tuttavia l'adesivante oggi privilegiato sul mercato rispetto alla canapa è derivato dalla soia, in quanto, oltre ad avere un elevato tenore proteico, ha un costo sensibilmente più basso;
    - **Coloranti vegetali per l'industria della cosmesi:** l'Università di Pisa ha messo a punto tecniche mild per ottenere due principali coloranti dal fiore di cartamo: il giallo, già utilizzato storicamente, e il rosso. Contemporaneamente è stato sperimentato l'impiego degli interi capolini per rendere più efficiente il sistema di raccolta ed estrazione dei coloranti;
    - **Blocchi a base di canapulo per edilizia:** i test condotti da *Unibloc srl* hanno confermato le ottime prestazioni del canapulo miscelato con alcuni leganti per realizzare biocalcestruzzi con processi industriali ordinari. Quello che ha frenato finora l'impiego di questi nuovi materiali era la mancanza di un impianto di trasformazione delle paglie di canapa che garantisse una fornitura adeguata e costante. Ma a breve, come indichiamo più avanti, il problema potrebbe essere risolto;
    - **Compositi in fibra di canapa:** *Tecnowall srl* ha realizzato dei compositi a base di poliuretano e fibra di canapa, fornita da *ManifattureMaiano spa*, per sostituire la fibra di vetro nella produzione di pannelli per i camper. I test condotti dal *Polo Tecnologico Magona* non hanno dato risultati soddisfacenti per quanto riguarda l'impiego specifico di questi compositi nei pannelli per camper.
-

In ogni caso la tecnica di produzione del composito poliuretano/fibra di canapa è stata ottimizzata e questo composito può trovare impiego in altri settori applicativi;

- **Estrazione di cannabidiolo (CBD) e altri principi attivi dalla canapa industriale:** anche in questo ambito abbiamo novità importanti. L'azienda *RSM srl* ha eseguito prove di estrazione del CBD da un'ordinaria varietà di canapa industriale, la Futura 75, utilizzando diverse parti della pianta, comprese foglie e residui di trebbiatura, e a diversi stadi di sviluppo. Il contenuto di CBD si è dimostrato apprezzabile anche nei residui di trebbiatura e nella fase di pre-fioritura;
3. **Sviluppo di bioraffinerie** L'altro obiettivo fondamentale del progetto era lo sviluppo in Toscana di una rete di impianti e di processi che consentisse l'utilizzabilità reale dei vari co-prodotti delle colture COBRA. In questi anni si sono ottenuti importanti risultati, anche indipendentemente dal progetto, ma più spesso in collegamento col progetto e coi suoi partner. Segnaliamo in particolare:
- il nuovo **impianto di sgranatura, pulizia e cernita di biomasse agricole**, piante oleaginose e officinali in particolare, realizzato da *Rete Etruscum* di Arezzo (alla Rete aderiscono anche partner del COBRA) col supporto di un altro progetto appena concluso del PSR Toscana 2014-2020, il PIF SOLEAT. L'impianto, che farà anche servizio conto terzi, è in grado di separare tutte le varie parti della pianta – steli, semi, foglie e infiorescenze – in modo da consentirne l'impiego per diverse applicazioni;
  - il nuovo **impianto di estrazione meccanica a freddo di oli e farine**, acquisito da *Eco Officina Agraria srl* di Arezzo, partner del COBRA, sempre col supporto del PIF SOLEAT. L'impianto, di dimensioni contenute (60-70 kg/ora), è pensato per le produzioni delle piccole e medie aziende agricole e anche in questo caso offrirà servizi conto terzi;
  - nel settore dell'**estrazione di principi attivi**, oltre all'impianto già operante da anni di *RSM* con tecnologia a solvente, segnaliamo la nascita in Toscana di due aziende innovative, che propongono metodi alternativi di estrazione senza solventi: la prima è *Herbolea Biotech Spa* di Sesto Fiorentino, la cui tecnologia Bio-Herbolysis™ è stata testata con successo nel progetto COBRA per l'estrazione di oli, cannabinoidi e terpeni; la seconda è *Ambra srl* di Siena, operante nell'incubatore di Toscana Life Science, che esegue analisi di fitocannabinoidi e servizi di estrazione con una tecnica a pressione;
  - l'ultima novità è la nascita in Toscana, a Vecchiano (Pi), di un **impianto industriale di stigliatura e macerazione della fibra di canapa**, destinata prioritariamente a impieghi nei settori tessile e cartario. L'impianto di *Canapafiliera srl*, ormai completato, è nato indipendentemente dal COBRA, ma la sua presenza è destinata ad avere importanti ripercussioni positive sulla filiera della canapa in Toscana e sulla bioeconomia regionale. Oltre ai settori indicati, infatti, i coprodotti dell'estrazione della fibra lunga – canapulo, fibra corta, acque e fanghi di macerazione – hanno potenziali applicazioni in svariati settori industriali. La sua capacità produttiva, 10.000 ton annue, necessita di un bacino produttivo di almeno 1.000 ha di coltivazioni.

A questo proposito un'ultima considerazione riguarda proprio un obiettivo specifico del COBRA: un progetto di impianto industriale di prima trasformazione della paglia in Toscana. L'obiettivo può sembrare superfluo con la nascita di un impianto di stigliatura nel Pisano. Ma a nostro parere, sia per motivi logistici (il trasporto di rotoballe di paglia ha costi notevoli) che per migliorare la PLV agricola, riteniamo utile la nascita di piccoli impianti dislocati in altri bacini territoriali della

Toscana, gestiti da consorzi o reti di agricoltori, in grado di utilizzare anche gli steli di coltivazioni da seme e produrre canapulo direttamente per il mercato e fibra tecnica come semilavorato da destinare eventualmente ad affinamenti in altri impianti come quello di Canapafiliera a Vecchiano.



*Figura 1 - Canapa*



*Figura 2 - Lino fioritura*

---

# INTRODUZIONE DI COLTURE OLEAGINOSE INNOVATIVE IN TOSCANA PER L'AVVIO DI NUOVE FILIERE AGRO-INDUSTRIALI: TRASFERIMENTO DI INNOVAZIONE AGRONOMICA

Silvia Tavarini, Lara Foschi, Alessandro Rossi, Luciana G. Angelini  
Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali (DISAAA-a), Università di Pisa

## ABSTRACT

*Crop diversification has undisputable environmental benefits and plays a central role in the agroecological transition toward sustainable and resilient farming systems. Among alternative crops to put in rotation with cereals, innovative oilseed crops, such as safflower, hemp, linseed and camelina, appear to be promising candidates. All these crops are recently attracting the attention of Mediterranean farmers due their broad environmental suitability, low input needs, high plant vigour, also in marginal soil conditions, and tolerance to pests and diseases. Besides to these agronomic advantages, they are characterized by interesting qualitative characteristics of their seed oil and by the possibility of obtaining several high value-added co-products (seedcake, inflorescences, lignocellulosic biomass, and attractive bioactive compounds). Therefore, through the cascading use of total biomass, appealing feedstock for multiple biobased applications can be obtained. Taking into account all these peculiarities, the COBRA project, funded by PSR 2014-2020 of Tuscany Region, was conceived with the general aim to design innovative agro-industrial supply chains in Tuscany starting from the products (seed and oil) and co-products (seedcake, inflorescences and lignocellulosic biomass) of four innovative oilseed species: *Cannabis sativa* L., *Carthamus tinctorius* L., *Linum usitatissimum* L. and *Camelina sativa* (L.) Crantz. Within the project, the research team of Agronomy and Herbaceous Crops of the Department of Agricultural, Food and Environment of the University of Pisa has compared different genotypes and agronomic practices in order to define the most appropriate agricultural production practices for each oilseed crop, considering the specific pedo-climatic conditions, the farm's logistical organization and the needs of the transformation phase and destination of use of the raw material. The activity carried out in the project provided the farmers an opportunity to learn more about the agronomic practices used for these new crops and their productive characteristics, but also demonstrated the technical feasibility of large-scale production.*

## INTRODUZIONE

L'obiettivo generale del progetto GO-COBRA è stato quello di avviare, attraverso l'adozione di un approccio multidisciplinare, nuove filiere agroindustriali in Toscana a partire dai prodotti (seme e olio) e co-prodotti (panello, infiorescenze e biomassa lignocellulosica) di quattro specie oleaginose innovative: *Cannabis sativa* L., *Carthamus tinctorius* L., *Linum usitatissimum* L. e *Camelina sativa* (L.) Crantz. Queste colture si caratterizzano per un'elevata adattabilità e rusticità (bassa richiesta di input chimici, acqua e resistenza malattie), una buona tolleranza alle avversità abiotiche, sono facilmente meccanizzabili e di facile introduzione nei sistemi cerealicoli tradizionali, in sistemi biologici e in aree marginali. Inoltre, è possibile sfruttarne una vasta gamma di prodotti e coprodotti: olio dai semi, pannelli residui dall'estrazione dell'olio, biomasse lignocellulosiche utilizzabili in svariati settori industriali e infiorescenze per l'estrazione di molecole ad uso farmaceutico, cosmetico

e alimentare. Tali caratteristiche risultano estremamente importanti in termini di diversificazione del sistema colturale e di nuove opportunità di reddito per l'agricoltore rispetto alle tradizionali colture, garantendo, al contempo, una minore rigidità del sistema agricolo. Sulla base di tali considerazioni, appare evidente come le aziende agricole, soprattutto quelle delle aree marginali e che costituiscono una buona percentuale del contesto agricolo toscano, rappresentino i principali beneficiari dell'introduzione di tali colture innovative nei sistemi colturali tradizionali.

La possibilità di avviare nuove filiere locali a partire dai prodotti ottenuti dalle specie oleaginose oggetto del progetto, è strettamente connessa alla valutazione bio-agronomica di tali colture, inserite per la prima volta in diversi contesti agro-ambientali di pianura e di collina della provincia di Pisa (Cooperativa agricola Il Rinnovamento e Azienda Agricola Musu Davide), Pistoia (Azienda Agricola Stella Dei), Firenze (Consorzio Forestale delle Cerbaie) ed Arezzo (Azienda Agricola Roghi Mauro). In questo senso, l'attività condotta ha riguardato la definizione, su scala aziendale, degli itinerari agronomici più opportuni, per ciascuna specie, in base alla specifica situazione pedoclimatica, alle condizioni logistiche aziendali e alle esigenze della fase di trasformazione e di destinazione d'uso della materia prima.

Pertanto, nei tre anni di attività progettuale sono state valutate le *performances* agronomiche delle colture COBRA con particolare riferimento alla loro adattabilità al contesto pedoclimatico toscano di riferimento e alle caratteristiche quanti-qualitative delle produzioni.

## MATERIALI E METODI

Nell'arco dei tre anni di progetto, le quattro colture COBRA (canapa - cv. Futura 75; cartamo alto oleico - cv. CW99OL; camelina - cv. Calena e lino - cv. Sideral) sono state introdotte, in regime di agricoltura biologica ed integrata, su scala aziendale, in diversi contesti agro-ambientali di pianura e di collina della provincia di Pisa (Cooperativa agricola Il Rinnovamento e Azienda Agricola Musu Davide), Pistoia (Azienda Agricola Stella Dei), Firenze (Consorzio Forestale delle Cerbaie) ed Arezzo (Azienda Agricola Roghi Mauro).

Parallelamente, per le quattro specie, sono state condotte prove di confronto varietale e di ottimizzazione della tecnica agronomica presso i campi sperimentali del DISAAA-a, localizzati nella pianura costiera di San Piero a Grado (PI).

Nell'ambito del WP2 "Trasferimento di innovazione agronomica", la caratterizzazione dei siti di coltivazione è avvenuta attraverso la definizione delle proprietà fisico-chimiche dei terreni che hanno ospitato le coltivazioni e la consultazione delle capannine meteorologiche del Servizio Idrologico della Regione Toscana (SIR), integrando le informazioni con le indicazioni del database GEOscopio della Regione Toscana, valutando così l'andamento termo-pluviometrico delle stagioni di crescita considerate. Sia le coltivazioni aziendali che le prove dimostrative presso il DiSAAA-a sono state monitorate con continuità tramite sopralluoghi al fine di individuare l'insorgenza di eventuali stress biotici ed abiotici ed il compimento delle principali fasi di sviluppo delle colture.

La determinazione del potenziale produttivo è stata effettuata tramite rilievi distruttivi di biomassa al raggiungimento delle fenofasi ottimali per l'ottenimento di ciascun prodotto in relazione alla destinazione finale di utilizzo, come la fioritura per il cartamo e la canapa, o la maturazione delle granelle per tutte e quattro le specie. Sui campioni di biomassa prelevati su aree di saggio rappresentative della situazione di campo e replicate 4 volte, sono state determinate le principali caratteristiche biometriche e produttive. Oltre alla quantificazione delle produzioni di sostanza secca

dei prodotti principali, è stata anche valutata la resa dei coprodotti ottenuti (residui colturali: paglie e residui di trebbiatura).

Parallelamente, nell'ambito del WP15 "Test di utilizzabilità della polvere e degli estratti di fiore di cartamo in cosmesi", è stato messo a punto un metodo estrattivo *green* per l'ottenimento dei composti coloranti dalle infiorescenze di cartamo (cartamina per il rosso, chinocalconi e flavonoidi per il giallo), di possibile utilizzazione nell'industria della cosmesi biologica. Le infiorescenze di cartamo sono state raccolte, in fase di piena fioritura, sia presso i campi dimostrativi del DiSAAA- che presso le coltivazioni in atto nelle aziende agricole. I campionamenti distruttivi hanno permesso altresì di valutare alcuni parametri agronomici di interesse, quali la resa in capolini ed in infiorescenze. I capolini raccolti sono stati essiccati al buio e a temperatura ambiente al fine di non degradare i composti coloranti. Al raggiungimento del peso costante, i capolini sono stati lavorati al fine di separare i singoli fiori dal ricettacolo del capolino. L'estrazione ha previsto 2 steps: uno in acqua per l'ottenimento dei coloranti gialli ed uno in ambiente alcalino sui fiori esausti per l'ottenimento della cartamina. La concentrazione dei coloranti è stata valutata attraverso saggi spettrofotometrici.

## RISULTATI

Nonostante un certo grado di variabilità nelle caratteristiche pedologiche, i terreni su cui sono state condotte le prove erano tutti a tessitura franco-sabbiosa (con una maggiore componente argillosa presso l'azienda Roghi e la Coop. Il Rinnovamento) e reazione da subacida ad alcalina (da 5,70 del Consorzio Le Cerbaie a 8,35 della Coop. Il Rinnovamento), con un contenuto medio di sostanza organica (1,2-2,2 %) e una dotazione medio-bassa di fosforo (1,8-8,3 ppm). Il potassio è risultato essere elevato nei terreni della Coop. Il Rinnovamento a Santa Luce e Musu a Fauglia e Santo Pietro Belvedere (> 150 ppm), medio presso Stella Dei a Larciano e Consorzio Le Cerbaie a Fucecchio (~100 ppm), e basso negli appezzamenti dell'azienda Roghi, ad Arezzo (<100 ppm). Infine, è stata osservata una consistente presenza di scheletro (rispettivamente 5,9 e 18,4 %) nei terreni che hanno ospitato le coltivazioni del Consorzio Le Cerbaie e della Coop. Il Rinnovamento.

Le precipitazioni totali annuali (mediate sulle tre stagioni di crescita) variavano da 760 mm (Santa Luce – Coop. Il Rinnovamento) a 1100 mm (Fucecchio – Consorzio Le Cerbaie). In relazione alle temperature dell'aria, i valori oscillavano annualmente da una minima di 1-2 °C a una massima di 32-33 °C. Durante i tre anni di progetto, sono stati osservati frequenti discostamenti rispetto agli andamenti medi di lungo periodo, in special modo per le precipitazioni. Sono da evidenziare precipitazioni particolarmente elevate nell'autunno del 2020, che hanno provocato lo slittamento delle semine autunnali previste, e un ritorno di freddo registrato in tutti i siti nella prima decade di aprile del 2021.

Le prove di coltivazione *on-farm* hanno preso l'avvio nel 2020 con le semine primaverili di canapa, presso tutte le aziende agricole partner, e di cartamo, presso l'azienda agricola Davide Musu e la Cooperativa agricola Il Rinnovamento. Dal secondo anno (2019-2020) in poi, le quattro colture sono state inserite nelle diverse aziende, come dettagliato in tabella 1 secondo gli accordi progettuali.

PARTNER	Anno	CARTAMO	LINO	CANAPA	CAMELINA
Coop. Il Rinnovamento	1°	27/03/2019	-	19/04/2019	-
	2°	24/01/2020	23/01/2020	16/04/2020	-
	3°	-	-	05/05/2021	09/03/2021
Az. Davide Musu	1°	23/02/2019	-	30/03/2019	-
	2°	14/03/2020	4/10/2019	-	-
	3°	-	-	-	04/03/2021
Az. Mauro Roghi	1°	-	-	-	-
	2°	26/04/2020	24/02/2020	26/04/2020	-
	3°	06/04/2021	06/04/2021	07/04/2021	07/04/2021
Az. Stella Dei	1°	-	-	15/04/2019	-
	2°	27/03/2020	-	27/03/2020	-
	3°	-	-	-	-
Consorzio Le Cerbaie	1°	-	-	20/04/2019	-
	2°	-	27/03/2020	06/05/2020	-
	3°	-	26/03/2021	26/03/2021	26/03/2021

Tabella 1 - Data di semina di ciascuna coltura COBRA nei tre anni di progetto presso le aziende agricole partners

I risultati relativi alla produzione in seme, biomassa residua e peso mille semi ottenuti in ciascuna azienda e per ciascuna delle quattro colture sono riportati in tabella 2. Durante le annate di coltivazione, si è osservata, un'ampia variabilità delle rese in funzione dell'ambiente, delle caratteristiche climatiche e delle tecniche agronomiche adottate a livello aziendale (fig. 1 e 2), confermando come questi fattori possano influenzare in modo significativo le prestazioni di tali colture.

In linea generale, è emerso come le quattro colture testate si siano adattate alle condizioni pedo-climatiche toscane, sebbene alcune criticità emerse durante la realizzazione del progetto ne abbiano influenzato negativamente le performances finali. In particolare, l'accorciamento del ciclo produttivo delle oleaginose a semina autunnale come lino, camelina e cartamo, dovuto allo slittamento dell'epoca di semina a seguito delle precipitazioni eccezionali, ha determinato una riduzione delle rese attese. Questo è imputabile da un lato ad una riduzione della durata della fase vegetativa e, conseguentemente, della fase di accumulo/traslocazione dei fotosintetati e, dell'altro, all'entrata in fase riproduttiva in un periodo caratterizzato da maggior stress idrico e termico. Inoltre, l'impossibilità di entrare in campo per un lungo periodo di tempo a seguito delle abbondanti piogge, non ha permesso un'ottimale preparazione del letto di semina, che si è tradotta in una riduzione della densità di impianto. Nel caso specifico della canapa, inoltre, la presenza di un'elevata percentuale di semi vuoti alla raccolta (circa il 30-40%) ne ha condizionato fortemente la produttività. Al fine di valorizzare co-prodotti importanti come le infiorescenze di cartamo e canapa, sono state valutate, in fase di piena fioritura (nella prima decade di luglio per il cartamo e nel mese di agosto per la canapa), le rispettive rese. La resa in infiorescenze di canapa variava da 0,31 a 3,57 t ha<sup>-1</sup> in funzione dell'azienda e della stagione di crescita. Per il cartamo, la produzione in capolini oscillava da 1,97 a 2,66 t ha<sup>-1</sup>, con rese in fiore dell'ordine di circa 100 kg ha<sup>-1</sup>. Il contenuto in composti coloranti gialli si è dimostrato abbastanza stabile in relazione all'ambiente di coltivazione con valori di circa 0,41

g/100g s.s.; al contrario, la percentuale di cartamina variava significativamente con l'ambiente di riferimento in un range compreso tra 3,50 g/100g e 7,35 g/100g.

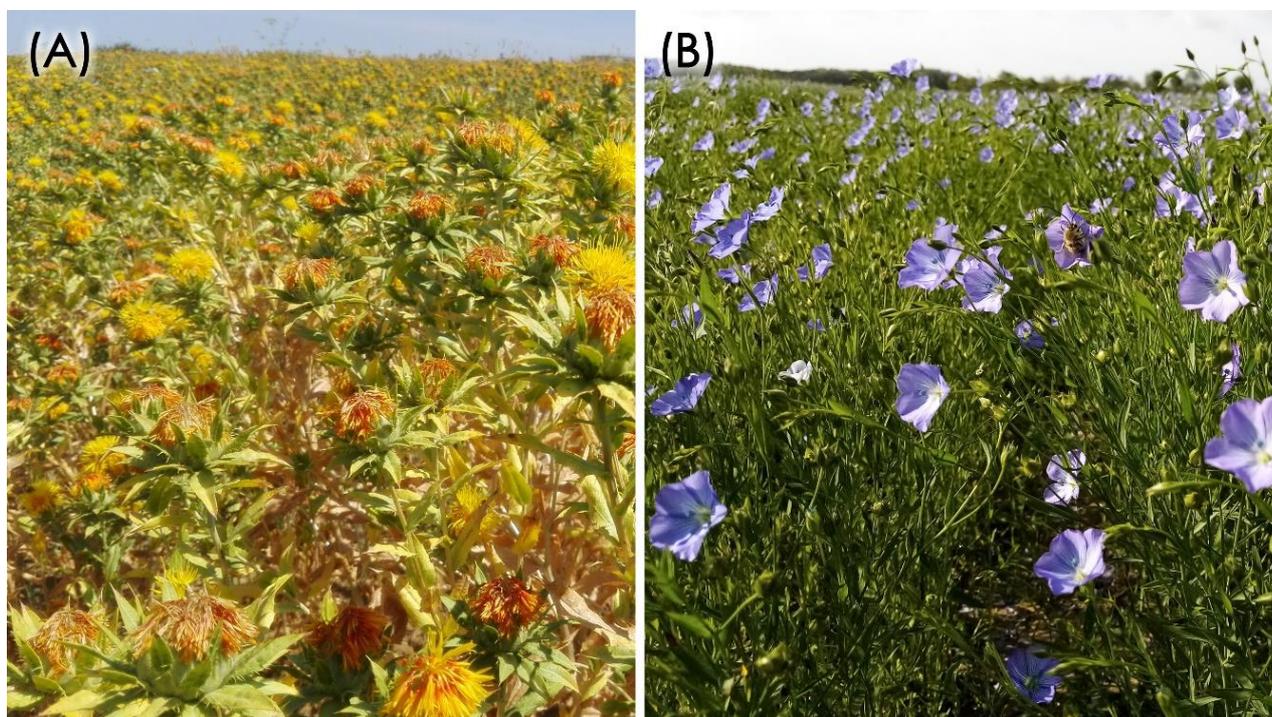


Figura 1 - (A) *Cartamo* (*Carthamus tinctorius* L.) in fase di piena fioritura presso la Cooperativa agricola Il Rinnovamento a Santa Luce (PI) (04/07/2019); (B) *lino* (*Linum usitatissimum* L.) in fase di piena fioritura presso l'azienda agricola Mauro Roghi ad Arezzo (03/06/2020)

## CONCLUSIONI

Durante i tre anni della sperimentazione, la frequenza e l'intensità di eventi meteorologici sfavorevoli, dovuti al cambiamento climatico, hanno influenzato le pratiche agricole e comportato alterazioni della produttività. Le riduzioni produttive hanno interessato sia le colture a semina autunnale che hanno subito uno slittamento nell'epoca di semina, sia quelle a ciclo tipicamente primaverile-estivo come la canapa (in particolare là dove sono state effettuate semine primaverili tardive). Al contrario, l'anticipo della semina in autunno (dove è stato possibile) ha comportato dei vantaggi produttivi. Le informazioni e le osservazioni raccolte, insieme ai risultati produttivi ottenuti durante l'intero progetto, hanno permesso di valutare il grado di adeguatezza tecnico-scientifica delle tecniche proposte e di definire, per ogni specie oleaginosa, un modello di *best practices* per sistemi biologici e integrati, che permettano di produrre materia prima (olio, pannello, infiorescenze) con caratteristiche qualitative superiori in funzione della destinazione d'uso.

Questo progetto, dalla forte connotazione partecipativa che ha coinvolto ricercatori e agricoltori, pone le basi per la progettazione di nuovi sistemi culturali in sintonia con i principi agro-ecologici (valorizzazione dell'ambiente coltivato, salvaguardia delle risorse ambientali e della biodiversità, qualità e tracciabilità delle produzioni) e, al tempo stesso, al rafforzamento del ruolo degli agricoltori nella catena del valore di queste innovative filiere agro-industriali.



Figura 2 - (A) Camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) in fase di piena fioritura presso l'azienda agricola Davide Musu a Fauglia (PI) (27/05/2022); (B) canapa (*Cannabis sativa* L.) in fase di prefioritura presso l'azienda agricola Stella Dei a Larciano (PT) (18/06/2020)

PARTNER		CARTAMO	LINO	CANAPA	CAMELINA
Coop. Il Rinnovamento	Resa seme	1,06-1,25 t ha <sup>-1</sup>	0,80-1,10 t ha <sup>-1</sup>	47 - 240 kg ha <sup>-1</sup>	0,42 t ha <sup>-1</sup>
	Residui	5,43-9,99 t ha <sup>-1</sup>	0,88-1,46 t ha <sup>-1</sup>	1654 - 9695 kg ha <sup>-1</sup>	1,27 t ha <sup>-1</sup>
	TSW	37,32-38,17 g	5,56-6,20 g	10,49 - 11,18 g	0,88 g
Az. Davide Musu	Resa seme	1,54-1,67 t ha <sup>-1</sup>	1,34 t ha <sup>-1</sup>		0,99 t ha <sup>-1</sup>
	Residui	3,83-4,88 t ha <sup>-1</sup>	2,63 t ha <sup>-1</sup>	Non raccolta	2,13 t ha <sup>-1</sup>
	TSW	35,88-37,08 g	5,46 g		0,97 g
Az. Mauro Roghi	Resa seme	0,57-0,67 t ha <sup>-1</sup>	0,53-0,82 t ha <sup>-1</sup>	148 kg ha <sup>-1</sup>	0,25 t ha <sup>-1</sup>
	Residui	1,46-1,90 t ha <sup>-1</sup>	0,96-1,44 t ha <sup>-1</sup>	4010 kg ha <sup>-1</sup>	0,91 t ha <sup>-1</sup>
	TSW	39,72-42,41 g	4,69-5,80 g	11,94 g	0,72 g
Az. Stella Dei	Resa seme	1,74 t ha <sup>-1</sup>	-	398 kg ha <sup>-1</sup>	-
	Residui	8,47 t ha <sup>-1</sup>	-	6573 kg ha <sup>-1</sup>	-
	TSW	41,89 g	-	12,68 g	-
Consorzio Le Cerbaie	Resa seme	-	0,80-1,12 t ha <sup>-1</sup>	129-480 kg ha <sup>-1</sup>	0,73 t ha <sup>-1</sup>
	Residui	-	2,30-2,54 t ha <sup>-1</sup>	2936-5679 kg ha <sup>-1</sup>	2,03 t ha <sup>-1</sup>
	TSW	-	4,52-5,42 g	11,23-14,97 g	0,90 g

Tabella 2 - Principali caratteristiche produttive (resa in seme, residui colturali e peso mille semi (TSW), espressi come range nelle aziende in cui le colture sono state ripetute con successo per più di una stagione) delle quattro colture presso le diverse aziende agricole partner. I risultati sono espressi sulla sostanza secca

---

## CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEI PRODOTTI IN ENTRATA E IN USCITA DAI PROCESSI DI ESTRAZIONE

Roberto Matteo, Lorena Malaguti, Luisa Ugolini, Nerio Casadei, e Luca Lazzeri -  
CREA Centro di ricerca Cerealcoltura e Colture Industriali

### ABSTRACT

*The activity of CREA CI was focused on the chemical characterization of the productions of the four crops under study, Camelina sativa Cranz., Cannabis sativa L., Carthamus tinctorius L., Linum usitatissimum L., in detail:*

*i) the characterization of the seed and straw to evaluate the quality of the raw material upstream of the extraction processes and ii) the characterization of oil and defatted oilseed cakes to evaluate the quality of the extraction processes on the downstream products.*

*Seed were evaluated for their oil, nitrogen and carbon contents, and for camelina, for its glucosinolate content. Acidic profile was determined for oil in seed, before the defatting process. Furthermore, Carbon and Nitrogen contents were determined for straws.*

*Oilseed cake were analyzed for their residual oil content, protein content Carbon and Nitrogen contents, and ash content. Acidic profiles of extracted oils were determined alongside with free acidity and peroxide values. In general, some interesting features, such as acidic profile was not compromised, whilst some other quality parameters such as free acidity, peroxide value, and glucosinolates were affected through the transportation or the transformation processes.*

### INTRODUZIONE

L'attività del CREA CI è stata focalizzata in particolare sulla caratterizzazione chimica delle produzioni delle 4 colture oggetto di studio, in particolare:

1. caratterizzazione del seme e delle paglie atte a valutare le qualità della materia prima a monte dei processi estrattivi (WP2 - WP7);
2. caratterizzazione di olio e pannelli di disoleazione atte a valutare la bontà dei processi estrattivi (WP10).

### RISULTATI PRINCIPALI

#### A. Analisi dei semi

Canapa (var. FUTURA 75) ha sempre presentato un contenuto in olio più contenuto, dal 15,5 al 28,4 %. Camelina ha presentato un elevato contenuto in olio, quasi sempre vicino o superiore al 40%. Il contenuto in glucosinolati (ISO 9167-1:1992/Amd 1:2013) nel seme (23,5-26,5  $\mu\text{mol g}^{-1}$ ) è in linea con la bibliografia, ma si presenta non particolarmente alto. Anche il contenuto in olio è risultato molto interessante per la varietà di cartamo alto oleico CW990L (35,1-40,3 %). Mentre le varietà di lino utilizzate hanno sempre superato il 40%, raggiungendo picchi del 45,5% per la varietà Kaolin. Differentemente da canapa, camelina e lino (N=3,1-4,5%), il cartamo presenta un contenuto di azoto molto inferiore in tutti gli ambienti testati (N=1,9-3,1%).

### B. Analisi delle paglie

Le analisi effettuate sui residui colturali hanno avuto il principale obiettivo di supportare l'attività del WP 20 che riguarda i bilanci ambientali. Il contenuto in N è sempre stato minore o uguale all'1%, al momento della raccolta, stabile anche il contenuto di carbonio 47-49%, facendo presumere una discriminante determinata dalla quantità di biomassa prodotta a seconda della coltura.

### C. Analisi dell'olio

Interessante il contenuto in acido oleico della varietà CW990L di cartamo (74,3-79,9%) in tutti gli ambienti, mentre canapa presenta un buon tenore in acido linoleico (54,0-56,8%). Il lino con entrambe le varietà testate Kaolin e Sideral ha presentato un elevato tenore in acido alfa linolenico (53,2-57,4%). Durante l'ultima annualità è stata introdotta Camelina sativa che presenta una interessante composizione acidica, con un buon tenore in acido alfa linolenico da 26,4 a 30,3%. In generale, al netto di una contaminazione individuata nell'olio di camelina, non sono state evidenziate particolari problematiche che determinassero degradazioni importanti a carico della composizione acidica degli oli ottenuti. In particolare a conclusione della spremitura/estrazione della seconda annata agraria a seguito della quale, gli oli, che sono stati ottenuti unendo le produzioni delle aziende partner, hanno presentato un valore di acidità relativamente basso, testimoniandone la buona qualità (Conte et al., 1985; ISO 12966-4:2015). Questo parametro è stato particolarmente basso per gli oli di camelina e cartamo. Il numero di perossidi, risulta anch'esso in generale relativamente basso.

### D. Molecole bioattive nel pannello di disoleazione

I fenoli determinati nel pannello residuo di disoleazione sono variati in un range ridotto, da 3,21 a 7,13  $\mu\text{g GA mg}^{-1}$ . Il contenuto in fenoli (Dewanto et al., 2002) più basso riscontrato è stato quello di canapa (3,2  $\mu\text{g GA mg}^{-1}$ ), probabilmente questo è dipeso molto dalla qualità del materiale di partenza, come già discusso in precedenza. I pannelli con il maggior contenuto fenolico sono risultati quelli di cartamo e lino ottenuti presso Rinnovamento, circa 6 e 5,5  $\mu\text{g GA mg}^{-1}$ , rispettivamente. Come indicazione generale, si conferma una corrispondenza inversa tra il contenuto fenolico e il valore di DPPH (maggiore è l'attività antiossidante minore è l'EC50 espressa tramite DPPH), a testimoniare come la componente principale dell'attività antiradicalica espressa da queste matrici vegetali sia determinata in gran parte dal contenuto fenolico (Brand-Williams et al.; 1995).

Camelina è stata l'unica pianta appartenente alla famiglia delle Brassicaceae coltivata nell'ambito del progetto, quindi l'unica caratterizzata dal tipico sistema di difesa endogeno mirosinasi-glucosinolati. Metaboliti secondari ad alta attività biologica. Anche per il pannello di camelina è stata verificata una contaminazione del campione, testimoniata dalla presenza in alte concentrazioni del glucosinolato sinalbina, glucosinolato che non appartiene al profilo di Camelina sativa (Pagnotta et al., 2018).

Oltre all'interesse per l'olio, spiccano tra gli altri prodotti derivati da pannello disoleato e pannelli tal quali, già noti nell'elenco INCI europeo. Questo è un motivo per cui i pannelli di disoleazione proposti sono meritevoli di attenzione per lo sviluppo di una filiera toscana. Le potenziali applicazioni dei pannelli residui comprendono il condizionamento della pelle e dei capelli, le capacità abrasiva, deodorante, umettante e di formazione di film protettivi.

---

**BIBLIOGRAFIA**

- BRAND-WILLIAMS W., CUVELIER M., BERSET C. (1995) *Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT,28, pp. 25-30.*
- CONTE LS, LEONI O, PALMIERI S, CAPELLA P, LERCKER G, 1989. *Half-seed analysis: rapid chromatographic determination of the main fatty acids of sunflower seed. Plant Breed. 102:158-65.*
- DEWANTO V., WU X., ADOM K.K., LIUR.H.. (2002) *Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol. 50, 3010-4.*
- ISO 9167-1:1992/Amd 1:2013(1992). *Graines de colza – Dosage des glucosinolates – Partie 1: Methode par chromatographie liquide à haute performance.*
- ISO 12966-4, (2015). *Animal and vegetable fats and oils - Gas chromatography of fatty acid methylesters - Part 4: Determination by capillary gas chromatography. International Organization for Standardization.*
- PAGNOTTA, E., UGOLINI, L., MATTEO, R., LAZZERI, L., FOSCHI, L., ANGELINI, L.G., TAVARINI, S., (2019). *Exploring the Camelina sativa value chain: a new opportunity for bio-based products and overall crop sustainability. Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse 2019, XCVI(XCVI (4):259-268.*

---

## ATTIVITÀ DELLA SOCIETÀ RSM DURANTE IL PROGETTO COBRA

*Jacopo Chini - R.S.M. (Ricerche Sperimentali Montale) srl*

### ATTIVITÀ SVOLTA NEL 2019

#### Premessa

Nell'anno 2019 l'attività svolta presso il Centro Ricerche RSM Srl di Montale (PT) è stata mirata principalmente alla valutazione di alcuni parametri necessari al fine di utilizzare al meglio la biomassa ottenuta dalle coltivazioni di canapa industriale per l'estrazione del (-)-Cannabidiolo (CBD). A tale scopo, sono state eseguite preparazioni di campioni di biomassa mediante la separazione della parte contenente le infiorescenze e le foglie dalla parte degli stecchi e dei semi.

Sono stati inoltre messi a punto ed eseguiti i metodi analitici per l'ottenimento dei risultati relativi ai parametri d'interesse. In particolare sono stati lavorati campioni costituiti dalla parte apicale essiccata della pianta di *Cannabis Sativa sativa L.* della varietà Futura 75 provenienti dalle seguenti aziende agricole aderenti al progetto Cobraf:

- Azienda agricola "Il Rinnovamento"
- Azienda agricola "Le Cerbaie"
- Azienda agricola "Stella Dei"
- Azienda agricola "Roghi Mauro"

#### Svolgimento dell'attività

Le infiorescenze (contenenti una certa quantità di semi) insieme alle foglie e una parte di canapulo sono state separate manualmente dagli steli fibrosi. La biomassa, privata degli steli, è stata sottoposta a triturazione utilizzando un omogeneizzatore ed il prodotto tritato è stato passato al setaccio (con maglie da 2 mm) per separare i semi dalla biomassa. È stata eseguita l'estrazione etanolica del campione di biomassa per verificare il contenuto di CBD tramite l'analisi HPLC e sulla polvere è stato valutato anche il contenuto di umidità.

#### Risultati

- Azienda agricola "Il Rinnovamento":

La biomassa ottenuta presenta un buon rapporto tra la forma acida del CBD e quella decarbossilata (0,84). Tale valore, oltre ad essere industrialmente importante per il processo estrattivo, indica che lo step di essiccamento è stato eseguito in condizioni tali da evitare un eccessivo stress termico. Infatti, la decarbossilazione è un processo degradativo principalmente dovuto al calore fornito nella fase di essiccamento oltre che dal tempo e dalle condizioni di stoccaggio. Pertanto, il rapporto tra le due forme del cannabidiolo (acida e decarbossilata) rappresenta un indice della "freschezza" e del corretto processo di essiccamento e di conservazione del materiale vegetale che le contiene. Il contenuto finale di acqua nel campione è risultato molto basso (8,8%). Il contenuto di CBD totale (1,1 gr/100 gr di biomassa) è migliorabile ma comunque soddisfacente.

- Azienda agricola “Le Cerbaie”:

La biomassa ottenuta presenta un buon rapporto tra la forma acida del CBD e quella decarbossilata (0,91) indicando, anche in questo caso, che lo step di essiccamento è stato eseguito in condizioni corrette ottenendo un contenuto finale di acqua pari a 12,0 %. Il contenuto di CBD totale (2,6 gr/100 gr di biomassa) rappresenta un risultato molto buono.

- Azienda agricola “Stella Dei”:

La biomassa ottenuta presenta un buon rapporto tra la forma acida del CBD e quella decarbossilata (0,77) anche se inferiore rispetto alle canape precedenti. E’ stato ottenuto un contenuto finale di acqua pari a 12,0 %. Il contenuto di CBD totale (2,2 gr/100 gr di biomassa) rappresenta un risultato molto buono.

- Azienda agricola “Roghi Mauro”:

La biomassa ottenuta presenta un buon rapporto tra la forma acida del CBD e quella decarbossilata (0,93) ed un contenuto finale di acqua pari a 11,9 %.

Il contenuto di CBD totale (2,6 gr/100 gr di biomassa) rappresenta un risultato molto buono.

## ATTIVITÀ SVOLTA NEL 2020

### Premessa

L’attività svolta dalla Soc. R.S.M. Srl di Montale nell’ambito del Progetto Cobraf nell’anno 2020 è stata mirata alla quantificazione del contenuto del cannabinoide non psicotropo (-)-Cannabidiolo (CBD) in campioni di materiale vegetale proveniente da coltivazioni di canapa industriale “Sativa sativa” prelevati in tempi diversi dopo la semina.

Tale attività fa seguito alle prove preliminari di estrazione del CBD dalla sola foglia eseguite nel 2019 che hanno prodotto risultati incoraggianti indicando un contenuto di cannabidiolo totale (comprendente sia la forma acida che quella decarbossilata) tra 0,4 e 0,9 gr/100 gr di materiale vegetale.

### Svolgimento dell’attività

In questo caso, oltre alla possibilità di utilizzare le sole foglie per l’estrazione del cannabidiolo, è stata valutata anche l’opportunità di ottenerlo da materiale proveniente dalla raccolta in “pre-fioritura” e dai “residui della trebbiatura”. Sono stati analizzati campioni forniti dall’Azienda agricola Il Rinnovamento e dall’Università degli Studi di Pisa.

Campioni provenienti dall’Azienda agricola Il Rinnovamento:

- Varietà Futura 75 (raccolta in pre-fioritura; semina del 24 Aprile e raccolta del 20 Luglio)
- Varietà Futura 75 (raccolta di fine Luglio 2020)
- Varietà Futura 75 (raccolta di fine Settembre 2020)
- Varietà Futura 75 (residuo della trebbiatura raccolta 30.09.20)

Campioni provenienti dall’Università di Pisa:

- Varietà Futura 75 cimata foglie 29.06.20
- Varietà Futura 75 non cimata foglie 29.06.20

- Varietà Futura PTE15 infiorescenza 05.08.20 (Rottaia)
- Strame da varietà Futura cimata (Rottaia)
- Infiorescenza da varietà Futura 75, R2 strame 60°C 07.09.20
- Infiorescenza da varietà Futura 75, R3 strame 60°C 07.09.20
- Infiorescenza da varietà Futura 75, R8 strame 60°C 07.09.20
- Varietà Carmagnola cimata foglie 29.06.20
- Varietà Carmagnola non cimata foglie 29.06.20
- Varietà Carmagnola cimata R3 strame 21.09.20
- Varietà Carmagnola non cimata R5 strame 21.09.20
- Varietà Carmagnola infiorescenza R7 08.09.20

## Risultati

Per quanto riguarda la possibilità di utilizzare materiale vegetale raccolto in “pre-fioritura” per l’ottenimento del CBD, il risultato ottenuto sul campione proveniente dall’azienda agricola Il Rinnovamento (relativo alla semina del 24 Aprile e raccolta del 20 Luglio) ha mostrato un contenuto totale di CBD di 1,1 gr CBD/100 gr di materiale vegetale. Si tratta di un valore particolarmente interessante soprattutto se si considera che il rapporto CBDA (CBD)/CBD tot. è di 0,98. Tale risultato indica che il cannabidiolo presente nel campione è principalmente nella forma acida (tipico di un materiale vegetale fresco e ben conservato) utile nel processo di estrazione del CBD su scala industriale.

Anche il campione ottenuto dal “residuo della trebbiatura” ha dato un risultato molto buono con un contenuto totale di CBD pari a 3,1 gr/100 gr di biomassa e un rapporto CBDA (CBD)/CBD tot pari a 0,91 indicando che anche questo prodotto potrebbe essere un candidato interessante dal punto di vista dell’ estrazione del CBD su scala industriale.

Il risultato ottenuto sulle foglie della varietà Futura 75 è confermato anche dai campioni provenienti dall’Università degli Studi di Pisa nei quali il contenuto di CBD totale è risultato di 0,8 gr/100 gr di materiale vegetale. I campioni di “strame” sempre da varietà Futura hanno dato un contenuto di CBD molto buono compreso tra 1,9 e 2,4 gr/100 gr di materiale vegetale.

Anche per quanto riguarda la varietà Carmagnola il contenuto di CBD nelle foglie è buono con un valore che va da 0,8 a 1,0 gr/100 gr di materiale vegetale.

## ATTIVITÀ SVOLTA NEL 2021

### Premessa

L’attività svolta dalla Soc. R.S.M. Srl di Montale nell’ambito del Progetto Cobraf nell’anno 2021 è stata mirata alla quantificazione del contenuto del cannabinoide non psicotropo (-)-Cannabidiolo (CBD) in campioni di materiale vegetale proveniente da coltivazioni di canapa industriale “Sativa sativa” .

Tale attività conclude il lavoro preliminare eseguito nei precedenti anni del Progetto rivolto all’ estrazione del CBD anche da materiale considerato di “scarto” per questo tipo di finalità e cioè dalle sole foglie e dai residui della trebbiatura (strame).

Pertanto, i dati ottenuti possono essere utilizzati al fine di valorizzare parti della pianta o prodotti derivanti dalle fasi di agricole (raccolta e trebbiatura) che normalmente non troverebbero una collocazione nelle tradizionali filiere produttive dei settori alimentare (seme) e tessile (fibra).

### Svolgimento dell'attività

Sono stati analizzati campioni provenienti dall'Università degli Studi di Pisa che li ha raccolti anche dalle aziende agricole che partecipano al Progetto in qualità di partners (in particolare dalle aziende Rinnovamento, Le Cerbaie e Roghi Mauro).

Sono state prese in esame le varietà di canapa Futura 75 e Carmagnola. Per ciascuna di esse è stata valutato il contenuto di CBD oltre che nell'infiorescenza anche nella foglia e nello strame, cioè il residuo che resta della parte riproduttiva dopo aver trebbiato le cime con una trebbia a punto fisso in fase di maturazione del seme.

I campioni ricevuti in RSM srl sono stati conservati in cella frigorifera a 4°C fino al momento dell'analisi per evitare il fenomeno della decarbossilazione del CBDA a CBD.

Sono stati analizzati i seguenti campioni:

- Strame - Università di Pisa - 1a raccolta - Futura 75
- Strame - Università di Pisa - 2a raccolta - Futura 75
- Strame - Università di Pisa - 1a raccolta - Carmagnola
- Strame - Università di Pisa - 2a raccolta - Carmagnola
- Strame - Le Cerbaie - Futura 75
- Strame - Rinnovamento - Futura 75
- Strame - Roghi - 1a raccolta - Futura 75
- Infiorescenza - Università di Pisa - Futura 75
- Infiorescenza - Università di Pisa - Carmagnola
- Infiorescenza - Le Cerbaie - Futura 75
- Infiorescenza - Rinnovamento - Futura 75
- Infiorescenza - Università di Pisa - Futura 75
- Foglie - Università di Pisa - Futura 75
- Foglie - Università di Pisa - Carmagnola

Tutti i campioni sono stati macinati per l'ottenimento di una polvere fine che è stata poi sottoposta ad un processo di estrazione alcolica. Gli estratti alcolici sono stati analizzati con la tecnica HPLC. Sulle polveri è stato determinato anche il contenuto di umidità tramite la perdita di peso all'essiccamento (LOD).

### RISULTATI

I campioni di infiorescenze hanno mostrato un contenuto di CBD totale compreso tra 1,4 gr/100 gr di biomassa e 2,7 gr/100 gr di biomassa. Il rapporto tra la forma acida (CBDA) e il CBD totale è risultato compreso tra 0,77 e 0,95 e l'umidità tra il 9,8 % e il 10,2 %.

Nei campioni di strame è stato evidenziato un contenuto di CBD totale molto interessante con valori che vanno da 1,7 gr/100 gr di biomassa a 2,8 gr/100 gr di biomassa. Anche il rapporto tra la forma acida (CBDA) ed il CBD totale per tutti i campioni è risultato  $\geq$  di 0,90 indicando che si tratta

di materiale ben conservato che non ha subito stress termico nel processo di essiccazione. L'umidità è risultata compresa tra 9,4 e 11,1 %.

Il contenuto di CBD totale nelle foglie è risultato intorno a 0,8 e 0,9 gr/100 gr di biomassa, il rapporto tra la forma acida (CBDA) ed il CBD totale è pari a 0,77 e l'umidità compresa tra 8,7 % e 8,8 %.

## **CONCLUSIONI**

Da tutti i risultati ottenuti con il lavoro svolto dalla Società RSM Srl durante il Progetto Cobraf si evince che il materiale derivante dal residuo della trebbiatura (strame) e le foglie provenienti da coltivazioni di canapa industriale "Sativa sativa" delle varietà prese in esame rappresentano un'alternativa promettente per l'estrazione del CBD contribuendo ulteriormente alla valorizzazione di tutte le parti della pianta.

Oltre ai dati relativi ai cannabinoidi, RSM Srl ha ottenuto anche alcuni dati preliminari sul rapporto in peso seme/biomassa in vari stadi della coltivazione e fasi della lavorazione agricola su campioni provenienti dalle aziende agricole Rinnovamento e Stella Dei raccolti nell'anno 2020.

Inoltre, ha svolto anche un lavoro esplorativo sulla possibilità di ottenere i "lignani" (composti fenolici con potenziali proprietà benefiche sulla salute) dai semi del lino della varietà Sideral provenienti dall'azienda agricola Rinnovamento con risultati incoraggianti.

## PRODUZIONE DI BIOADESIVI PER INCOLLAGGIO PANNELLI DI LEGNO

Giovanni Venturini Del Greco - AGROILS TECHNOLOGIES S.P.A.

### OBIETTIVO DELLA SPERIMENTAZIONE

Preparazione bioadesivo per pannelli di multistrato partendo da pannelli disoleati di semi vegetali.

### ABSTRACT

*A livello globale la produzione annuale di pannelli legnosi si attesta ad oltre 100 milioni di metri cubi (European Panel Federation, 2020). In Europa i principali prodotti sono pannelli truciolari (52%), Medium-Density-Fibreboard (MDF) (21%), Oriented-Strand-Board (OSB) (12%) e compensato-multistrato (5%). In Italia il pannello truciolare è il principale tipo di prodotto realizzato con una produzione di oltre 3 milioni di metri cubi. I pannelli vengono ottenuti utilizzando principalmente resine a base Urea-Formaldeide (UF), Melamine-Urea-Formaldeide (MUF) o Polymeric Methylen Diphenyl Diisocyanate (pMDI) per incollare gli strati o le particelle di legno. Il consumo annuale di resine nel settore dei pannelli legnosi è di oltre 10 milioni di tonnellate a livello globale e di circa 500.000 tonnellate in Italia. Sia le resine a base UF che pMDI sono sostanze di origine fossile. Inoltre, nel caso delle resine a base di Urea-Formaldeide, a causa di un lento processo di idrolisi causato dall'umidità atmosferica, nel tempo una certa quantità di Formaldeide viene rilasciata dal pannello sotto forma di emissioni. La Formaldeide è una sostanza classificata come cancerogena (IARC, 2004). Un metro cubo di pannello truciolare mediamente contiene 80 kg di resina a base Formaldeide. La ricerca industriale è da tempo impegnata nel ridurre il consumo di sostanze di origine fossile nonché le emissioni di Formaldeide nei prodotti.*

*Sin dall'antichità sostanze biologiche come l'amido o le proteine vegetali sono state impiegate come collanti, tuttavia, le prestazioni di queste sostanze non sono elevate come le resine sintetiche. Tentativi di funzionalizzare queste sostanze al fine di migliorarne le prestazioni non hanno ancora portato ad ottenere resine tecnicamente performanti, ma anche economicamente competitive.*

*Nell'ambito del progetto COBRA si è proceduto a valutare la possibilità di utilizzare pannelli disoleati ottenuti dalla canapa, il lino, il cartamo e la camelina, opportunamente additivati con una certa quantità di Polyamide-amine-epichlorohydrin (PAE) un wet strength agent impiegato nel settore del tissue, al fine di ottenere una resina senza formaldeide e con un ridotto consumo di sostanze fossili. La resina così ottenuta è stata impiegata per ottenere pannelli di truciolare e compensato, i quali sono stati testati rispetto alle specifiche industriali. Per truciolare: Internal Bonding, Surface Soundness, Swelling; per compensato/multistrato: Tensile Strength Classe 1.*

*I test effettuati hanno identificato nel pannello di canapa l'unico materiale biologico effettivamente impiegabile nella produzione della resina grazie ad una minore viscosità rispetto agli altri pannelli. La resina a base di pannello di canapa e PAE ha consentito di ottenere un pannello di compensato che potrebbe soddisfare le specifiche industriali.*

### TEST CON PANNELLO DI CARTAMO (COOPERATIVA IL RINNOVAMENTO)

#### Test #1 (14/04/2021)

Sono stati sminuzzati i pannelli di cartamo in un Moulinex (robot da cucina) per sfarinarli. Contenuto di solidi misurato del pannello di cartamo = 97.44%.

Sono quindi stati aggiunti gli altri ingredienti in proporzione, mantenendo la miscela in agitazione nel Moulinex.

INGREDIENTS	Mix. seq.	Solid content %	g <sub>DRY</sub>	g <sub>WET</sub>	Dry composition
<b>Pannello di Cartamo (Rinnovamento)</b>	1a	97.4%	142.51	146.25	81.11%
PAE (Wet Strength Agent)	2b	25.0%	28.14	112.57	16.02%
NaOH (Sodium Hydroxide)	3	30.0%	2.91	9.71	1.66%
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (SMBS)	1b	100.0%	2.14	2.14	1.22%
Water	2a	0.0%	0.00	136.05	0.0%
<b>Total this recipe</b>		<b>43.2%</b>	<b>175.70</b>	<b>406.72</b>	<b>100.0%</b>

La granulometria della bioresina così ottenuta è risultata troppo grossolana ed impossibile da distribuire uniformemente sul pannello di legno. **Prova scartata per impraticabilità del processo.**

### TEST CON PANNELLO DI LINO (DATAZIONE SUL SACCO 25/11/2020)

#### Test #2 (22/04/2021)

Si è provato a prendere il pannello di lino e metterlo in ammollo in acqua in proporzioni necessarie a dare una resina finale con un contenuto di solidi del 40% (umidità del 60%). Successivamente il materiale risultante è apparso molto grossolano e troppo solido, si è osservato che non attraversava il mulino colloidale, facendolo surriscaldare (impostazione apertura denti mulino: 1 giro dalla battuta). **Prova scartata per impraticabilità del processo.**

#### Test #3 (22/04/2021)

È stata dapprima sminuzzata una determinata quantità di pannello di lino in un Moulinex (robot da cucina), poi è stata addizionata acqua in proporzione per raggiungere una resina finale con un contenuto di solidi del 37% (umidità del 63%), materiale più sminuzzato ma molto coloso e troppo agglomerato “a palle”.

Aggiunti successivamente PAE e SMBS sempre in agitazione nel Moulinex, per raggiungere la formulazione finale della bioresina adesiva (ad eccezione della soda caustica).

INGREDIENTS	Mix. seq.	Solid content %	g <sub>DRY</sub>	g <sub>WET</sub>	Dry composition
<b>Pannello di Lino (25/11/2020)</b>	1a	96.0%	579.36	603.50	81.11%
PAE (Wet Strength Agent)	2b	25.0%	114.41	457.65	16.02%
NaOH (Sodium Hydroxide)	3	30.0%	11.84	39.48	1.66%
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (SMBS)	1b	100.0%	8.69	8.69	1.22%
Water	2a	0.0%	0.00	821.24	0.0%
<b>Total this recipe</b>		<b>37.0%</b>	<b>714.31</b>	<b>1930.56</b>	<b>100.0%</b>

Nonostante l'aggiunta del PAE per tentare di rendere la miscela più liquida e meno pastosa, nel mulino questa non scorreva bene, intasandosi e portando il mulino ad eccessivo surriscaldamento (impostazione apertura denti mulino: 1 giro e mezzo dalla battuta). Il calore generato innescava un rapido e visibile inizio di polimerizzazione della resina. **Prova scartata per impraticabilità del processo.**

### TEST CON PANNELLO DI CARTAMO (COOPERATIVA IL RINNOVAMENTO)

#### Test #4 (25/05/2021)

---

Provato a fare miscela acqua + cartamo per arrivare a un sc finale della resina di 37%: la miscela di acqua e cartamo risulta troppo solida, non possiamo introdurla nel mulino colloidale.

Abbiamo quindi diluito la miscela acqua + cartamo con altra acqua per arrivare a resina finale con sc del 30%: il materiale passa dal mulino con relativa facilità (scalda, occorre implementare il raffreddamento a liquido del mulino) e diventa una pasta ma ancora troppo agglomerata e non pompabile.

### **TEST CON SEMI DI CAMELINA (DATAZIONE SUL SACCO 2020)**

#### **Test #5 (25/05/2021)**

Provato a fare miscela acqua + camelina per arrivare a un solid content finale della resina di 37%: la camelina assorbe tutta l'acqua velocemente ed ha assunto una consistenza simile ad un "risotto". Provato a passare dal mulino a varie aperture dei denti, ma il materiale bagnato rimane nella coclea e non scorre. Quel poco di materiale che attraversa il mulino diventa pastoso, color grigio, probabilmente lavorabile.

Preso 1 kg di semi di camelina e provati a passare dal mulino senza acqua, con apertura al minimo. Esce un materiale buono, ma fatica a passare dal mulino il quale si scalda eccessivamente.

Versato nel mulino colloidale 1 kg di semi di camelina e contemporaneamente 1,336 kg di acqua per lavare via il prodotto. Il prodotto scorre bene attraverso il mulino, anche se questo scalda abbastanza, ed esce una pasta lavorabile. Aggiunta acqua nel prodotto per ottenere una miscela pompabile, non si raggiunge effetto pompabile fino a un solid content di 24.6%.

#### **Test #6 (25/05/2021)**

Preso il materiale finale prodotto dal test #5 (acqua e camelina per un solid content di circa il 24.6%). La resina finale ottenibile con questo materiale avrebbe un sc del 25.0%, non adatta alla produzione di pannelli compensati.

#### **Test #7 (25/05/2021)**

Provato in ogni caso a produrre pannello truciolare con materiale risultante da test #6.

### **TEST CON PANNELLO DI CANAPA (STELLA DEI, DATAZIONE SUL SACCO 25/11/2020)**

#### **Test #8 (25/05/2021)**

Provato ad introdurre nel mulino colloidale 1 kg di pannello di canapa e 1.336 kg di acqua separatamente ma contemporaneamente, come fatto per il test #5, per ottenere una miscela al 36.4% sc (resina finale eventuale per compensato/multistrato con 34.1% sc): mulino scalda molto (si è bloccato), era al massimo della chiusura denti, ma il prodotto finale sembra buono.

Aggiunta acqua al prodotto finale per raggiungere un sc del 25.3% e provato a fare pannello multistrato pioppo. Resina stesa sulla superficie degli strati di pioppo con un dosaggio di 120 g/m<sup>2</sup>.



Figura 1 - Slurry ottenuto dal pannello di canapa disoleato post macinazione con mulino colloidale



Figura 2 - Stesura della resina a base di canapa su fogli di pioppo, dosaggio 120 g/m<sup>2</sup>



Figura 3 - Provini di compensato post prova di rottura a trazione

	<i>MEDIA</i>	<i>MEDIA PANNELLO</i>
<i>1 - CANAPA Closed</i>	0,95195	0,8652675
<i>2 - CANAPA Closed</i>	0,94579	
<i>3 - CANAPA Closed</i>	0,94256	
<i>4 - CANAPA Closed</i>	0,93213	
<i>5 - CANAPA Closed</i>	1,05021	
<i>6 - CANAPA Closed</i>	1,04575	
<i>7 - CANAPA Closed</i>	1,09617	
<i>8 - CANAPA Closed</i>	1,13831	
<i>9 - CANAPA Closed</i>	1,06401	
<i>10 - CANAPA Closed</i>	1,09881	
<i>1 - CANAPA Open</i>	0,93686	0,703966
<i>2 - CANAPA Open</i>	0,72622	
<i>3 - CANAPA Open</i>	0,69538	
<i>4 - CANAPA Open</i>	0,64892	
<i>5 - CANAPA Open</i>	0,66602	
<i>6 - CANAPA Open</i>	0,66836	
<i>7 - CANAPA Open</i>	0,66886	
<i>8 - CANAPA Open</i>	0,6883	
<i>9 - CANAPA Open</i>	0,67179	
<i>10 - CANAPA Open</i>	0,66895	

I risultati riportano una Tensile Strength di 1 MPa con fibre “open” e 0.7 MPa con fibre “closed”.

---

## PROVE DI RAFFINAZIONE DI OLI E TEST MECCANICI SU COMPOSITI IN POLIURETANO RINFORZATO CON FIBRA DI CANAPA

*Francesca Signorini, Cristiano Nicoletta - Consorzio Polo Tecnologico Magona*

### PROVE DI RAFFINAZIONE DI OLI DI CARTAMO E LINO

CPTM all'interno del progetto COBRA aveva come obiettivo quello di condurre un processo di raffinazione chimica completa degli oli ottenuti dai partner di progetto da un procedimento di estrazione meccanica dei semi per pressione "a freddo". Il CPTM ha ricevuto a tale scopo due tipologie differenti di olio, l'olio di lino e l'olio di cartamo.

Gli oli allo stato grezzo si presentavano di un colore verde-giallo, con un colore verde più intenso per l'olio di cartamo e con un odore caratteristico erbaceo, di erba tagliata. Sono state fornite due lattine di acciaio della capacità nominale di 1 litro, contenenti circa 800 ml di oli vegetali. La raffinazione degli oli grezzi comporta la rimozione di gomme o lecitine grezze, quella degli acidi grassi liberi (FFA), dei pigmenti carotenoidi e clorofilliani e di composti indesiderati dagli oli al fine di ottenere oli commestibili dal gusto neutro, mantenendo il valore nutritivo e garantendo la qualità e la stabilità del prodotto.

Il processo di raffinazione chimica completa prevede la realizzazione di una serie di fasi in successione tra loro che sono state condotte in laboratorio sui due campioni di oli:

- Degommazione
- Neutralizzazione chimica
- Decolorazione
- Deodorazione

Sui campioni di oli di partenza, sono state condotte alcune analisi preliminari di acidità, numero di perossidi, calcio, magnesio e fosforo necessarie per valutare la qualità iniziale dei due oli vegetali e per il corretto dosaggio dei reagenti da utilizzare nelle diverse fasi della raffinazione.

I valori iniziali di acidità libera e Numero di perossidi trovati sono stati i seguenti:

#### Olio di Lino:

- Acidi grassi liberi 1,44 % acido oleico – Metodo ISO 660:2020
- Numero di perossidi 22,2 meqO<sub>2</sub>/kg – Metodo ISO 3960:2017

#### Olio di Cartamo:

- Acidi grassi liberi 1,54 % acido oleico – Metodo ISO 660:2020
- Numero di perossidi 22,6 meqO<sub>2</sub>/kg – Metodo ISO 3960:2017

### DEGOMMAZIONE - PURIFICAZIONE

Scopo di questa fase è la rimozione delle impurezze meccaniche, dei fosfatidi idratibili e non idratibili e di eventuali contaminanti idrosolubili (es. sali di metalli pesanti). Questa fase consiste nell'aggiunta di acqua e/o di acido fosforico o di acido citrico ad adeguata temperatura (70°C/75°C) in quantità variabile in base alle caratteristiche dell'olio grezzo, e successiva rimozione per centrifugazione dei sedimenti formati e lavaggio dell'olio con acqua calda al fine di allontanare l'acidità residua. Nei campioni di olio di lino e di cartamo sono stati determinati gli elementi calcio (Ca), magnesio (Mg) e fosforo (P) necessari per calcolare la quantità di acido fosforico/citrico da aggiungere.

---

I valori trovati sono stati i seguenti:

Olio di Lino:

- Fosforo (ISO 10540-3:2002)
  - Fosforo < 3 mg/kg;
- Calcio e Magnesio (UNI EN 14538:2006)
  - Calcio < 1 mg/kg;
  - Magnesio < 1 mg/kg.

Olio di Cartamo:

- Fosforo (ISO 10540-3:2002)
  - Fosforo 10,43 mg/kg;
- Calcio e Magnesio (UNI EN 14538:2006)
  - Calcio 9,5 mg/kg;
  - Magnesio 1,9 mg/kg.

Per la presenza di bassi contenuti di elementi calcio, magnesio e fosforo si è scelto di utilizzare l'acido citrico per effettuare il degommaggio acido. Circa 800 g di olio sono stati versati in un bicchiere da 2 litri, scaldati a 70-75°C sotto agitazione su piastra elettrica, quindi addizionati di 20 ml di una soluzione di acido citrico al 10% calcolata sulla base del contenuto in Ca, Mg e P. L'agitazione è stata assicurata da un turbo miscelatore ad alta efficienza per una durata di 15 minuti. Trascorso tale tempo è seguita una fase di lenta agitazione per circa 30 minuti, quindi di sedimentazione per alcune ore. Il sedimento ottenuto è stato separato dall'olio prima per decantazione e poi mediante centrifugazione, quindi l'olio è stato lavato con acqua calda per allontanare l'eccesso di acido. Sull'olio separato è stata condotta la fase di neutralizzazione chimica.

## NEUTRALIZZAZIONE CHIMICA

Scopo di questa fase è la rimozione dell'acidità libera (acidi grassi liberi) dell'olio mediante neutralizzazione chimica con soda caustica (NaOH), ottenendo la trasformazione degli acidi grassi liberi nei rispettivi saponi sodici che vengono separati dall'olio mediante centrifugazione. Successivamente alla neutralizzazione l'olio è sottoposto a lavaggio con acqua calda per abbattere il contenuto di saponi residui e di eventuali contaminanti idrosolubili (es. sali di metalli pesanti).

Preliminarmente nei campioni di olio di lino e di cartamo è stata determinata l'acidità libera (espressa come % acido oleico), necessaria per calcolare la quantità di NaOH con un eccesso calcolato al 10% della richiesta stechiometrica.

I valori trovati sono stati i seguenti:

Olio di Lino:

- Acidi grassi liberi 1,44 % acido oleico – Metodo ISO 660:2020

Olio di Cartamo:

- Acidi grassi liberi 1,54 % acido oleico – Metodo ISO 660:2020

Circa 750 g di olio sono stati versati in un bicchiere da 2 litri, scaldati a 65-70°C sotto agitazione su piastra elettrica, quindi addizionati della quantità di una soluzione di NaOH al 15% necessaria a neutralizzare l'acidità libera presente considerando un eccesso del 10%. Si è mantenuta una agitazione vigorosa per 15 minuti alla prima formazione del fiocco di sapone, seguita da una agitazione più lenta per circa 60 minuti (maturazione del fiocco), alla temperatura di 70°C. Si è quindi

lasciato sedimentare i saponi per una notte a temperatura ambiente. La separazione dei saponi dalla massa liquida è avvenuta per decantazione e l'olio allontanato dai saponi è stato sottoposto a diversi lavaggi con acqua distillata calda fino alla completa eliminazione dell'alcalinità residua dalle acque di lavaggio, verificata mediante l'assenza della colorazione della fenolftaleina. L'olio lavato e neutralizzato è stato sottoposto ad asciugatura mediante riscaldamento sotto agitazione a circa 80°C sotto vuoto per la rimozione dell'acqua residua, operazione che si rende necessaria prima di sottoporre l'olio alla successiva fase di decolorazione.

## DECOLORAZIONE

Scopo di questa fase è la riduzione dei pigmenti come carotenoidi e clorofilla dall'olio mediante trattamento con adeguate quantità di coadiuvanti tecnologici, costituiti da terre decoloranti premiscelate con carbone attivo, allo scopo di adsorbire pigmenti ed impurezze (saponi, fosfatidi), tracce di metalli e altri eventuali contaminanti organici (idrocarburi policiclici aromatici, ecc.). Successivamente, con una adeguata filtrazione, vengono eliminati dall'olio tutti i coadiuvanti tecnologici esausti che opacizzerebbero il prodotto.

Circa 700 g di olio neutralizzato, precedentemente asciugato, sono stati versati in un pallone da 2 litri, corredato da una bolla di vetro per il vuoto e da un termometro, quindi scaldati a 80°C sotto agitazione su piastra elettrica, il tutto collegato a una pompa meccanica da vuoto. Al raggiungimento della temperatura l'olio è stato addizionato di terra decolorante attivata (Tonsil 919 FF), in ragione del 2% rispetto alla quantità di olio trattata, e di carbone attivo in ragione dello 0,5% rispetto alla quantità di olio. Il contatto sotto agitazione, alla temperatura di 80°C e alla pressione residua di 200 mbar è stato protratto per 60 minuti, al termine del quale l'olio è stato filtrato su imbuto Buchner sotto vuoto per allontanarlo dai coadiuvanti tecnologici e da ogni traccia di sedimenti e umidità residua. Al termine della decolorazione l'olio di lino e di cartamo si presentavano limpidi e di colore giallo. Gli oli così filtrati sono stati sottoposti infine al processo di deodorazione finale.

## DEODORAZIONE

La deodorazione è un processo di distillazione a vapore sotto vuoto che rimuove i componenti relativamente volatili che danno origine a sapori, odori e composti volatili indesiderati (pesticidi, idrocarburi policiclici aromatici leggeri, composti di ossidazione ecc) nei grassi e negli oli in generale. Ciò si rende possibile a causa delle grandi differenze di volatilità tra queste sostanze indesiderabili e i trigliceridi. Un'attenta realizzazione di questo processo migliora anche la stabilità e il colore dell'olio, preservandone il valore nutritivo.

Il processo di deodorazione viene eseguito sotto vuoto (0,5 - 8 mbar), a temperature comprese tra 180 ° - 270 ° C, e utilizzando come mezzo di strippaggio vapore o azoto, in quanto le sostanze responsabili degli odori e dei sapori sono generalmente volatili. La durata del processo è variabile in funzione delle temperature adottate. La prova di deodorazione (steam washing) è stata condotta in laboratorio ed è stata realizzata in apparecchiatura in vetro con una capacità nominale del reattore pari a 1000 ml. Il campione di olio da deodorare (circa 650 g), preliminarmente filtrato, è stato introdotto nel reattore di vetro a temperatura ambiente. Si è iniziato il riscaldamento in atmosfera di gas inerte (azoto), quindi, raggiunta la temperatura di 50°C, si è attivata la pompa da vuoto e la pressione è stata gradualmente ridotta sino a quella di esercizio (1mbar). Raggiunta la temperatura di

prova di 210°C, la somministrazione di azoto è stata sospesa per qualche istante e si è iniziata l'immissione di vapore acqueo diretto. La quantità di vapore utilizzato è stata di 10 ml di acqua per ora.

La prova è durata 2 ore, al termine il campione è stato raffreddato e conservato, in bottiglia di vetro scuro nella quantità di 500 ml, insufflando azoto come mezzo di protezione da eventuali ossidazioni. Riscaldamento e raffreddamento sono stati realizzati in atmosfera di gas inerte.

Al termine del processo di raffinazione su entrambi gli oli, di lino e cartamo, sono stati determinati l'acidità libera e il numero di perossidi ottenendo i seguenti risultati.

I valori finali trovati sono stati i seguenti:

#### Olio di Lino:

- Acidi grassi liberi 0,25 % acido oleico, Metodo ISO 660:2020
- Numero di perossidi 0,40 meq O<sub>2</sub>/kg, Metodo ISO 3960:2017

#### Olio di Cartamo:

- Acidi grassi liberi 0,29 % acido oleico, Metodo ISO 660:2020
- Numero di perossidi 0,34 meq O<sub>2</sub>/kg, Metodo ISO 3960:2017



Figura 1 - Oli prima e dopo raffinazione

Per concludere, come si può vedere dai valori misurati, il processo di raffinazione ha prodotto due oli i cui valori di acidità libera e numero di perossidi sono diminuiti rispetto ai prodotti iniziali, con una riduzione sia dei pigmenti clorofilliani e carotenoidi che delle note olfattive (fig. 1).

## CARATTERIZZAZIONE MATERIALI

CPTM ha ricevuto da Tecnowall srl una serie di provini prodotti a partire da laminato composito in poliuretano con fibra di canapa. Tecnowall srl si è occupata del taglio dei provini nelle dimensioni opportune per l'esecuzione dei test meccanici, su indicazione di CPTM. Sui provini forniti sono state condotti i test previsti di Resistenza a compressione (ISO 844), Resistenza a flessione (UNI EN ISO 178, fig. 2), Modulo elastico (ISO 527-2), Allungamento a rottura (ISO 527-2), Comportamento all'acqua (EN 12087).

Nella tabella 1 sono indicati i risultati delle prove meccaniche effettuate sul materiale.

I risultati dei test di resistenza a flessione e compressione condotti su laminati PU/fibra di canapa sono in linea con quelli di laminati compositi in PU rinforzati con fibra di vetro commerciali.

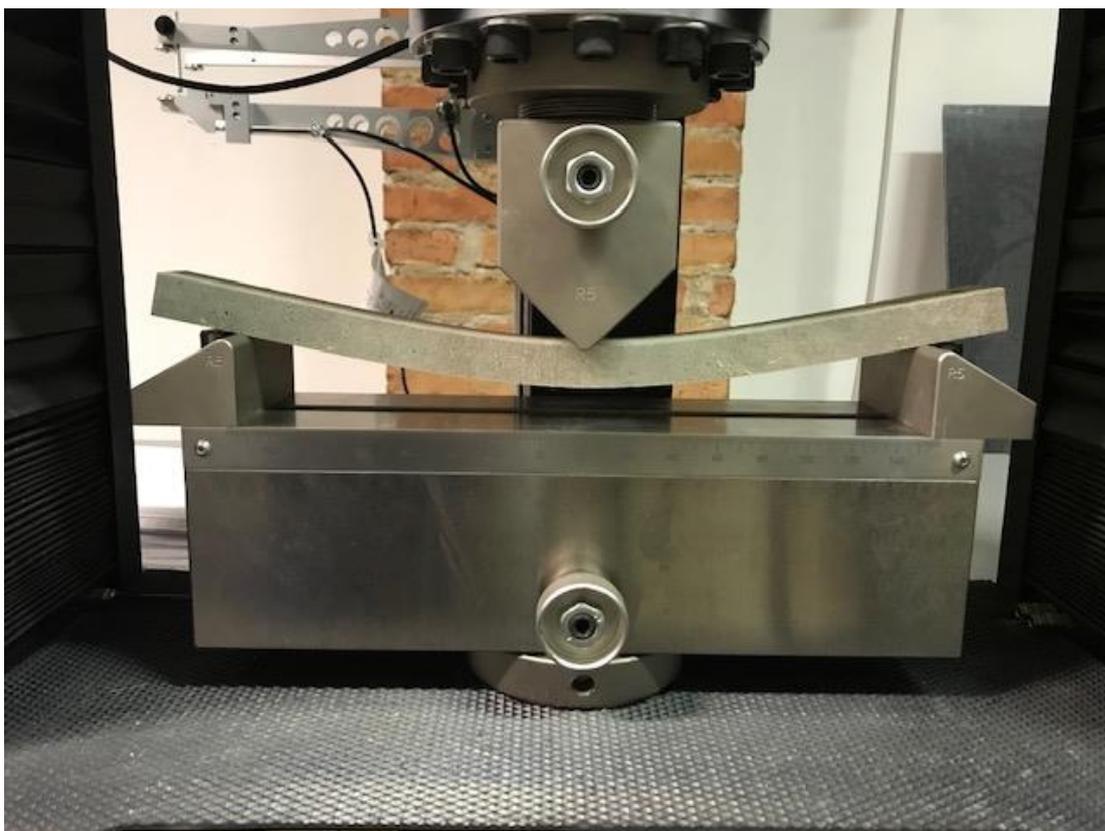


Figura 2 - Test flessione su composito in poliuretano con fibra di canapa

			Laminato composito PU Fibra di Canapa	Laminato composito PU Fibra di Vetro (FibroPlast 350)
Resistenza a Trazione	ISO 527-2	<u>MPa</u>	6,8	> 15
Allungamento a Rottura	ISO 527-2	%	6,4	> 1,8
Resistenza a flessione	UNI EN ISO 178	<u>MPa</u>	23,8	> 21
Resistenza a compressione*	ISO 844	<u>MPa</u>	4505	> 4100
Comportamento in acqua	EN 12087	%	15	< 2,7

\*determinato perpendicolarmente alla direzione delle fibre

Tabella 1 - Test su laminato composito in poliuretano con fibra di canapa e fibra di vetro

La resistenza a trazione registrata risulta inferiore rispetto ai valori di riferimento del materiale prodotto con fibre di vetro mentre l'allungamento a rottura è al contrario significativamente superiore.

Il comportamento in acqua del materiale rispetto a quello di riferimento è considerevolmente differente. Il prodotto realizzato con fibra di canapa assorbe significativamente di più di quanto osservato su campioni analoghi prodotti con fibra di vetro (<3%).

---

## TEST DI LEGANTI IDRAULICI IDONEI PER LA REALIZZAZIONE DI BLOCCHI IN CANAPA PER EDILIZIA

*Barbara Bracali - UNIBLOC SRL*

### PREMESSA

Il Piano Strategico COBRA rappresenta la seconda fase del progetto COBRA, approvato e finanziato dalla misura 16.1 del PSR Toscana, che ha per obiettivo l'avvio di filiere agroindustriali in Toscana a partire dai coprodotti di 4 colture oleaginose – canapa, cartamo, lino e camelina – con la creazione di una piattaforma tecnica e logistica regionale in grado di:

- valorizzare le diverse parti della biomassa – olio, pannello residuo, paglie e in alcuni casi foglie e fiori - in ottica di bioraffineria e garantire in tal modo la più elevata redditività ai produttori primari;
- coordinare l'offerta di biomassa di queste colture.

Per lo sviluppo della piattaforma il Piano Strategico prevede la dimostrazione e collaudo dell'applicabilità di tecnologie, tecniche e pratiche in relazione al contesto toscano e a quei segmenti di filiera individuati come prioritari nella fase 1 di COBRA.

Nell'ambito del progetto la Unibloc ha sviluppato una serie di test di industrializzazione per la produzione di blocchi a base di canapulo e leganti idraulici da utilizzarsi come tamponamento verticale opaco di edifici residenziali e/o industriali e/o commerciali.

I test hanno avuto come scopo quello di ottimizzare il ciclo produttivo e ridurre i tempi di presa dei manufatti.

### DESCRIZIONE ATTIVITA' UNIBLOC

La UNIBLOC produce manufatti in calcestruzzo vibrocompresso per l'edilizia ed è dotata di un Sistema Qualità ISO 9001 certificato.

Il sistema produttivo può essere suddiviso in tre fasi principali: produzione dei manufatti, stagionatura degli stessi in apposite celle, imballaggio e stoccaggio del prodotto finito.

La produzione è regolata da un sistema informatico integrato, che controlla rigorosamente tutti i processi, dal confezionamento del calcestruzzo all'imballaggio.

Il ciclo è altamente automatizzato e nella Fig. 1 viene riportato uno schema del processo.

Le materie prime utilizzate sono aggregati minerali e leganti idraulici che possono essere composte in numerosi "mix-design" per confezionare calcestruzzi adatti alle svariate prestazioni richieste in edilizia.

Le tipologie di prodotti realizzati possono essere utilizzate per le pareti di tamponamento di edifici, come elementi strutturali anche in zona sismica e per le pavimentazioni da esterno.

Il ciclo produttivo è completamente a freddo sfruttando la capacità di presa del legante che normalmente è cemento portland. La durata del ciclo produttivo è variabile a secondo del prodotto realizzato ma l'imballaggio avviene al massimo nelle 36 ore dopo la sformatura del manufatto. In questo tempo il prodotto raggiunge una resistenza sufficiente per poter essere impacchettato e stoccato nei piazzali esterni. Dopo circa 10 giorni il prodotto può essere utilizzato nei cantieri edili.

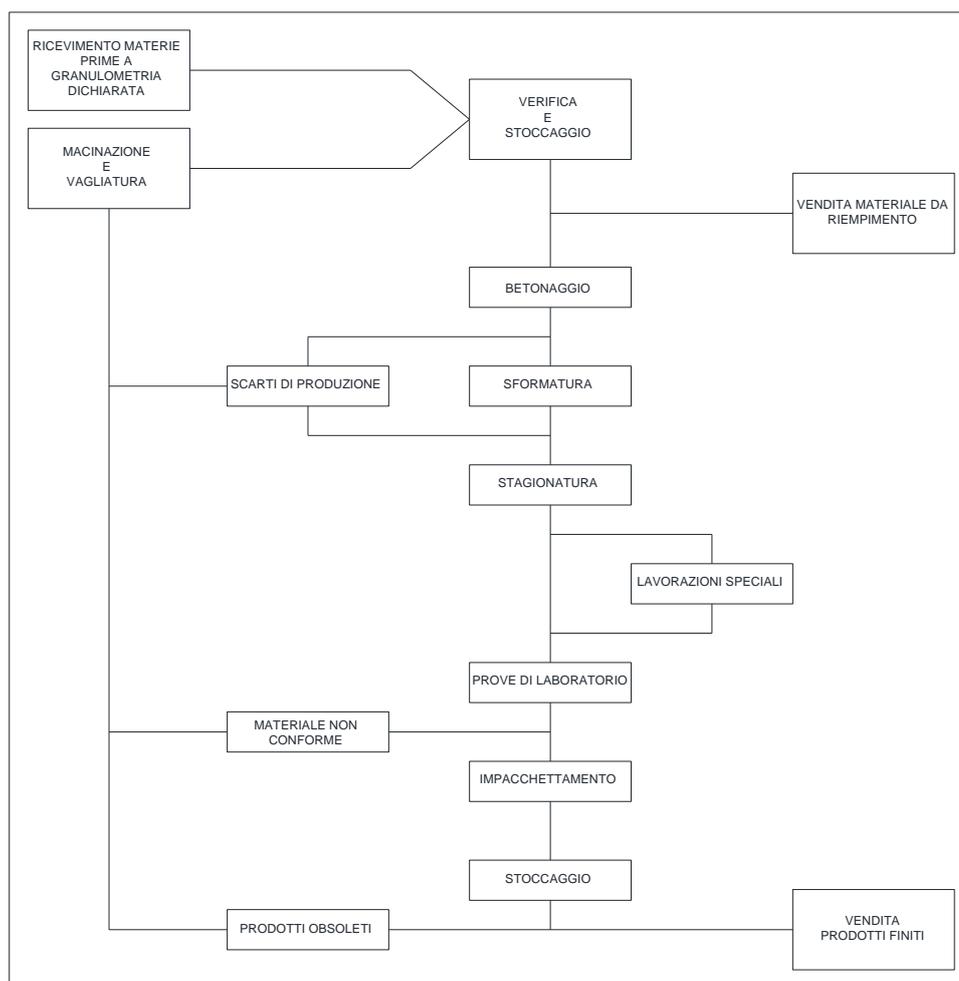


Figura 1 - Schema produttivo

Nell’ambito del progetto la Unibloc ha inizialmente eseguito una serie di test finalizzati a verificare l’effettiva possibilità di ottenere manufatti per l’edilizia utilizzando specifici mix-design di canapulo e leganti idraulici.

La successiva fase di industrializzazione del prodotto ha permesso di affinare ed ottimizzare i mix-design ponendosi come obiettivo l’ottenimento di prodotti con resistenze adeguate e tempi di stagionatura tali da consentire un idoneo posizionamento economico del prodotto.

## SVILUPPO DEL PROGETTO

Il progetto è stato articolato prevedendo l’esecuzione di test volti a determinare le caratteristiche di manufatti realizzati con mix-design di biocalcestruzzi a base di canapulo utilizzando diversi tipi di leganti naturali e artificiali al fine di trovare il miglior rapporto tra prestazioni meccaniche e tempi di presa.

La prima fase ha previsto di studiare specifici mix-design utilizzando tre tipi di leganti diversi:

- Legante idraulico naturale di produzione francese “Promt”. Questo legante a presa rapida risulta unico nelle sue caratteristiche e proviene da un particolare sito geologico vicino a Grenoble in Francia. Dal momento che il prodotto risulta molto distante sarà necessario stabilire la possibilità di un utilizzo parziale in unione con altri leganti di provenienza locale.

---

- Legante idraulico cementizio di produzione corrente classe 52,5. Saranno utilizzati vari tipi di cementi di produzione italiana con particolari prestazioni di rapidità nella presa.

- Legante solfo-alluminoso. Si tratta di prodotti innovativi ottenuti grazie a una combinazione di clinker solfo-alluminoso, solfato di calcio e cemento Portland. Verranno testate varie miscele dei tre componenti al fine di ottenere i risultati migliori.

La seconda riguardava l'esecuzione di test realizzati nel laboratorio aziendale per la determinazione dei risultati da un punto di vista prestazionale.

I risultati attesi dallo specifico WP possono essere riassunti come segue:

1. Realizzazione di blocchi con legante idraulico naturale;
2. Realizzazione di blocchi con legante idraulico cementizio;
3. Realizzazione di blocchi con legante idraulico solfo-alluminoso;
4. Rilevazione dei tempi di presa dei prodotti;
5. Rilevazione delle resistenze meccaniche;
6. Scelta del tipo di legante migliore;
7. Scheda di qualificazione del prodotto.

La grave crisi del comparto dell'edilizia che si protrae oramai da oltre dieci anni e la recente pandemia hanno provocato una serie di movimenti sul mercato che hanno costretto a rivedere il programma previsto.

In particolare una serie di acquisizioni e dismissioni di impianti nel settore del cemento avvenute dopo la presentazione del presente progetto, ha provocato l'eliminazione dal mercato di alcuni prodotti che avevamo previsto di utilizzare e di conseguenza il cambiamento dei test da eseguire. Nel dettaglio la cessione da parte dell'Italcementi della sito produttivo (cemeniera di Testi a Greve in chianti in provincia di Firenze) che ci fornisce il cemento al gruppo Buzzi Unicem ha avuto come conseguenza l'interruzione di ogni rapporto commerciale tra l'Italcementi e la ns. società non potendo più contare sulla fornitura dei prodotti. Dopo aver attivato una ricerca che ci ha portato a individuare prodotti alternativi simili, ma non analoghi. Anche questi si sono rivelati impossibile da utilizzare a causa della definitiva chiusura del Cemetificio di Greve in Chianti da cui ci riforniamo, con conseguente riduzione dei rapporti commerciale tra le ns. aziende. Il mercato del cemento è un mercato altamente controllato (è stato oggetto anche di sanzioni da parte del garante della concorrenza) e risulta complicato approvvigionarsi da fornitori diversi. Purtroppo non è stato possibile a farci consegnare da parte della Buzzi Unicem di piccole quantità del cemento selezionato.

Per quanto sopra i leganti utilizzati nell'ambito del progetto si sono ridotti a:

- Legante idraulico naturale a presa rapida di produzione francese "Promt" con utilizzo parziale in unione con il nostro legante di uso corrente;

- Legante idraulico cementizio classe 52,5.

Nella prima fase di sviluppo del progetto sono stati studiati gli impasti di prova utilizzando canapulo ed i leganti idraulici indicati, impiegati in specifiche percentuali. Con i mix-design sono stati poi realizzati manualmente alcuni manufatti necessari a verificare la possibilità di impasto e la capacità di presa.

Dopo le valutazioni preliminari di laboratorio sono stati definiti 5 mix-design da utilizzare nella fase di industrializzazione.

Durante la fase di produzione i componenti (legante, canapulo, etc.) sono stati utilizzati nel normale ciclo produttivo e le fasi di produzione sono state gestite completamente in automatico, sia

---

nella fase di dosaggio dei componenti che in quella di miscelazione dell'impasto nonché di produzione del manufatto.

Per quanto riguarda la fase di sformatura è stato usato uno stampo presente nella gamma preesistente. La scelta è ricaduta su un elemento di dimensioni 25x30x20 in quanto da precedenti esperienze è risultato adatto all'utilizzo dei mix-design composti da biocomponenti.



*Figura 2 - Sformatura manufatti*

Gli elementi prodotti sono stati stoccati nelle celle di stagionatura al fine di portare i prodotti ad un livello di consistenza tale da permetterne l'impacchettamento.



*Figura 3 - Celle di stagionatura*

Per determinare lo stato di stagionatura del prodotto abbiamo provveduto a prelevare un campione direttamente dalle celle di stagionatura a distanza di 7 giorni. Questo campione è stato sottoposto ad una prova a rottura per determinarne la possibilità di essere manipolato nelle successive fasi di impacchettamento. I risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle 3.3 e 3.4.

Nella fase di impacchettamento sono stati prelevati i campioni necessari all'esecuzione delle prove di laboratorio previste dalla fase 2 del progetto.



*Figura 4 - Laboratorio – prova di resistenza a compressione*

Sui provini prelevati è stata calcolata la massa volumica ed è stata verificata la perdita percentuale di resistenza a compressione rispetto all'analogo prodotto in cls vibrocompresso di produzione ordinaria.

Per quanto riguarda le modalità di prova sono state utilizzate le procedure indicate nella norma UNI EN ISO 771-3 relativi agli elementi per murature in cls vibrocompresso. Tale norma non può essere applicata a elementi composti da biocomponenti e non esistono metodi di prova alternativi. Nonostante quanto sopra le metodologie previste dalla norma sono risultate applicabili anche ai manufatti testati.

I risultati finali sono riassunti nelle tabelle seguenti.

**Fase 1**

- MIX1 – Canapulo e legante idraulico portland classe 32,5 e legante idraulico “Prompt”

<b>Canapulo e legante idraulico + Prompt</b>	<b>MIX1.1</b>	<b>MIX1.2</b>	<b>MIX1.3</b>
MATERIALE	% in massa	% in massa	% in massa
canapulo	30	25	25
Legante idraulico 32,5	30	25	20
Legante idraulico “Prompt”	5	10	15
acqua	35	35	35
totale	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Tab. 3.1

- MIX2 – Canapulo e legante idraulico portland classe 52,5

<b>Canapulo e legante idraulico classe 52,5</b>	<b>MIX2.1</b>	<b>MIX2.2</b>	
MATERIALE	% in massa	% in massa	
canapulo	30	24	
Legante idraulico 52,5	35	38	
acqua	35	38	
totale	<b>100</b>	<b>100</b>	

Tab. 3.2

**Fase 2**

**MIX1 - Canapulo e legante idraulico + Prompt**

<i>Prova</i>	<i>Massa volumica netta</i>	<i>Perita % di resistenza</i>	<i>Tempi di stagionatura</i>	
<b>MIX1.1</b>	540	60	> 120 gg	
<b>MIX1.2</b>	560	60	40 gg	
<b>MIX1.3</b>	560	60	37 gg	

Tab. 3.3

<b>MIX2 - Canapulo e legante idraulico classe 52,5</b>				
<i>Prova</i>	<i>Massa volumica netta</i>	<i>Perita % di resistenza</i>	<i>Tempi di stagionatura</i>	
<b>MIX2.1</b>	540	60	> 120 gg	
<b>MIX2.2</b>	570	55	30 gg	

Tab. 3.4

## CONCLUSIONI

Dalle prove eseguite è emerso che la produzione di elementi in calcestruzzo per l'edilizia realizzati con specifici mix-design di canapulo e leganti idraulici è attuabile può essere gestito come un processo industriale ordinario.

Dall'analisi dei risultati delle prove eseguite si può inoltre concludere che l'utilizzo di leganti idraulici speciali tipo "Prompt" nelle percentuali indicate non ha dato contributi significativi in termini di tempi di stagionatura o resistenza, si ritiene altresì che un utilizzo di tali leganti speciali in percentuali maggiori potrebbe generare un prezzo dei manufatti molto più alto dei prezzi medi di mercato rendendo, di fatto, tutto il processo antieconomico.

Si ritiene pertanto più utile ed in linea con gli obiettivi del progetto prediligere lo sviluppo di una linea di prodotti che preveda un uso esclusivo di canapulo e legante idraulico ordinario.

---

## FIBRA DI CANAPA, UN CASO DI STUDIO

*Pierini Yuri e Stefano - TECNOWALL SRL*

Nel 2018 l'azienda entra a far parte di questo progetto perché intravede la possibilità di utilizzare ed in seguito commercializzare, nel settore dei veicoli ricreazionali, un compound nuovo ed alternativo all'attuale "FibroPlast", un prodotto costituito per un 70% da poliuretano ed un 30% da fibre di vetro, messo a punto direttamente da TecnoWall in alternativa al legno di abete.

Il FibroPlast è particolarmente indicato nella produzione dei telai perimetrali dei pannelli sandwich che trovano a sua volta impiego nel settore del camper.

Pertanto, l'obiettivo diventa quello di utilizzare la canapa in sostituzione della fibra di vetro nel FibroPlast e produrre 10 pannelli-prototipo per l'impiego nel settore camperistico.

Il Partner "Manifattura Maiano Spa" fornisce diversi materiali e TecnoWall esegue varie prove preliminari sfruttando gli stampi, la schiumatrice e la pressa dell'impianto in cui viene prodotto il FibroPlast per definire la formulazione migliore. A Dicembre 2020, per meglio capire le caratteristiche meccaniche e strutturali, alcuni campioni ben riusciti con la canapa sono sottoposti dal partner Polo Tecnologico della Magona ai test di resistenza a compressione, flessione, modulo elastico e allungamento a rottura al fine di realizzare una possibile scheda tecnica di prodotto.

Nel 2021, a seguito degli esiti dei test e di altre specifiche prove meccaniche-strutturali interne, TecnoWall giunge alla conclusione che la canapa è attualmente un materiale inadatto a sostituire la fibra di vetro nel compound poliuretano.

In particolare emerge che la canapa, a parità percentuale all'interno del poliuretano, rende il composto meno performante dal punto di vista strutturale, meccanico e fisico:

- ha una minore resistenza a flessione e soprattutto un basso modulo elastico;
- un'inferiore tenuta all'estrazione della vite come risulta dal Pull Out test;
- un maggiore assorbimento d'acqua che complica e talvolta inficia l'incollaggio delle pelli.

Pertanto, dal momento che la canapa non detiene caratteristiche migliorative rispetto all'attuale fibra di vetro, TecnoWall desiste con dispiacere dal proseguire con il progetto Cobraf.

---

## OLI DI SEMI DA FILIERA TOSCANA: UN APPROCCIO AL MERCATO

*Francesco Gallorini, Leonardo Pancioni - EFFEGI Srl*

L'attività di Effegi srl all'interno del progetto ha avuto come obiettivo quello di testare, sia dal punto di vista organolettico che di mercato, i prodotti alimentari – nella fattispecie oli – derivati dalla trasformazione dei semi di canapa, lino, cartamo e camelina.

Il lavoro si è articolato in due momenti, uno portato avanti dall'Ufficio Qualità e da quello di Ricerca & Sviluppo e incentrato sulla valutazione organolettica dei prodotti, l'altro in capo all'Ufficio Marketing e al reparto Commerciale con la finalità di ipotizzare un posizionamento in base a una simulazione di promozione/vendita degli oli.

### TEST ORGANOLETTICO

La valutazione qualitativa dei prodotti si è articolata in fasi che hanno coinvolto i reparti interni all'azienda impegnati nel progetto e una risorsa esterna.

- **Panel test**

Per prima cosa è stata organizzato un assaggio con compilazione di schede sensoriali che ha coinvolto 4 persone interne all'azienda, ognuna proveniente dai 4 reparti coinvolti e sopraccitati. Da questo test è emersa una tendenza comune a considerare di estremo valore tutti e quattro gli oli, ritenendoli privi di difetti e di una qualità non inferiore a quelli attualmente in commercio.

Per approfondire l'analisi si è ritenuto di procedere allora a una degustazione comparativa che potesse confermare quanto osservato.

- **Focus group**

Si è proceduto quindi a organizzare un focus group con le stesse persone che prevedesse l'assaggio degli oli in questione e dei corrispettivi che l'azienda già commercializza. La degustazione e la successiva discussione hanno confermato che la qualità degli oli del progetto nelle sue componenti visive, olfattive e gustative non è inferiore a quelli in commercio, in alcuni casi è addirittura superiore.

- **Parere esterno**

Per un'ulteriore conferma abbiamo ritenuto opportuno coinvolgere un degustatore di oli, Roberto Marchesini, che ha sostanzialmente confermato le sensazioni e le conclusioni del panel test.

### PROGETTO MARKETING E TEST DI MERCATO

Per simulare un ingresso dei 4 oli di semi nel mercato, abbiamo proceduto a elaborare apposite etichette e un documento di presentazione che vede i prodotti vestiti del marchio Sapore di Sole, in modo da poterli testare, attraverso la nostra rete vendita, con un sondaggio e una prova di mercato secondo i punti che seguono.

- **Etichette**

Il reparto Marketing ha ritenuto di inserire i prodotti nella gamma di “Nutrienti Naturali” del marchio Sapore di Sole, impreziositi dal tag “fatto in Toscana”, tirandone così fuori quelli che a nostro parere sono le caratteristiche commerciali più importanti: l'aspetto salutistico-funzionale (dando risalto al claim degli “Omega”) e l'origine della materia prima, ovvero la filiera corta ed esclusivamente toscana dei semi.

• **Posizionamento**

Coinvolgendo la rete vendita dell'azienda con un apposito sondaggio, abbiamo cercato di capire il posizionamento migliore per il prodotto sul mercato, quindi sia i canali di vendita più interessanti e più interessati, sia la fascia di prezzo ottimale che tali prodotti dovrebbero avere.

• **Test di mercato**

L'idea è stata quella di sopperire alla mancanza di un vero periodo di prova nel mercato (il progetto non consentiva di testare i prodotti attraverso la vendita), con un test che misurasse l'interesse per il prodotto e il suo posizionamento di prezzo (quanto gli esercenti sono disposti a pagare per trattare queste referenze?), che la rete vendita ha potuto verificare sia grazie alla propria esperienza sia sul campo, con l'aiuto del documento di presentazione.

Anche da questa fase del progetto sono usciti dati importanti. In particolare:

- l'interesse crescente di mercato (soprattutto per lino e canapa);
- la quasi totale assenza nel mercato di prodotti simili (nella maggior parte dei casi gli oli di semi sono di origine UE/non UE);
- l'elevato appeal di un prodotto funzionale di origine toscana.

**OSSERVAZIONI:** il maggior interesse è stato espresso dal canale di vendita bio specializzato, più attento a questo genere di prodotti. Risulta quindi necessario alla buona riuscita commerciale che i prodotti possano essere certificati biologici, in modo da non precludersi la fetta più ampia di mercato.

Anche per quanto riguarda il posizionamento, è emerso che, se certificato biologico, il prodotto "regge" un prezzo più elevato (al pubblico si passa, a seconda del tipo di seme, da un 2,50-6,00 € di media per un prodotto non certificato a un 4,00-10,00 € per il corrispettivo certificato bio).



Figura 1 - Documento di Presentazione degli Oli di Semi Toscani

---

## ANALISI DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DEI PROCESSI PRODUTTIVI

Irene Criscuoli, Giovanni L'Abate e Lorenzo D'Avino  
CREA - Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente, Firenze

### ABSTRACT

*The CREA Research Center for Agriculture and Environment carried out a Life Cycle Assessment analysis (LCA) with a 20-year time horizon about the value chains included in the COBRA project. The analysis was mainly based on primary data, and secondly on the Ecoinvent and Agriblyse databases. Out of the potential value chains of camelina, safflower, flax and hemp, system boundaries were outlined choosing the 15 most interesting products for the Tuscan market and production system. Bottlenecks were mainly due to the different Technology Readiness Levels (TRL) along the value chains and when TRL was lower than 4 (experimental processes) the LCA analysis couldn't be finalized. The carbon footprint (CF, CO<sub>2</sub>e) was assessed for the organic production of the 4 crops and included an estimate of soil emissions due to the loss of organic matter.*

*This estimate was based on a pedological survey by proximal sensing. Results showed that the application of crop residues and organic fertilizers to the soil did not offset carbon losses due to mineralization processes. Among the agricultural inputs, diesel fuel had the highest impact, especially where the collection of straw was envisaged. CREA also calculated the CF of the 15 final products obtainable from the 4 crops using an economic allocation, in case of co-products. CF was lower for products with a lower economic value (e.g. straws, oilcakes). In the case of insulating boards made with hemp fiber and building blocks made with hemp hurd, CO<sub>2</sub> emissions were offset by the C stored in the biogenic material.*

### INTRODUZIONE

Il CREA-AA di Firenze ha valutato la sostenibilità ambientale delle filiere previste nel progetto COBRA utilizzando il metodo Life Cycle Assessment (LCA). Più in particolare si è valutata la Carbon Footprint (CF) dei processi produttivi, ossia le emissioni di gas serra ad essi associate e quindi il loro contributo al riscaldamento globale, con orizzonte temporale di 20 anni. I risultati dell'analisi sono espressi in unità di CO<sub>2</sub> equivalenti emesse dalla coltivazione biologica di camelina, canapa, cartamo e lino su un ettaro (CO<sub>2</sub>e/ha) e dalla trasformazione e valorizzazione dei coprodotti agricoli (CO<sub>2</sub>e/kg prodotto finale).

### CONFINI DEL SISTEMA

Per ogni coltura si sono identificati i possibili prodotti sui quali il progetto ha deciso di concentrare la valutazione di impatto ambientale, poiché ritenuti interessanti da un punto di vista economico e realizzabili nel contesto toscano. In figura 1 si riporta l'esempio della filiera del lino. Durante il convegno verranno commentate tutte le 6 filiere valutate e riportate nel report finale del progetto. La valutazione di impatto ambientale ha riguardato tutti i processi compresi fra i 6 processi di coltivazione e i 15 prodotti selezionati:

- Cartamo da fiore → colorante giallo per hair-care
- Cartamo da seme →
  - olio vergine ad uso alimentare

- 
- pannello per mangimistica
  - Lino da seme →
    - olio vergine ad uso alimentare
    - pannello per mangimistica e per farine per alimentazione umana
    - ovatta da fibra corta per imbottitura materassi
  - Camelina da seme →
    - olio vergine ad uso alimentare
    - pannello per mangimistica
  - Canapa da seme →
    - olio vergine ad uso alimentare
    - pannello per mangimistica e per farine per alimentazione umana
    - blocchi da costruzione con canapulo
    - pannelli isolanti per camper con fibra tecnica
  - Canapa da biomassa per estrazione →
    - creme per cosmesi a base di CBD
    - blocchi da costruzione con canapulo
    - manufatti tessili

Dalla valutazione d’impatto ambientale sono stati esclusi i processi che in Toscana sono ancora presenti solo a livello sperimentale (Technology Readiness Level,  $TRL \leq 4$ ) e quelli per cui non erano a disposizione dati primari. In questi casi, il processo in cui si è fermata l’analisi LCA viene identificato con un tratteggio verde intorno al prodotto (es. “240 kg fibra corta”, Fig. 1) e con un \* nel grafico in figura 4. L’interazione con i partner del progetto e con soggetti esterni al G.O. per la raccolta dei dati primari ha permesso anche di individuare i principali impedimenti allo sviluppo in Toscana delle filiere oggetto di studio.

- **Per tutte le filiere:** la produzione agricola ha presentato talora rese scarse, alta presenza di infestanti ed alta percentuale di semi vuoti nella canapa.
  - **Cartamo da fiore:** in tutto il mondo la raccolta dei capolini è realizzata manualmente. In Toscana questo può richiedere un impegno di tempo e risorse non sostenibile per le aziende agricole. Tuttavia, secondo Steberl et al. (2020) la raccolta con mietitrebbia porta a rese di colorante giallo per ettaro comparabili a quelle ottenute manualmente.
  - **Lino da seme:** non è presente in Italia un impianto di stigliatura degli steli del lino, nonostante la tecnologia sia matura (TRL9) e molto diffusa in Francia.
  - **Camelina da seme:** l’estrazione dei glucosinolati risulta ancora una tecnologia immatura a livello commerciale (TRL3).
  - **Canapa da seme:** le macchine disponibili a livello europeo per la raccolta combinata di seme e fibra risultano care e quindi difficilmente acquistabili da piccole aziende che coltivano canapa su pochi ettari, come nel contesto toscano. Nel progetto COBRA si è ipotizzata la raccolta in due fasi: trebbiatura dei semi con testata da grano (eventualmente con cestello sollevatore per adattarsi alla maggiore altezza delle piante), seguita da sfalcio, ranghinatura e imballatura degli steli. Inoltre, in Italia non risulta essere presente un impianto di stigliatura delle paglie di canapa in grado di produrre fibre tecniche con un grado di pulizia sufficiente al loro impiego, mentre esistono due impianti, pur se di piccole dimensioni, in grado di produrre un buon canapulo. In Toscana, a
-

gennaio 2022, dovrebbe essere entrato in produzione l'impianto di Canapafiliera s.r.l. ma è ancora troppo presto per poter raccogliere dati affidabili che descrivano il processo. A causa di questi “colli di bottiglia” i processi più a valle nella filiera si sviluppano con difficoltà. Ad esempio, la ditta UNIBLOC, appartenente al G.O., non riesce ad avviare una produzione stabile di blocchi da costruzione in canapulo e legante cementizio (TRL8) per la difficoltà di approvvigionamento in canapulo da aziende locali, ricorrendo all'acquisto dalla Francia.

- **Canapa da biomassa per estrazione CBD:** la raccolta necessita di macchine dedicate. All'interno dell'analisi LCA si è ipotizzata una raccolta con mietilega (Valerio Zucchini Consulting and Trading), combinata con sfalcio e andatura degli steli, poi raccolti con macchina imballatrice. Come per la canapa da seme, in Italia al momento non risulta un impianto di stigliatura in grado di produrre fibre lunghe. Anche a livello europeo la tecnologia non sembra consolidata e si utilizza generalmente la tecnologia di stigliatura del lino. Infine, per la produzione di fibra tessile è necessario macerare gli steli. In Italia, la macerazione non può avvenire in campo per le condizioni climatiche non ottimali e per la difficoltà di garantire l'uniformità del processo. Esistono prototipi sperimentali (TRL4) di maceri in ambiente controllato su steli già stigliati (az. sperimentale Stuard, progetti Scarabeo e Caterpillar).

## VALUTAZIONE AMBIENTALE DEL SISTEMA COLTURALE E DEI PRODOTTI

L'analisi LCA ha utilizzato un approccio “attribuzionale”, e ha preso in considerazione soltanto gli impatti diretti dei processi, ossia le emissioni legate al consumo di energia e materie prime che si esauriscono nel processo stesso. Si è scelto pertanto di non considerare gli impatti indiretti legati alla costruzione dei macchinari (es. trattori) o impianti (es. stigliatura). Le uniche emissioni indirette che sono state contabilizzate sono quelle di N<sub>2</sub>O dal suolo legate all'apporto di concimi organici e residui colturali. Per quanto riguarda i trasporti, non essendo ancora presenti in Toscana buona parte degli impianti necessari allo sviluppo delle filiere, si sono imposte distanze ipotetiche: 140 km tra zona di coltivazione e prima trasformazione e 20 km per le trasformazioni successive, in un'ottica di distretto.

Nel caso di co-prodotti (ad es. semi e steli prodotti da un ettaro coltivato a lino), l'analisi LCA ha previsto una ripartizione degli impatti di tutti i processi comuni, sulla base della massa dei coprodotti e del loro valore economico.

Nel caso dei materassini isolanti in fibra di canapa, prodotti dalla Manifattura Maiano, e dei blocchi da costruzione con canapulo, prodotti da UNIBLOC, gli impatti dei processi produttivi sono stati compensati considerando come sequestrato il carbonio (C) contenuto in questi materiali, (simbolo # in Fig. 3).

La dinamica del C nel suolo è stata valutata con il modello di bilancio umico riportato, per l'ambito toscano, da Bosco et al. 2013. Questo modello permette di stimare le perdite annuali di C dal suolo in relazione a contenuto di C iniziale, a temperatura media annua, contenuto di argilla e calcare del topsoil e tipo e quantità di materia organica apportata. Per la valutazione delle variazioni di stock di C nel suolo sono stati utilizzati anche dei sensori prossimali di misura delle emissioni di raggi gamma dal suolo e la spazializzazione GIS dei dati rilevati. Si sono così identificate le aree più rappresentative per il campionamento di biomassa residua, scheletro e densità apparente del suolo, alla base del modello di bilancio umico.

---

## RISULTATI DELL'ANALISI LCA DELLA FASE AGRICOLA

Per tutte le colture, la gran parte delle emissioni della fase agricola è dovuto alle emissioni di CO<sub>2</sub> dalla dinamica del C stock (Fig. 2). Occorre tuttavia osservare che, trattandosi di un progetto dimostrativo triennale, non è stato possibile valutare scenari di sistemi colturali in rotazione come sarebbe più corretto nel caso di coltivazioni erbacee. I valori devono perciò essere considerati solo come indicativi delle differenze tra le diverse colture.

Le maggiori emissioni sono state stimate nel lino dove le paglie si suppone vengano asportate per essere valorizzate, mentre nelle filiere in cui le paglie sono interrate (cartamo e camelina) le emissioni di anidride carbonica dal suolo sono minori. Il cartamo risulta essere la coltura con minori emissioni di CO<sub>2</sub>e grazie al maggiore apporto di residui colturali al suolo (4,9 t/ha) dopo la raccolta. La canapa presenta una situazione intermedia, infatti anche se le paglie vengono asportate, la biomassa residua al suolo dopo la raccolta è maggiore rispetto a quella dal lino (2 t/ha e 0,6 t/ha rispettivamente). Inoltre, la canapa ha un'importante massa radicale, che contribuisce agli apporti di C. Al contrario, la camelina, risulta avere una scarsa produzione di biomassa per ettaro (epigea: 3,04 t/ha, ipogea: 0,77 t/ha). Inoltre, sulla base dei loro fabbisogni nutrizionali, gli apporti di concime organico stimati sono minori nel caso di camelina e canapa 1,3 t/ha) rispetto a lino e cartamo (1,5 t/ha).

Tuttavia, poiché la valutazione della dinamica del C nel suolo dipende dalle condizioni sito-specifiche citate, la variabilità dei risultati ottenuti tra le aziende, per la stessa coltura, è stata estremamente elevata, quindi i risultati di questa analisi sono da considerarsi indicativi del rischio di perdere notevoli quantità di CO<sub>2</sub> dal suolo, nelle aziende agricole che coltivino in Toscana colture annuali con aratura profonda, soprattutto nel caso di asportazione delle paglie, a causa della perdita di sostanza organica del suolo. Secondo questo studio tale perdita dovrebbe essere reintegrata con importanti apporti esogeni di concimi organici, dell'ordine delle 2-3 t/ha per anno. Tuttavia, aumentando l'apporto di residui colturali e concimi organici al suolo si aumentano anche le emissioni di N<sub>2</sub>O (Fig. 2), un gas ad effetto serra con un potere di riscaldamento globale 264 volte maggiore della CO<sub>2</sub>. In ogni caso, l'aumento di sostanza organica per interrimento di concimi organici e residui colturali compensa le maggiori emissioni di N<sub>2</sub>O.

Il maggiore impatto degli input agricoli risulta quello derivante dall'utilizzo del gasolio per le operazioni colturali. Anche in questo caso, le colture di cui si valorizzano le paglie presentano maggiori emissioni, per la necessità di maggiori operazioni colturali. Nel calcolo dell'impatto complessivo delle filiere l'impatto dei maggiori consumi della raccolta delle paglie verrà compensato dalla possibilità di attribuire queste emissioni a più coprodotti.

Impatti assai inferiori risultano quelli legati alla produzione delle sementi e dei concimi organici.

## RISULTATI DELL'ANALISI LCA DEI PRODOTTI

I risultati della CF per i prodotti selezionati, espressa in kgCO<sub>2</sub>e/kg prodotto, sono presentati nella figura 3. Si può notare come, per ogni coltura, l'impatto ambientale maggiore sia associato al prodotto che ha un maggiore valore economico (ad es. all'olio rispetto al mangime).

Inoltre, si noterà che, anche inserendo nell'analisi gli impatti delle fasi di trasformazione (barra grigia), le emissioni di gas serra maggiori sono quelle derivate dalla gestione del suolo e della biomassa, seguite dagli input della fase agricola.

Nei materiali da costruzione evidenziati con il simbolo # in figura 3 si osserva un impatto complessivo molto basso, dovuto alla compensazione delle emissioni con lo stoccaggio di C nei componenti vegetali. Nel caso dei materassini in fibra di canapa, prodotti dalla Manifattura Maiano il bilancio è addirittura negativo. Nel caso dei blocchi prodotti con canapulo da UNIBLOC, lo stoccaggio di C compensa totalmente le emissioni dovute alla produzione e utilizzo del cemento Portland.

Si può notare inoltre che il maggiore impatto ambientale per kg di prodotto è quello dell'olio di canapa. Questo è principalmente dovuto alla bassa resa agricola. Infatti, il DISAAA-a di Unipi ha stimato mediamente 0,3 t/ha di seme di canapa a fronte, ad esempio, di 1,5 t/ha per il cartamo. Inoltre, il contenuto in olio nel seme di canapa (12% secondo l'oleificio Cartechini) è molto minore rispetto a quello delle altre colture (camelina 20%, cartamo 24% e lino 29%). Perciò, la produzione di litri di olio ad ettaro risulta assai inferiore (35 litri/ha) rispetto alle altre colture (mediamente 275 l/ha).

Per i fiori di cartamo, nonostante non si sia valutato l'impatto della fase di trasformazione (come indicato dal simbolo \* in Fig. 3), si stimano emissioni elevate poiché tutta la fase agricola è destinata alla produzione di un solo prodotto.

## RISULTATI DELLA VALUTAZIONE PEDOLOGICA

Per la valutazione ambientale è stata utilizzata anche la banca dati pedologica del CREA. I campi sono stati localizzati digitalmente grazie a Google Earth, identificando come le aree sperimentali appartengano a diversi sistemi di terre (soil system) e regioni pedologiche (soil region) (Costantini et al. 2014) altamente rappresentativi delle aree a seminativo della Toscana con clima da mediterraneo-oceanico a mediterraneo-suboceanico, parzialmente montano (Fig. 4):

- Az. agricola P4: regione pedologica delle colline dell'Italia centrale e meridionale, sistema di terre Haplic Calcisols - Calcaric Cambisols, su basse colline a pendenza media su sedimenti marini sabbiosi.
- Az. agricola P5: regione pedologica della Versilia e pianure interne della Toscana, Umbria e Lazio, sistema di terre con prevalenza di Plinthic Acrisols, su basse colline e forme di aggradazione a bassa pendenza su depositi alluvionali, fluvio-lacustri, lacustri o fluvio-glaciali sabbioso-ghiaiosi.
- Az. agricola P6: stessa regione pedologica di P5, sistema di terre caratterizzato da Calcaric, Stagnic, Fluvic Cambisols su basse colline e forme di aggradazione a bassa pendenza su sedimenti marini sabbiosi.
- Az. agricola P7: vicina alla costa, ricade nella regione pedologica delle dorsali anti-appenniniche toscane nel sistema dei Calcaric Regosols su aree di bassa collina e forme di aggradazione a bassa pendenza su depositi alluvionali, fluvio-lacustri, lacustri o fluvio-glaciali a litologia mista.
- Az. agricola P8 nel 2019, presente in due aree distanti tra loro 10 km, e ricadenti in soil region distinte, una è la medesima di P5 e P6, sistema di terre degli Eutric Cambisols o Epileptic Regosols tipici di rilievi di bassa montagna e alta collina a media e alta pendenza su formazioni costituite da alternanze arenitico-pelitiche, marnoso-arenitiche e pelitico-arenitiche con boschi di latifoglie, mentre la seconda ricade nel sistema degli Eutric Vertisols tipici di superfici alluvionali terrazzate su depositi alluvionali, fluvio-lacustri, lacustri o fluvio-glaciali a litologia mista.

Lino da seme

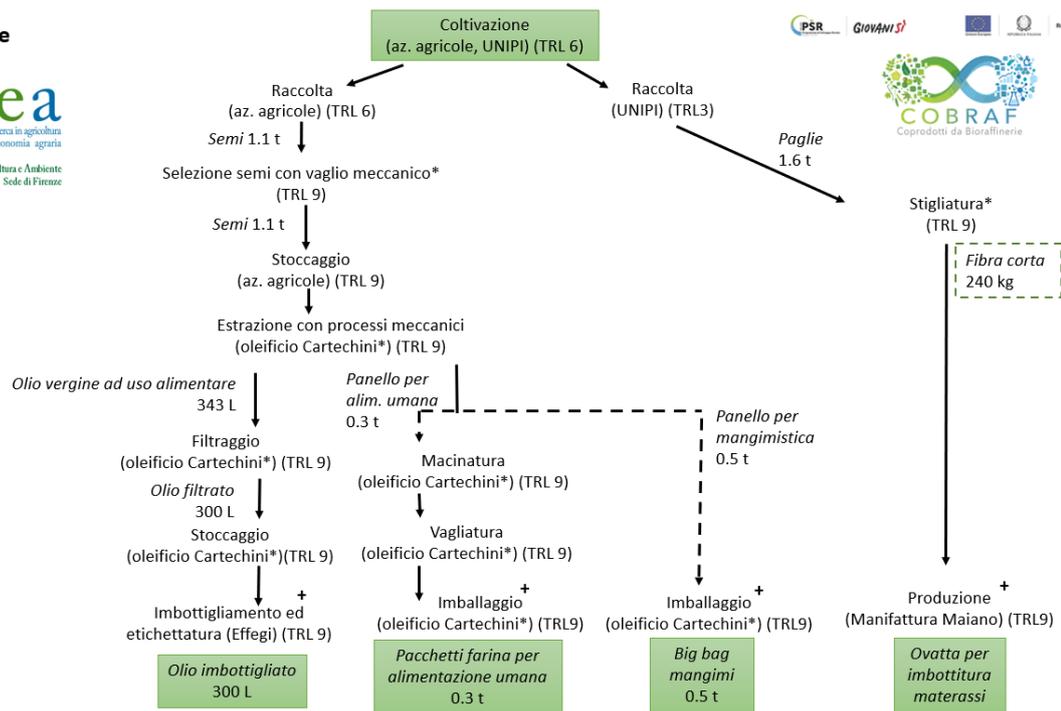


Figura 1 - Filiera del lino valutata nell'ambito del progetto COBRAf. \*significa che l'azienda che ha fornito le informazioni non fa parte del gruppo operativo; + indica che sono necessari ulteriori input produttivi nel processo e che questi incidono sul bilancio di massa; TRL 1-9 indica il livello di sviluppo del processo in ambito toscano; le frecce tratteggiate indicano coprodotti alternativi

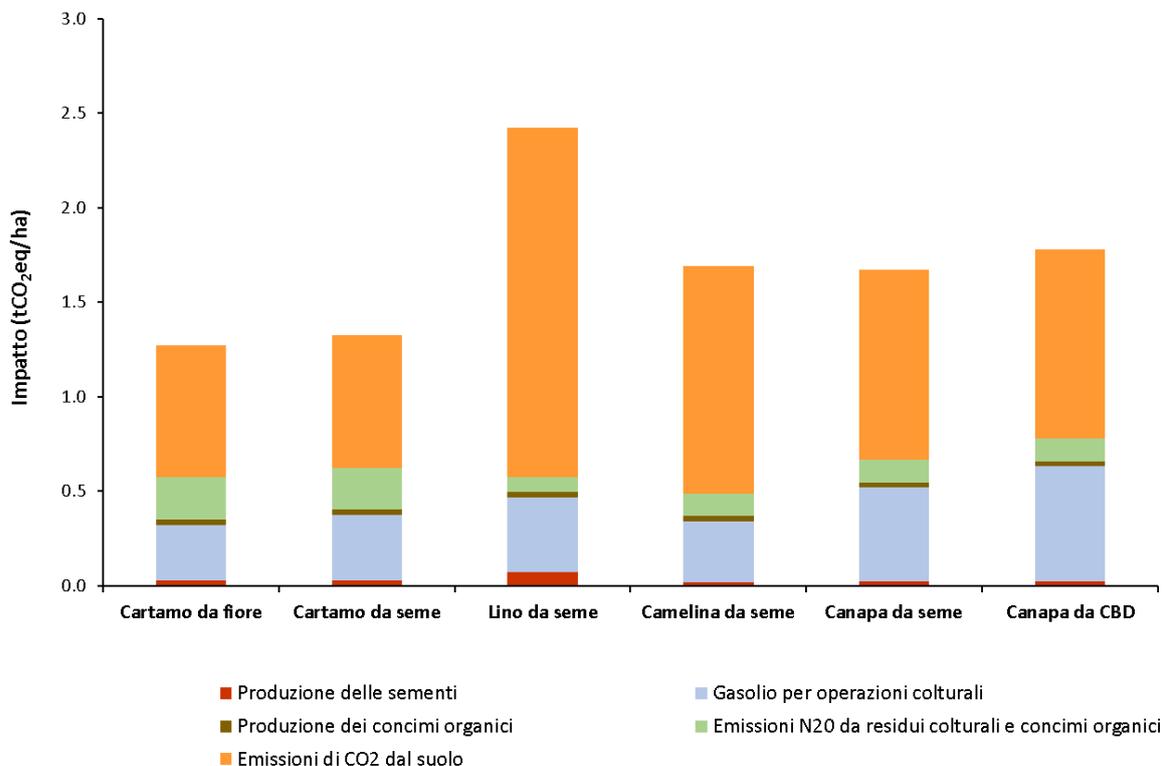


Figura 2 - Carbon footprint (kgCO<sub>2</sub>eq/ha) della produzione agricola del cartamo da fiore, cartamo da seme, lino da seme, camelina da seme canapa da seme e canapa da CBD

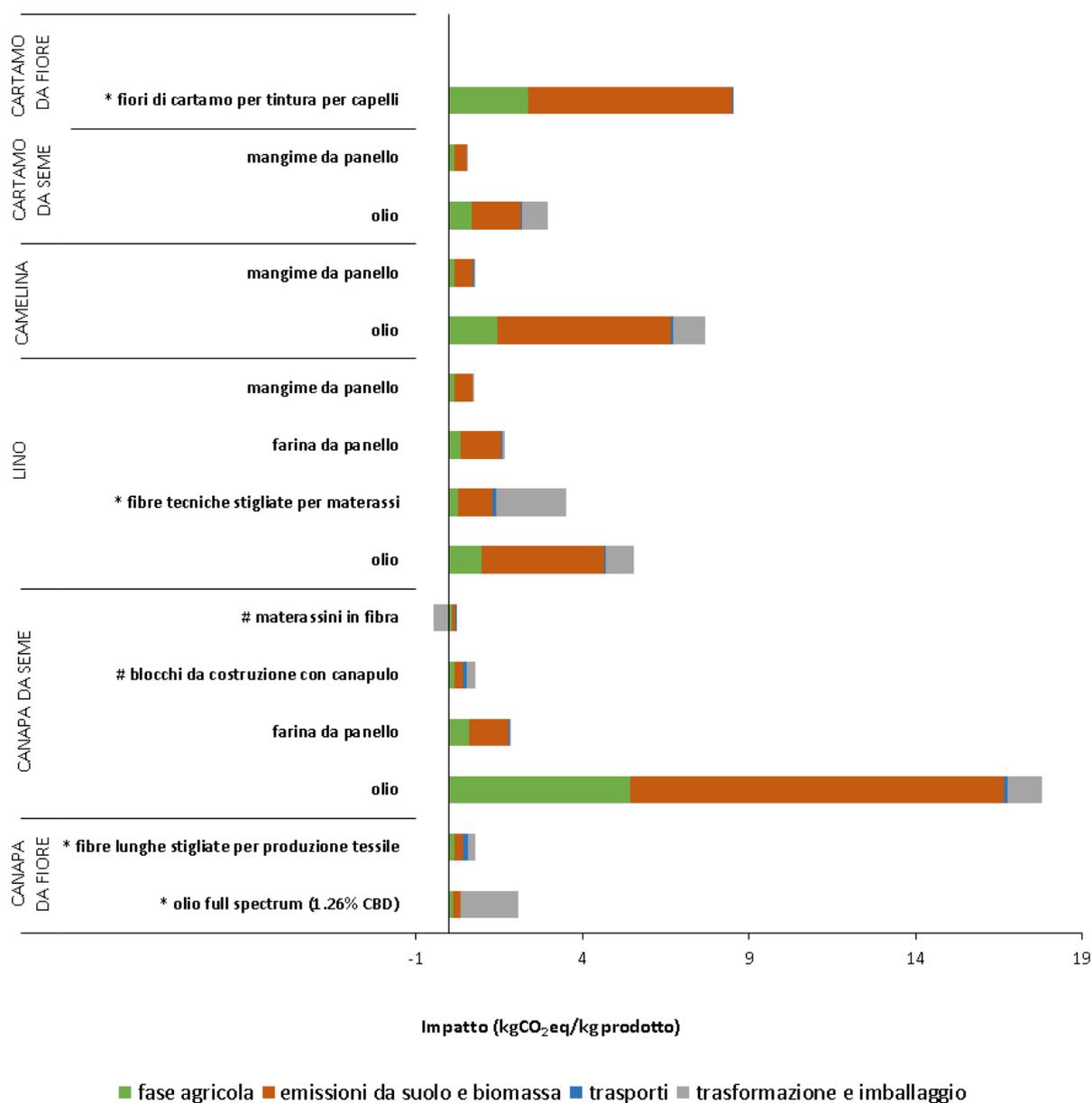


Figura 3 - Carbon footprint per un kg di ogni prodotto risultante da un ha di terreno coltivato in Toscana con camelina, canapa, cartamo e lino. \*significa che l'analisi non ha potuto essere condotta fino al prodotto finale previsto, per i motivi spiegati nel testo; #prevede il sequestro di C nei componenti vegetali del prodotto per l'orizzonte temporale considerato (20 anni)

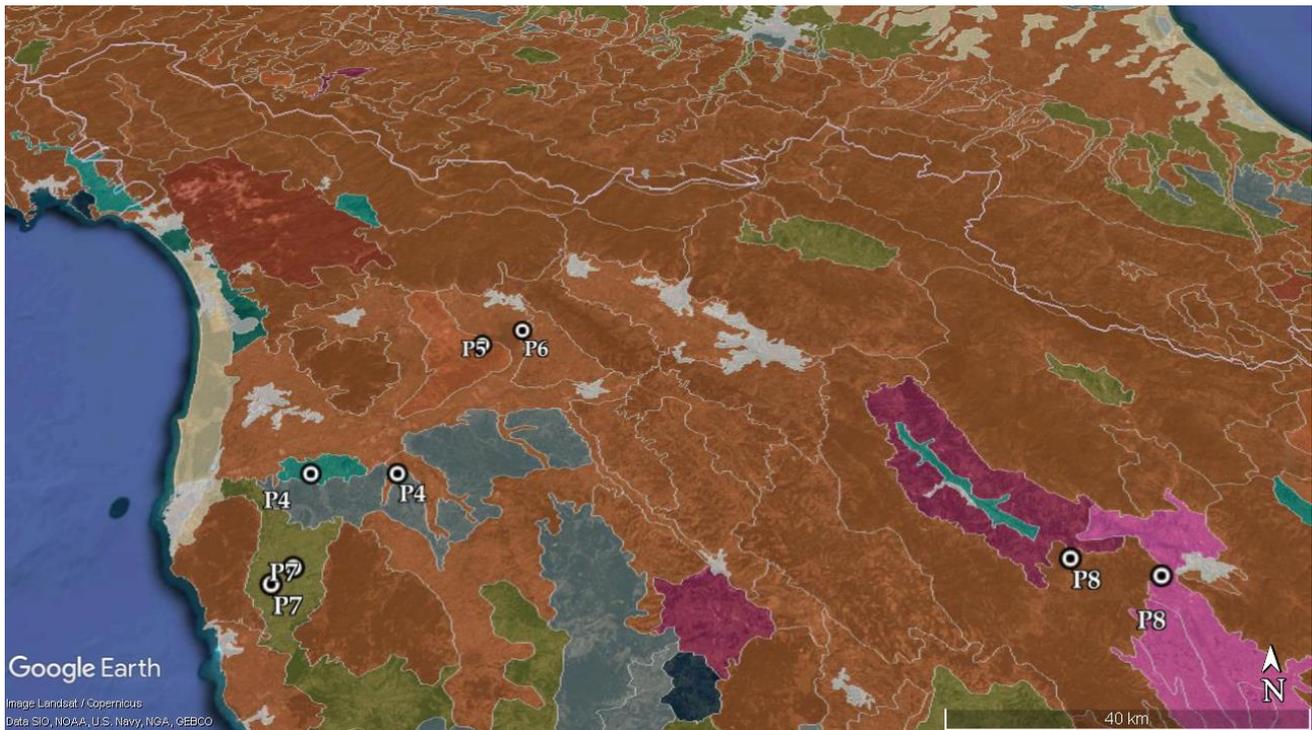


Figura 4 - Aree dimostrative del progetto nell'ambito dei sistemi di terre toscane descritti nel testo

## BIBLIOGRAFIA

- BOSCO S., DI BENE C., GALLI M., REMORINI D., MASSAI R., BONARI E., (2013) Soil organic matter accounting in the carbon footprint analysis of the wine chain, *Int J Life Cycle Assess*, 18:973–989
- COSTANTINI, E. A. C.; BARBETTI, R.; FANTAPPIÈ, M.; L'ABATE, G.; LORENZETTI, R.; NAPOLI, R.; MARCHETTI, A.; RIVIECCIO, R., 2014. A hierarchy of geodatabases, from soil regions to sub-systems. In: Dominique Arrouays, Neil McKenzie, Jon Hempel, Ann C. Richer de Forges, and Alex McBratney (Ed.), *Information GlobalSoilMap Basis of the global spatial soil information system*. CRC Press 2014 Pages 109–112. Print ISBN: 978-1-138-00119-0 eBook ISBN: 978-1-315-77558-6 DOI: 10.1201/b16500-23
- IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- ISO 14044:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines
- STEBERL K., HARTUNG J. AND GRAEFF-HOENNINGER S. (2020) Impact of Cultivar, Harvest Date and Threshing Parameter Settings on Floret and Carthamidin Yield of Safflower. *Agronomy* 2020, 10, 1272; doi:10.3390/agronomy10091272