

# PROGETTI DI RICERCA

ANNO 2016-2017

FONDAZIONE TORRECCHIA VECCHIA

DEMETRIUS SOCIETÀ AGRICOLA

---

## INDICE DEL DOCUMENTO

PREMESSA .....	3
OBIETTIVI E TRAGUARDI ATTESI .....	4
IMPIANTO DI COGENERAZIONE.....	5
BIOCHAR.....	21
I SISTEMI AGRO-SILVO-PASTORALI .....	26
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	40

---

## PREMESSA

La società Demetrius ha deciso nel 2016 di dar corso a un programma di studio, di ricerca applicata e di sviluppo sperimentale, che si svilupperà su un orizzonte temporale individuato in tre anni, e che ha come obiettivo la valorizzazione economica della Tenuta Torrecchia Vecchia. In particolare, si tratta d'individuare in quali forme sia possibile valorizzare il Monumento Ambientale Torrecchia come peculiare *impianto produttivo*.

La particolare complessità dell'impianto Torrecchia risulta costituita da elementi ambientali, energetici, agricoli, forestali, ecologici, archeologici, storici, artistici, che sono intimamente interconnessi. La sfida consiste nel trovare forme innovative che vadano a coniugare i requisiti legali del sito con l'individuazione di attività redditizie che, in gran parte, sono viste dalla proprietà come risorse necessarie proprio alla realistica conduzione sostenibile della tenuta. Le forti limitazioni imposte alle attività permesse impongono, dunque, la ricerca di quali di esse siano al tempo stesse economicamente perseguibili e sostenibili sotto l'aspetto ambientale, monumentale e paesaggistico.

Innovativa è la continua ricerca dell'ottimizzazione del processo produttivo, integrandolo gradualmente con il contesto circostante: una delle fasi più delicate consisterà nel capire come fondere l'esigenza di produrre con l'obbligo di salvaguardare l'ambiente paesaggistico di riferimento, nel rispetto di vincoli ambientali imposti.

La scelta di autoprodurre energia elettrica e termica con un sistema avanzato di pirogassificazione della biomassa – quella che prioritariamente residua dalla ceduzione conservativa del bosco – è coerente con le finalità di sostenibilità del progetto, e potrebbe rappresentare anche l'opportunità di realizzazione di un turismo con finalità didattiche sulla filiera del legno.

Interessante sarà poi comprendere quanto l'uso del biochar, in associazione all'esercizio dello specifico impianto di gassificazione, possa diventare linea di studio sperimentale. In particolare, al fine di comprendere quanto la tipologia di terreno sia tale da trarre benefici particolari dall'uso di un biochar, di origine esclusivamente vegetale, eventualmente collegandolo alle peculiari richieste di correzione degli stessi ai fini della coltivazione.

Infine, la valorizzazione delle sinergie tra allevamento e colture – i cosiddetti sistemi agro-silvo-pastorali – che permette di utilizzare più terreni possibili per le colture produttive, redditizie e rispettose dell'ambiente e dei vincoli del monumento naturale. In particolare, la valorizzazione di queste sinergie permette di migliorare la redditività dell'attività di allevamento di mucche maremmane, poca redditizia, che corrisponde al patrimonio tradizionale del luogo.

---

## **OBIETTIVI E TRAGUARDI ATTESI**

Le finalità del progetto di ricerca mirano ad individuare metodi e tecniche di riqualificazione della tenuta di Torrecchia Vecchia, finalizzati allo studio e alla progettazione di attività che prevedano lo sviluppo e ottimizzazione di una struttura innovativa in termini di ricettività e sostenibilità.

---

## IMPIANTO DI COGENERAZIONE

La scelta di autoprodurre energia elettrica e termica con un sistema avanzato di pirogassificazione della biomassa è chiaramente coerente con le finalità di sostenibilità del progetto di ricerca, nonché per la valorizzazione dei boschi in un agro-ecosistema diversificato.

Per cogenerazione si intende la produzione combinata di energia elettrica e calore: poiché tipicamente energia elettrica e termica vengono prodotte separatamente, è intuitivo come questo sistema possa produrre un risparmio energetico determinato dal minor consumo di combustibile.

Gli impianti di cogenerazione nascono, infatti, dal tentativo di sfruttare il calore disperso da un impianto di produzione di energia elettrica – dispersione che è insita nel processo stesso di generazione di tale energia. In linea generale, l'energia elettrica proviene da impianti motori termici, in cui il calore viene convertito prima in energia meccanica e, quindi, in energia elettrica attraverso dei generatori elettrici. In questo processo di trasformazione, non tutto il calore può essere trasformato: una parte deve essere scaricato e/o dissipato sotto forma di vapore o fumi di scarico per consentire il funzionamento stesso del sistema. È proprio questa porzione di calore ad essere recuperata per la cogenerazione.

Per quanto detto, gli impianti di cogenerazione nascono proprio dall'esigenza di aumentare l'efficienza dei sistemi di generazione di energia elettrica, sfruttando il calore che deve necessariamente essere dissipato dall'impianto. Il primo vantaggio di un cogeneratore è, quindi, di ridurre il consumo di combustibile, dato che la stessa può essere sfruttata per produrre elettricità e calore. In sostanza si ottiene un miglioramento del rendimento complessivo e, quindi, una diminuzione dei consumi – dell'ordine del 35-40%. Da ciò deriva un secondo importante vantaggio, legato alla salvaguardia dell'ambiente: diminuiscono le emissioni di sostanze inquinanti causate dalla produzione di energia termoelettrica, con conseguente riduzione dell'impatto ambientale della produzione di energia. Peraltro, l'impiego di combustibili da rifiuti o biomasse a basso contenuto di carbonio comporta benefici vantaggiosi in termini di riduzione degli effetti sul clima, miglioramento del livello di sicurezza energetica e sostegno allo sviluppo economico.

Altri vantaggi meno conosciuti sono legati alle caratteristiche specifiche degli impianti di cogenerazione: nella maggioranza dei casi, questi sono localizzati vicino all'utenza – fattore che riduce le perdite di trasmissione per la distribuzione e il trasporto dell'energia; di solito funzionano in modalità *stand alone*, minimizzando i rischi di interruzione dell'alimentazione dell'energia dovuti a problematiche di rete; infine, al vantaggio economico derivante da minori consumi di energia primaria si accompagnano gli incentivi di cui è possibile beneficiare se si investe in un sistema cogenerativo.

Con la crisi climatica che avanza sempre più, quindi, è proprio il campo dell'energia a dover raggiungere la maggiore sostenibilità ambientale, attraverso la decarbonizzazione e lo sviluppo di energie rinnovabili

---

per ridurre le emissioni di anidride carbonica e inquinanti: in questo scenario spicca la cogenerazione come modalità di produzione di energia considerata efficace per ridurre gli sprechi e aumentare l'efficienza energetica. Ancor di più, il ricorso alla biomassa come combustibile primario appare doppiamente vantaggioso perché, se da un lato riduce la dipendenza dai combustibili fossili, dall'altro alleggerisce le problematiche ambientali legate allo smaltimento di tali residui in discarica e consente di evitare l'immissione in atmosfera del metano prodotto dai processi naturali di degradazione dei residui stessi.

Per ottimizzare il rendimento dell'impianto di cogenerazione è necessario saperne gestire il buon funzionamento, largamente dipendente dalla pezzatura del materiale, dal tasso di umidità, dalla composizione chimica, nonché dai costi generali di processo.

La pezzatura del materiale dipende dalle diverse tipologie di cippatrice – a disco, a tamburo, a vite senza fine. Le cippatrici più utilizzate sono quelle a disco e a tamburo, che hanno una potenza e un rendimento alto dopo la lavorazione, ma anche un'alta percentuale di polvere rimanente che richiede una fase di lavorazione aggiuntiva di vagliatura. Diversamente, le cippatrici a vite sono più difficili da trovare: la particolarità di questa cippatrice è l'assenza quasi totale di polvere di scarto, compensata dalla produzione di una percentuale abbastanza alta di pezzature grosse, che non rispettano le dimensioni massimali – anche in questo caso, rimossi facilmente attraverso la fase di vagliatura.



**Figura 1.** Rete e vibratore che eliminano le grosse pezzature



**Figura 2.** Pezzi esclusi dalla selezione del vaglio dopo cippatrice a vite

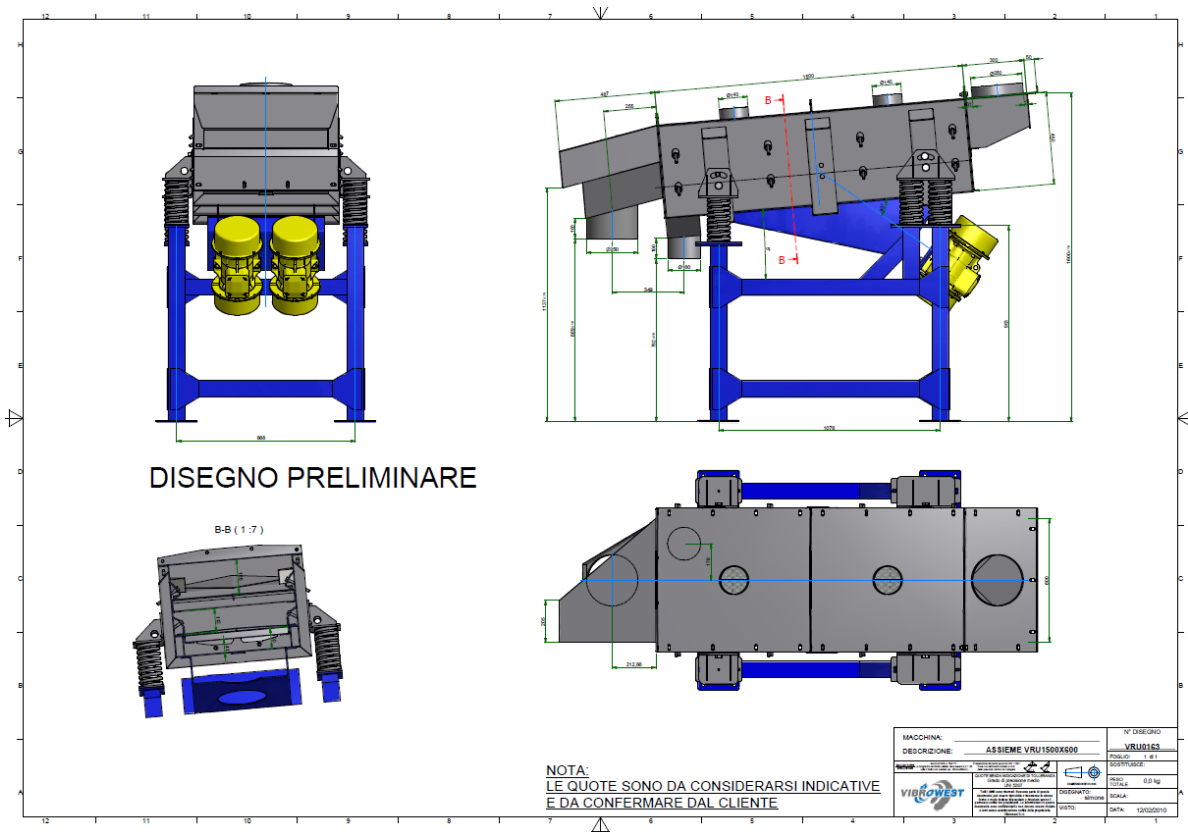


**Figura 3.** Tipologia di cippato ottenuto con cippatrice a tamburo – alta percentuale di pezzature fini/polvere



**Figura 4.** Esempio di pezzatura ottimale ottenuta da cippatrice a vite e vagliatura

Tornando alle più comuni cippatrici a tamburo, secondo le prove e i test svolti, la soluzione ottimale per rimuovere l'alta percentuale di pezzature fini/polveri consiste in un vaglio vibrante a tre piani con sistema di aspirazione. Specificamente, sono state studiate diverse alternative per il posizionamento del



vaglio vibrante.

**Figura 5.** Sistema di vagliatura *Vibrowest* (impianto Mion&Mosole) con tre piani

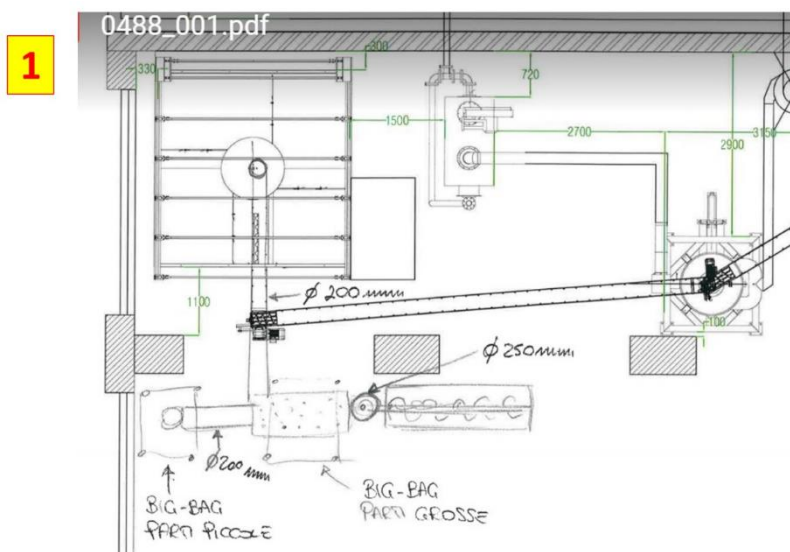


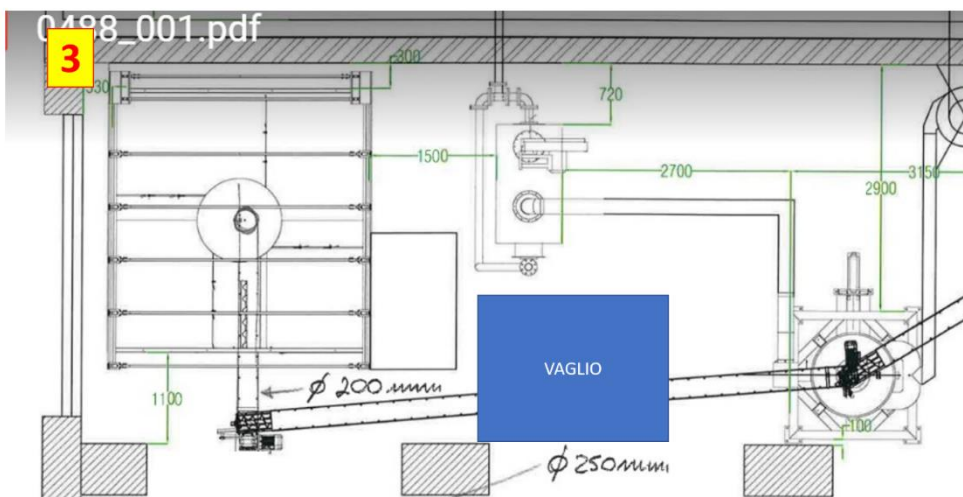
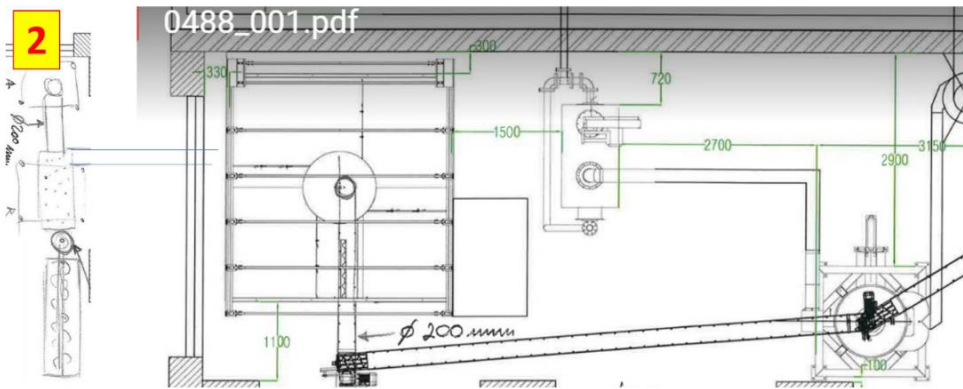


**Figura 6.** Cippato pulito dopo vagliatura con *Vibronest* e sistema di aspirazione delle polveri



**Figura 7.** Cippato polveroso dopo vagliatura semplice, senza sistema di aspirazione





**Figura 8.** Diverse alternative per il posizionamento del vaglio vibrante

	Frac 10-30mm	Frac 30-50mm	Frac < 1mm	Frac > 50 mm
<b>Cippatrice Disco - Senza vaglio (%)</b>				
Test #1	36	34	17	13
Test #2	29	36	15	20
Test #3	15	32	45	8
Test #4	25	30	26	19
Test #5	20	36	32	12
Test #6	39	27	33	1
Test #7	39	36	6	19
Test #8	36	39	16	9
Test #9	24	38	31	7
Test #10	33	36	22	9
<b>Average</b>	<b>29,6</b>	<b>34,4</b>	<b>24,3</b>	<b>11,7</b>

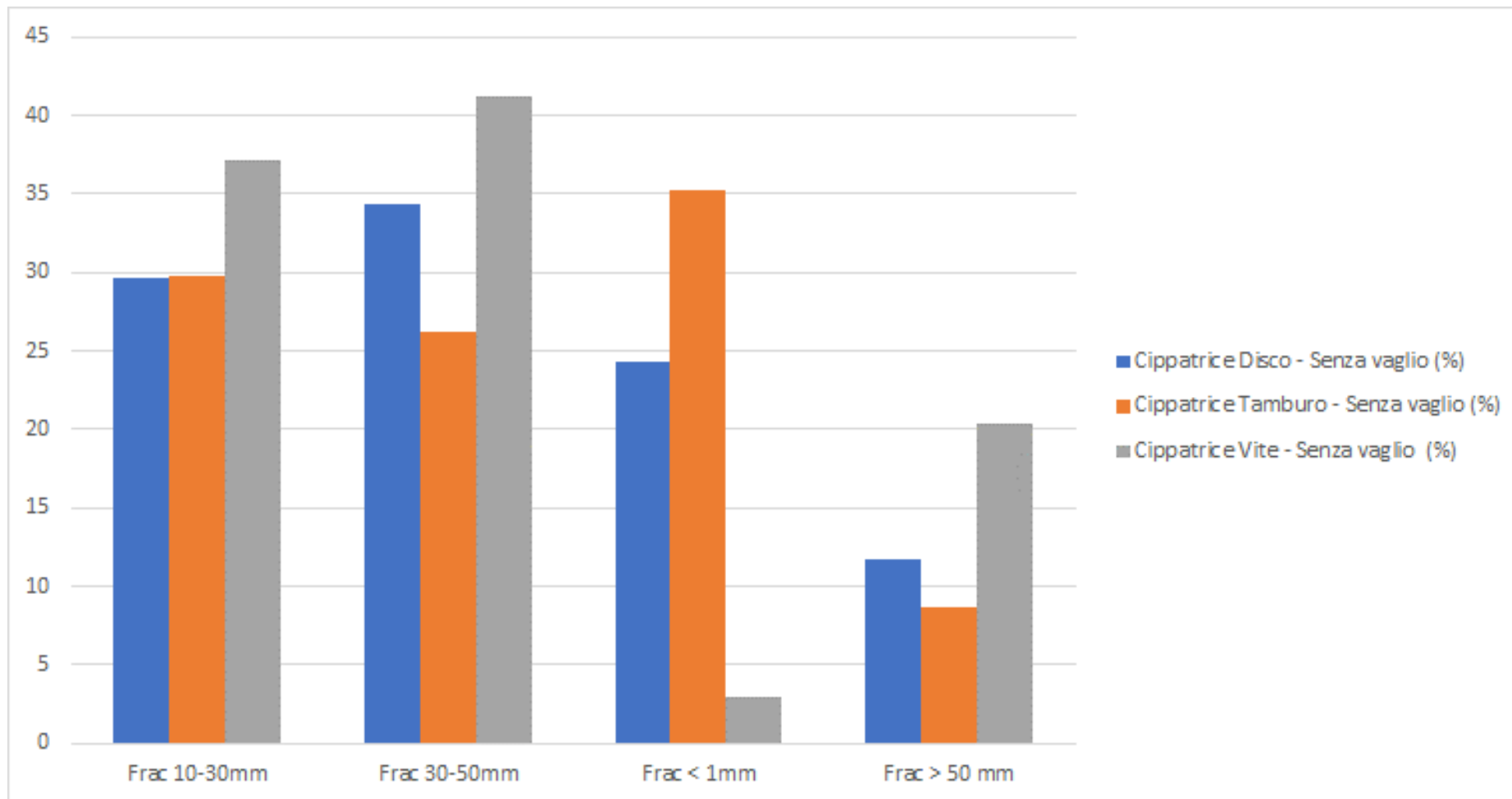
	Frac 10-30mm	Frac 30-50mm	Frac < 1mm	Frac > 50 mm
<b>Cippatrice Tamburo - Senza vaglio (%)</b>				
Test #1	21	35	36	8
Test #2	29	38	26	7
Test #3	33	37	19	11
Test #4	34	22	36	8
Test #5	22	19	49	10
Test #6	27	26	44	3
Test #7	30	18	47	5
Test #8	37	27	21	15
Test #9	31	21	39	9
Test #10	34	19	36	11
<b>Average</b>	<b>29,8</b>	<b>26,2</b>	<b>35,3</b>	<b>8,7</b>

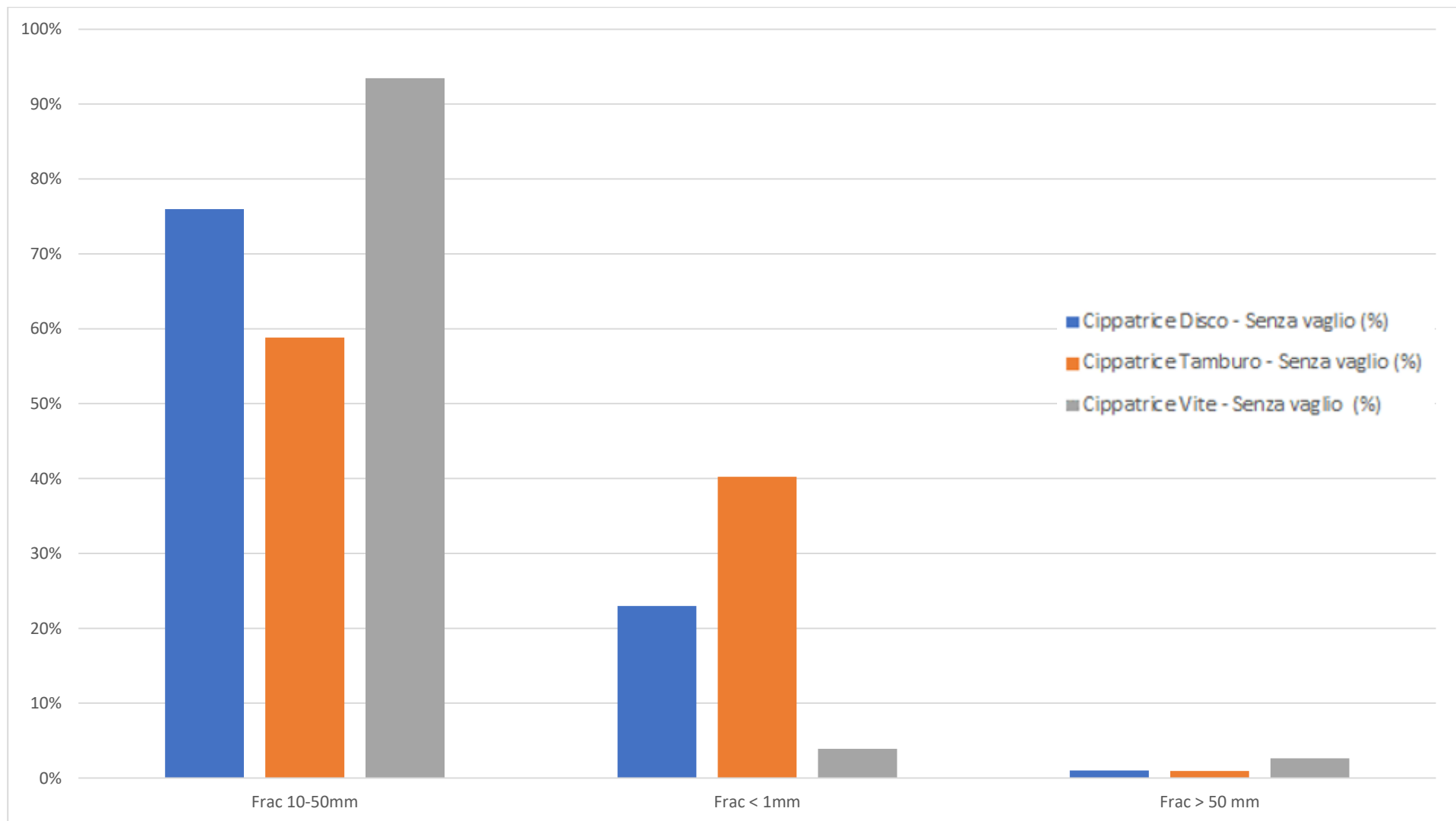
	Frac 10-30mm	Frac 30-50mm	Frac < 1mm	Frac > 50 mm
<b>Cippatrice Vite - Senza vaglio (%)</b>				
Test #1	31	49	3	17
Test #2	47	34	1	18
Test #3	52	30	3	15
Test #4	31	38	5	26
Test #5	29	58	2	11
Test #6	46	38	1	15
Test #7	39	49	1	11
Test #8	47	34	4	15
Test #9	42	35	4	19
Test #10	8	47	5	40
<b>Average</b>	<b>37,2</b>	<b>41,2</b>	<b>2,9</b>	<b>20,4</b>

	Frac 10-30mm	Frac 30-50mm	Frac < 1mm	Frac > 50 mm
<b>Vagliatura Mion Mosole - completa</b>				
	51%	49%	-	-
	45%	55%	-	-
	32%	68%	-	-
	45%	55%	-	-
	36%	64%	-	-
<b>Vagliatura ad hoc</b>				
	39%	27%	33%	0%
	47%	43%	7%	2%
	39%	42%	17%	1%
	26%	41%	33%	1%
	36%	39%	24%	1%

	Frac 10-30mm	Frac 30-50mm	Frac < 1mm	Frac > 50 mm
<b>Vagliatura Mion Mosole - completa</b>				
	38%	63%	-	-
	43%	57%	-	-
	47%	53%	-	-
	61%	39%	-	-
	54%	46%	-	-
<b>Vagliatura ad hoc</b>				
	28%	27%	45%	0%
	31%	19%	49%	1%
	43%	31%	24%	2%
	34%	23%	42%	1%
	38%	21%	40%	1%

	Frac 10-30mm	Frac 30-50mm	Frac < 1mm	Frac > 50 mm
<b>Vagliatura Mion Mosole - completa</b>				
	39%	61%	-	-
	58%	42%	-	-
	63%	37%	-	-
	45%	55%	-	-
	33%	67%	-	-
<b>Vagliatura ad hoc</b>				
	53%	44%	1%	2%
	43%	54%	1%	1%
	54%	39%	5%	2%
	51%	42%	5%	2%
	13%	73%	8%	6%



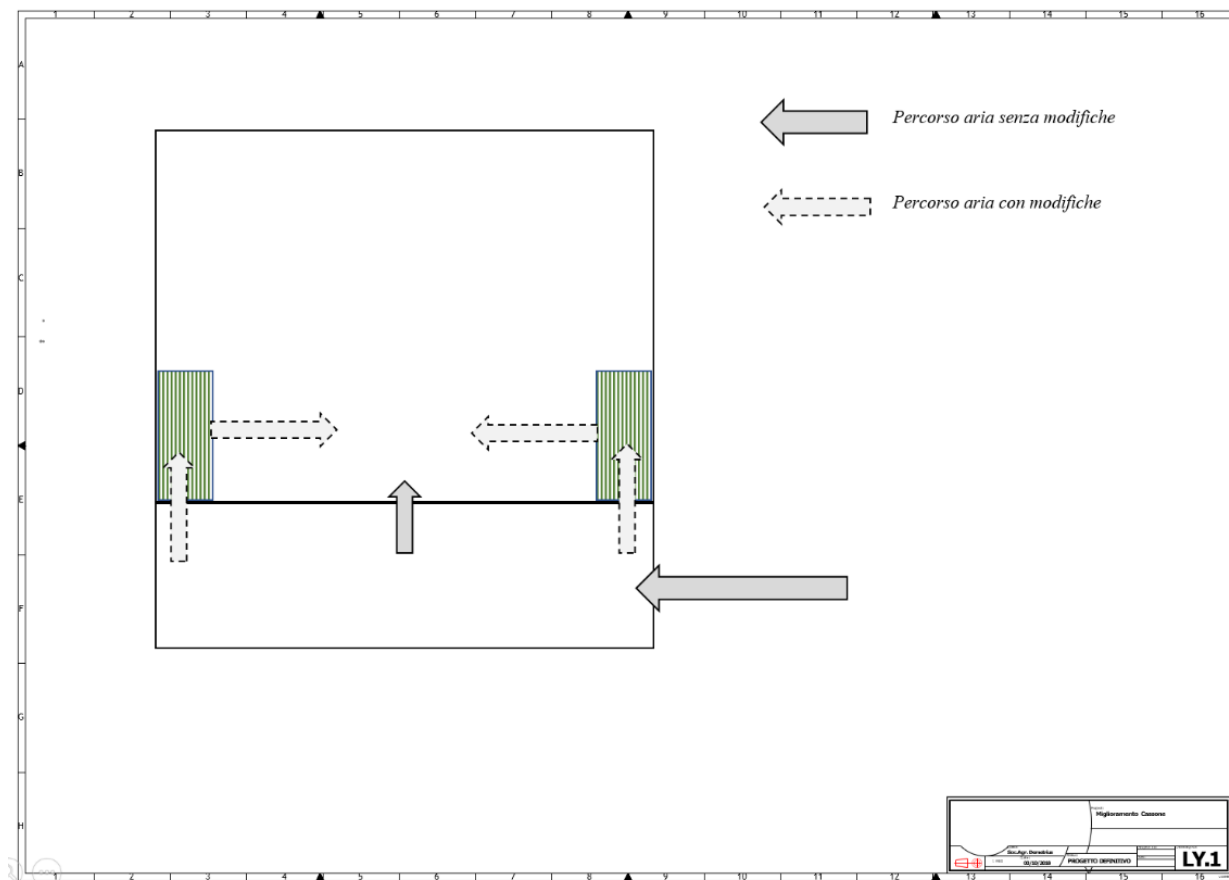
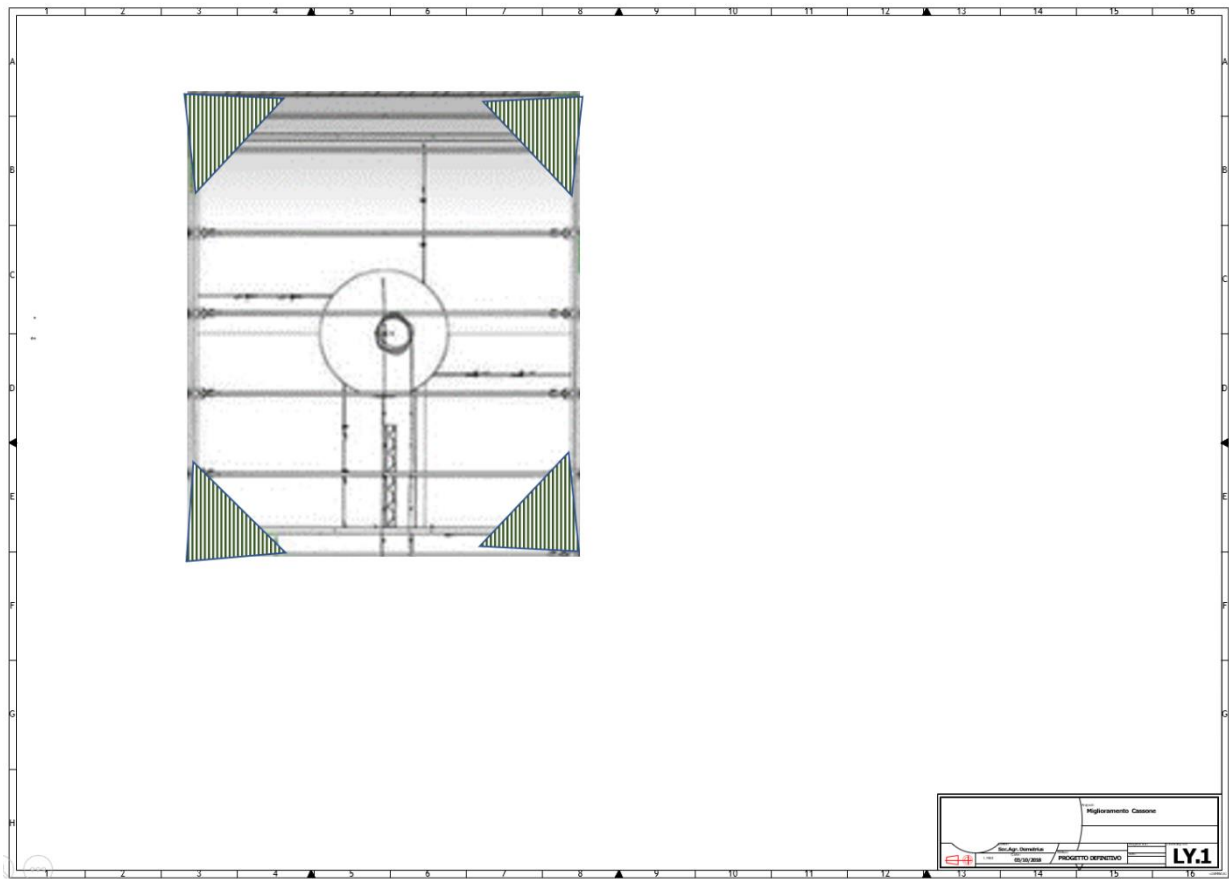


**Figura 9.** Dati sperimentali

---

L'umidità del materiale costituisce un altro parametro importante. Il problema di fondo dell'impianto è che il sistema di essiccazione – costituito dal cassone di pre-essiccazione e dall'essiccatore – non funziona bene se il materiale supera il 50% di umidità.

Poiché solitamente il legno verde supera il 50% di umidità, si sono ipotizzate alcune modifiche nel cassone di pre-essiccazione per migliorare l'essiccazione finale del cippato. Specificamente, è stato sviluppato un sistema per migliorare la circolazione dell'aria calda nel cassone di pre-essiccazione, nonché il riutilizzo del calore delle acque usate nel raffreddamento del gas, per un aumento generale della potenza dell'essiccazione e ridimensionamento del sistema di riscaldamento dell'aria. A tal fine, dunque, sono state innanzitutto aggiunte delle colonne che consentano all'aria calda di essiccare anche il materiale posto in alto – di fatto, senza queste colonne, l'aria calda proveniente dal fondo dal cassone è in grado di essiccare solo il materiale in basso.



**Figura 10.** Progetto delle colonne aggiunte al cassone di pre-essiccazione



**Figura 11.** Progetto delle colonne aggiunte al cassone di pre-essiccazione



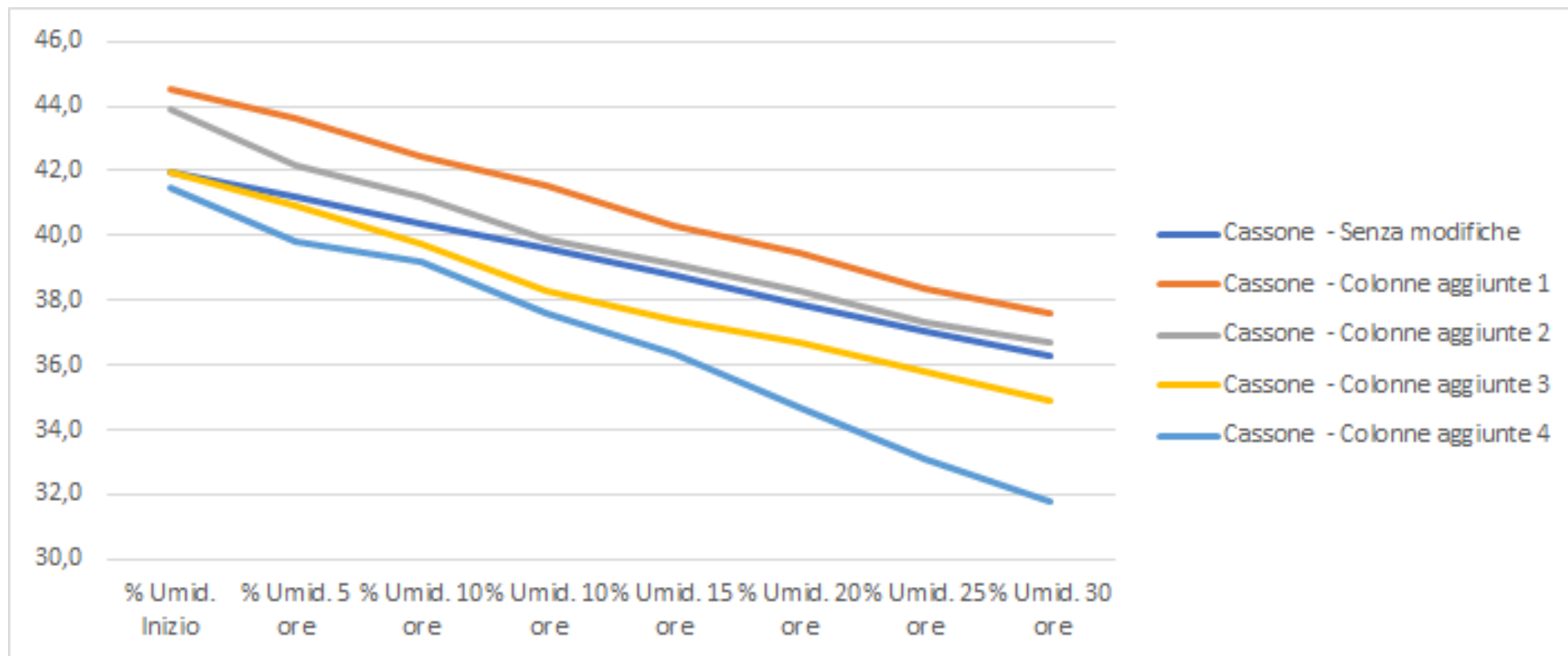
**Figura 12.**  
Sistema per migliorare il riutilizzo delle

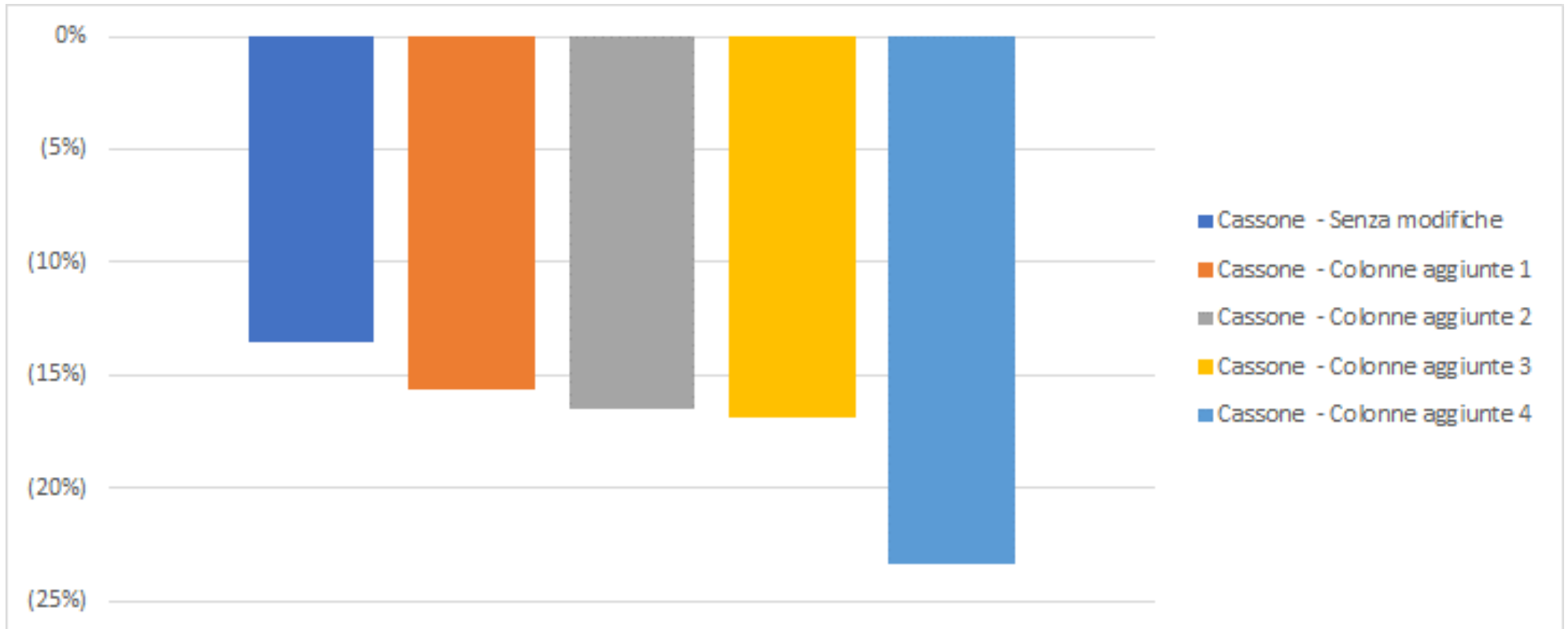


acque usate nel raffreddamento del gas



# Test	% Umid. Inizio	% Umid. 5 ore	% Umid. 10 ore	% Umid. 10 ore	% Umid. 15 ore	% Umid. 20 ore	% Umid. 25 ore	% Umid. 30 ore	
<b>Cassone - Senza modifiche</b>									
1	42,9	42,0	40,9	40,2	38,7	37,9	37,4	37,3	
2	40,8	39,9	38,9	38,1	37,3	36,5	35,3	34,7	
3	45,6	43,8	43,1	42,6	41,7	40,0	39,0	38,2	
4	45,3	43,9	43,1	42,0	40,8	39,8	38,5	38,1	
5	31,3	31,0	30,9	30,7	29,8	29,7	29,1	28,6	
6	47,2	47,0	45,2	43,7	42,8	41,4	41,2	40,0	
7	34,7	34,1	33,4	33,2	32,8	32,0	30,9	30,7	
8	36,2	35,9	35,6	35,1	34,0	32,9	31,7	30,7	
9	41,4	40,0	39,6	38,5	37,8	36,8	36,3	35,8	
10	30,7	30,6	30,5	29,7	28,8	27,9	27,0	26,9	
11	52,9	52,6	52,0	50,2	48,9	48,0	48,0	46,2	
12	53,9	52,7	50,7	50,2	49,9	48,7	46,8	46,2	
13	53,5	52,0	50,4	50,0	49,7	48,7	48,2	47,4	
14	30,4	29,5	28,7	27,7	27,5	26,6	26,3	25,4	
15	33,6	32,7	31,8	31,4	30,8	30,4	29,2	29,0	
16	53,7	53,3	53,0	52,7	50,9	49,8	48,7	46,9	
17	34,3	33,1	32,2	31,5	30,3	29,2	28,9	28,7	
18	42,3	42,2	42,0	40,3	39,4	37,9	37,1	36,4	
19	42,5	41,7	40,0	40,0	39,0	38,6	37,7	36,9	
20	45,3	45,2	43,8	42,4	40,9	39,4	38,7	38,0	
21	42,1	41,2	41,1	40,8	40,5	40,3	39,7	38,2	
22	47	46,7	46,5	46,1	45,5	43,8	42,3	41,0	
23	41,2	40,3	38,7	38,5	38,3	37,6	36,8	36,5	
24	34	33,2	31,9	31,2	30,0	29,5	28,9	28,8	
25	34,3	33,9	33,5	32,4	31,3	30,3	30,2	29,8	
26	49,3	47,9	47,9	46,7	45,6	45,6	44,9	43,8	
27	47,1	46,1	45,2	44,1	43,6	42,4	41,1	39,7	
<b>Average</b>	<b>42,0</b>	<b>41,2</b>	<b>40,4</b>	<b>39,6</b>	<b>38,8</b>	<b>37,8</b>	<b>37,0</b>	<b>36,3</b>	
		(1,9%)	(1,9%)	(1,9%)	(2,2%)	(2,4%)	(2,2%)	(2,0%)	
% reduc. Umid total (14%)									
<b>Cassone - Colonne aggiunte 1</b>									
28	50,6	49,8	48,7	46,6	44,5	43,6	41,8	40,2	
29	51,5	49,6	48,1	47,0	45,0	44,4	42,9	41,7	
30	48,1	47,3	45,2	44,8	43,0	42,7	42,7	41,5	
31	41,3	41,0	39,6	38,7	37,4	36,3	34,9	34,4	
32	35,3	34,6	34,5	33,8	33,2	32,4	31,2	30,9	
33	42,1	41,6	40,7	39,9	39,7	39,3	37,7	37,2	
34	43	41,5	40,2	39,9	39,0	37,4	37,3	37,0	
<b>Average</b>	<b>44,6</b>	<b>43,6</b>	<b>42,4</b>	<b>41,5</b>	<b>40,3</b>	<b>39,5</b>	<b>38,4</b>	<b>37,6</b>	
		(2,1%)	(2,7%)	(2,2%)	(3,0%)	(2,0%)	(2,8%)	(2,0%)	
(16%)									
<b>Cassone - Colonne aggiunte 2</b>									
35	48,9	47,6	47,6	45,4	44,5	43,5	41,9	40,6	
36	51,5	49,2	46,9	45,6	43,6	43,5	42,5	42,3	
37	44,5	42,6	41,6	40,7	40,7	40,4	39,0	38,6	
38	34,7	33,4	32,4	31,0	30,3	29,2	28,5	28,4	
39	49,8	47,9	46,4	45,0	44,0	43,0	42,9	41,8	
40	41	39,2	38,9	38,3	38,2	36,3	34,9	34,3	
41	37,1	35,3	34,5	33,3	32,4	32,3	31,8	30,9	
<b>Average</b>	<b>43,9</b>	<b>42,2</b>	<b>41,2</b>	<b>39,9</b>	<b>39,1</b>	<b>38,3</b>	<b>37,4</b>	<b>36,7</b>	
		(4,0%)	(2,3%)	(3,1%)	(2,0%)	(2,0%)	(2,5%)	(1,8%)	
(16%)									
<b>Cassone - Colonne aggiunte 3</b>									
42	37,1	36,6	34,9	33,5	33,4	32,7	30,9	30,8	
43	49	48,1	45,5	42,8	42,0	41,9	40,4	38,3	
44	40,4	39,1	39,1	38,8	37,7	36,5	35,4	35,0	
45	49,1	46,7	44,7	43,9	43,7	42,6	42,2	39,8	
46	39,7	38,5	37,8	35,9	35,3	35,0	34,7	34,7	
47	48	47,9	47,4	45,0	42,7	42,6	42,4	42,2	
48	30,4	29,6	28,9	28,0	26,9	25,6	24,5	23,2	
<b>Average</b>	<b>42,0</b>	<b>40,9</b>	<b>39,8</b>	<b>38,3</b>	<b>37,4</b>	<b>36,7</b>	<b>35,8</b>	<b>34,9</b>	
		(2,4%)	(2,9%)	(3,8%)	(2,3%)	(1,9%)	(2,5%)	(2,6%)	
(17%)									
<b>Cassone - Colonne aggiunte 4</b>									
49	30,9	29,4	29,0	28,8	28,7	27,1	26,0	24,6	
50	53,9	51,7	51,6	49,9	47,8	44,9	43,5	41,6	
51	32,5	31,6	30,4	29,4	28,2	27,7	26,5	26,1	
52	50,3	49,2	48,8	46,9	44,5	42,1	40,2	38,4	
53	49,6	46,6	44,7	42,8	42,5	40,2	38,6	36,6	
54	30,7	30,5	30,3	28,4	27,3	26,5	24,9	24,4	
55	42,3	39,6	39,6	37,1	35,4	34,2	32,2	30,7	
<b>Average</b>	<b>41,5</b>	<b>39,8</b>	<b>39,2</b>	<b>37,6</b>	<b>36,3</b>	<b>34,7</b>	<b>33,1</b>	<b>31,8</b>	
		(4,0%)	(1,5%)	(4,0%)	(3,4%)	(4,6%)	(4,4%)	(4,1%)	
(23%)									





**Figura 13.** Dati sperimentali

---

Particolare attenzione deve essere prestata anche alle caratteristiche chimiche delle essenze del materiale. Difatti, oltre le rese, punto cruciale del buon funzionamento dell'impianto di cogenerazione è il tasso di silicio nel legno – che, alle alte temperature di lavorazione, cristallizza e ottura le tubazioni. In tal modo, il silicio fa aumentare la pressione dell'impianto, danneggiando la macchina.



**Figura 14.** Incrostazioni dal tubo in uscita dal filtro primario

Per quanto detto, dato il tasso alto di silicio nei terreni sabbiosi, è da escludere il lego di eucalipto; diversamente, le essenze tradizionale di faggio, cerro, acacia, pino, possono essere utilizzati – se il tasso di silicio rimane basso.

---

## BIOCHAR

Coerentemente con le finalità di sostenibilità del progetto di ricerca, è stato ipotizzato il *riuso* del biochar di origine vegetale nell'agricoltura. In particolare, è stato investigato quanto la tipologia di terreno sia tale da trarre benefici particolari dall'uso del biochar.

Oltre all'energia elettrica e termica, l'impianto di cogenerazione a biomasse produce una quantità importante di biochar, grazie alla combustione del legno in assenza di ossigeno. In associazione all'esercizio dell'impianto di gassificazione, dunque, è stato interessante comprendere il suo possibile impiego.

Col termine biochar si intende un materiale carbonioso ottenuto per degradazione termica. Specificamente, d'accordo con la definizione della European Biochar Certificate il biochar deve essere considerato come un materiale eterogeneo ricco di sistemi aromatici e minerali, che si deve ottenere per pirolisi di biomassa – prodotta in modo sostenibile in condizioni controllate e con tecnologia pulita. Altresì, deve avere proprietà per cui può essere usato per tutti gli scopi che non prevedano una rapida mineralizzazione in anidride carbonica e deve conservare delle caratteristiche che rendano possibile anche il suo uso come ammendante dei suoli. Quando usato come ammendante dei suoli, il biochar ne migliora la qualità agendo sulla sua struttura, il pH, la capacità di scambio cationico e la densità; anche la biomassa microbica presente nei suoli viene influenzata dalla presenza del biochar. Nonostante il ruolo positivo che il biochar sembra avere sulla fertilità dei suoli, bisogna fare attenzione nel suo utilizzo perché in alcuni casi sono stati riportati effetti negativi sulla produttività agricola. In realtà, prima dell'utilizzo di un qualsiasi tipo di biochar, bisogna effettuare studi dettagliati in merito alle sue caratteristiche chimico fisiche in modo tale da poterne indirizzare l'uso nel modo migliore, impedendone gli effetti negativi.

Oltre agli effetti benefici che genera nei terreni agricoli, utilizzare il biochar è una scelta ecologica: la sua applicazione è in grado di controbilanciare le emissioni di carbonio nell'atmosfera, immagazzinandolo nel suolo; la sua alta porosità aumenta la ritenzione idrica e quella degli elementi nutritivi, che in questo modo rimangono più a lungo disponibili per le piante, con conseguente minore necessità di irrigare le colture; la sua presenza nel terreno impedisce la lisciviazione dovuta alle piogge di nitrati e fosfati, andando a preservare le falde acquifere e la fertilità stessa del terreno. Per giunta, una proprietà interessante del biochar consiste nella capacità di adsorbire e trattenere inquinanti persistenti e cancerogeni, rendendolo potenzialmente utile negli interventi di bonifica ambientale, sia per i terreni contaminati da metalli, che per il trattamento delle acque.

---

L'interesse al biochar è legato proprio allo stoccaggio del carbonio nel suolo e al miglioramento della fertilità del suolo. Specificamente, lo stoccaggio del carbonio nel suolo – e, soprattutto, nel suolo agricolo – potrebbe costituire un elemento di mitigazione dell'emissione di anidride carbonica atmosferica. Di fatto, il sequestro del carbonio è considerato come una potenziale soluzione al riscaldamento globale, grazie all'elevata stabilità della sostanza organica nel suolo. D'altro canto, lo stoccaggio del carbonio nel suolo potrebbe anche andare contro il declino della qualità del suolo agricolo a livello globale, causato da alcune pratiche agricole insostenibili che causano salinizzazione, acidificazione e erosione del suolo.

Grazie alla sua relativa inerzia nel suolo, l'applicazione del biochar contribuisce al pool di carbonio organico del suolo: il biochar, infatti, contiene circa il 90% di carbonio e costituisce un'alternativa promettente in confronto alle pratiche più tradizionali, che comportano l'incorporazione diretta di biomassa, con mineralizzazione immediata e rilascio di CO<sub>2</sub>.

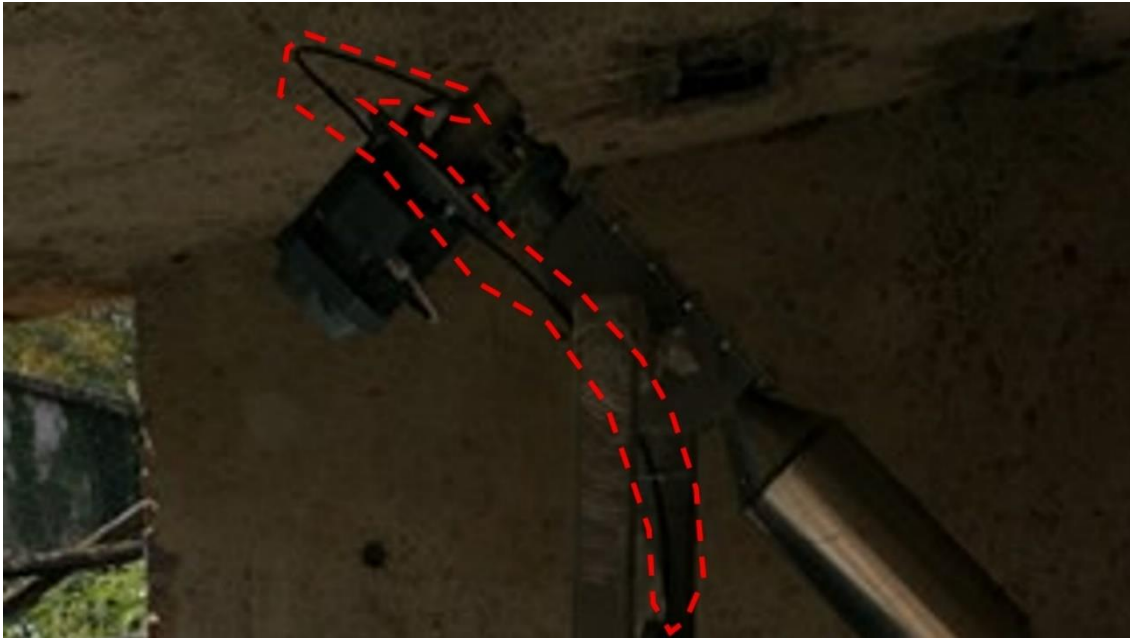
Peraltro, è opportuno valutare anche l'azione di miglioramento sulle proprietà e fertilità del terreno; di riduzione della lisciviazione degli elementi nutritivi e di aumento delle rese di numerose colture agricole. In particolare, l'aumento della fertilità del suolo potrebbe consentire una riduzione dell'impiego di concimi di sintesi, con minori spese per gli agricoltori, minor impatto sull'ambiente e minor consumo di risorse ed energia. Un altro effetto dell'applicazione del biochar è l'aumento del pH, causato dal rilasciato di sostanze organiche disciolte nel terreno. In letteratura, è noto anche l'aumento della capacità di scambio cationico e della capacità di ritenzione idrica nelle particelle in cui è stato applicato il biochar.

Complessivamente, questi parametri sono molto importanti in un contesto di gestione della sostanza organica naturale – soprattutto nella gestione di una tenuta agricola.

Nel caso in esame, l'impatto del biochar può essere schematizzato come segue:

- stimolazione dell'attività biologica del suolo: + 40% dei funghi micorrizici
- miglioramento della ritenzione dei nutrienti: + 50% di scambio cationico
- aumento della capacità di ritenzione idrica nei terreni: + 18%
- aumento del pH dei terreni acidi: + 1 punto

Poiché il biochar prodotto esce ad una temperatura alta, per ridurre concretamente il rischio di incendio è stato ipotizzato e installato un sistema di raffreddamento che utilizza acqua.



**Figura 15.** Un sistema di cassone amovibile costruito per facilitare gli spostamenti del biochar



**Figura 16.** Cassoni e sistema di rampa



**Figura 17.** Big bag per facilitare lo stoccaggio del biochar



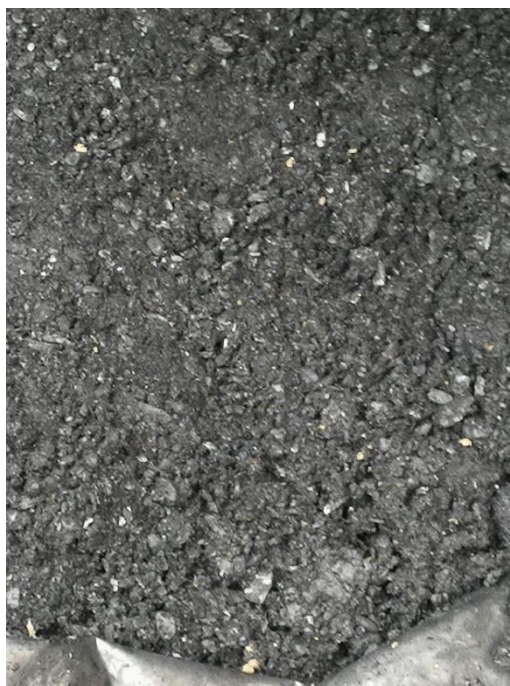
**Figura 18.** Biochar prodotto dal faggio

Il biochar è stato utilizzato su diverse coltivazioni agricole di ortaggi, durante le diverse fasi del ciclo di crescita e con diversi livelli percentuali di dissoluzione in acqua – l'acqua permette di facilitare la diffusione del biochar e la sua penetrazione nel terreno. Altresì, è stato testato l'impiego del biochar secco, distribuito prima della lavorazione dei terreni così da farlo miscelare con la terra durante la fase



---

di lavorazione, a una profondità di circa 30 cm. Secondo le prove svolte, è l'impiego del biochar secco a istituirsi come metodo migliore.



**Figura 19.** Biochar prodotto dal pino marittimo, con il 57% di umidità in ingresso

Sebbene sia stato notato un aumento delle rese, una migliore gestione dei flussi d'acqua e una migliore resistenza alle malattie, i dati raccolti finora sull'uso del biochar secco nelle coltivazioni non sono abbastanza significativi. Più precisamente, i risultati non possono considerarsi significativi solo perché, ad oggi, non vi è stata una costanza nel cippato utilizzato per l'impianto di cogenerazione.

In linea generale, comunque, le prove fatte suggeriscono che 8.5 tonnellate di biochar per ettaro sono sufficienti per ottenere risultati significativi e un impatto reale del biochar.

Considerati i dati incoraggianti, si ipotizza di sperimentare l'applicazione del biochar direttamente sulle piante, così da facilitare la guarigione delle lesioni accidentali ed evitare lo sviluppo di funghi e batteri. Contestualmente, è stato avviato anche uno studio di fattibilità per la produzione di terra di alta qualità.

---

## I SISTEMI AGRO-SILVO-PASTORALI

I cosiddetti sistemi agro-silvo-pastorali permettono di conciliare redditività economica e sostenibilità, rispettando i vincoli naturali. Proprio in termini di sostenibilità ed economia circolare, si può ipotizzare il *riuso* degli scarti di lupino per l'alimentazione animale, permettendo così l'impiego di più terreni possibili per le colture produttive, redditizie e rispettose dell'ambiente e dei vincoli naturalistici.

Nei prossimi anni è previsto un aumento delle richieste di alimenti di origine animale da parte dei paesi in via di sviluppo. Per soddisfare questo aumento della domanda, la produzione di carne e latte dovrà tenere conto delle problematiche legate alla carenza di risorse naturali, quali acqua, terra ed energia – che si sta sempre più nettamente delineando a livello mondiale.

È evidente come di fronte a questo scenario estremamente complesso sia necessario sviluppare nuovi modelli produttivi che arrivino a delineare processi di intensivizzazione sostenibile della produzione di carne e latte. I sistemi agro-silvo-pastorali si caratterizzano proprio per applicare un modello di intensivizzazione sostenibile che presenta numerosi vantaggi, dove si realizzano – sulla stessa superficie agraria – associazioni di alberi e colture erbacee, con la possibilità di inserire anche l'allevamento degli animali, per sfruttare le risorse foraggere. In tal modo, i sistemi agro-silvo-pastorali sono in grado di contribuire positivamente agli aspetti legati alla necessità di esplorare nuovi sistemi in grado sia di mitigare l'effetto degli allevamenti animali sulle emissioni di gas ad effetto serra, sia di aumentare l'adattamento degli animali ai cambiamenti climatici.

Per raggiungere tali obiettivi, tuttavia, è fondamentale l'investimento in ricerca, al fine di acquisire tutte le conoscenze necessarie a costruire i modelli di sistemi agro-silvo-pastorali più adatti alle condizioni pedo-climatiche italiane e in grado di garantire realmente una intensivizzazione sostenibile dei processi produttivi, così da mantenere alta la competitività delle aziende agricole italiane. L'intensivizzazione sostenibile dei processi produttivi può essere garantita anche con la bioconversione dei rifiuti organici in ingredienti proteici per mangimi animali.

Lo scarto del seme di lupino – derivati dalla selezione del lupino destinato all'alimentazione umana – può diventare mangime per il bestiame, migliorando la bassa redditività dell'attività di allevamento delle mucche maremmane, quale patrimonio tradizionale del luogo. Difatti, se da un lato il lupino selezionato per l'alimentazione umana permette di alzare il prezzo di vendita, dall'altra produce un maggiore scarto – circa il 30% della produzione. L'obiettivo della ricerca, dunque, è quello di trasformare lo scarto dalla selezione dei lupini che non possiamo vendere per alimentare il bestiame.

La sfida che si pone dinanzi consiste nel ridurre la tossicità del lupino, senza alterarne le caratteristiche nutritive idonee all'alimentazione del bestiame. In particolare, il contenuto totale in alcaloidi deve essere

inferiori al limite indicato per l'utilizzo nel bestiame (<0,20%); anche il contenuto in lignina deve rimanere bassissimo.



#### Leguminose

Stadio vegetativo	% Acqua	% Sostanza secca	% Fibra grezza	% Proteine	% Amidi	UFL/q SS
Molto giovane	83	17	18	25	42	84
Prefioritura	83	17	24	21	42	78
Inizio fioritura	81	19	27	18	43	77
Fine fioritura	79	21	28	16	45	66

Figura 20. *Lupinus albus*

L'interesse verso gli scarti di lupino deriva, in particolare, dal deficit di produzione di fonti proteiche per l'industria mangimistica che preoccupa l'Unione Europea. In questo scenario, il riutilizzo dello scarto del lupino per l'alimentazione del bestiame potrebbe rappresentare una fonte ad alto contenuto proteico.

Specie	Varietà	P.G.	E.E.	NDF	ADF	ADL
<i>L.albus</i>	Luxor	319 bc	75.5 a	205.7 f	177.8 f	41.4 a

Solo dopo la calibrazione, che permette di individuare tra i prodotti vendibili per l'alimentazione umana e gli scarti di lavoro adatti a divenire mangime per il bestiame, i lupini di scarto vengono selezionati da un lettore ottico per togliere i prodotti difettati – alterazioni dovute a microbi, funghi, infezioni e/o altri difetti che possono rappresentare un pericolo per l'alimentazione animale. In uscita al lettore ottico, si aggiunge un ulteriore controllo manuale.



**Figura 21.** Calibrazione



**Figura 22.** Risultati calibrazione



**Figura 23.** Selezione con lettore ottico e verifica a mano dell'idoneità del materiale



**Figura 24.** Lupino selezionato per il bestiame, post-calibratura



**Figura 25.** Lettore ottico



**Figura 26.** Verifica manuale dell' idoneità del lupino selezionato per il bestiame, post-passaggio lettore ottico

Lettore ottico + selezione mano		
Data	%ritenuto	Qx final
04/01/2017	92,6%	0,75
11/01/2017	96,7%	0,60
18/01/2017	94,2%	0,64
25/01/2017	91,1%	0,19
01/02/2017	99,2%	1,49
08/02/2017	95,2%	1,27
15/02/2017	95,7%	0,65
22/02/2017	96,0%	0,36
01/03/2017	90,5%	1,17
08/03/2017	90,6%	0,55
15/03/2017	93,1%	0,28
22/03/2017	90,0%	0,44
29/03/2017	93,2%	0,62
05/04/2017	99,8%	0,71
12/04/2017	95,2%	0,32
19/04/2017	95,4%	0,82
26/04/2017	97,1%	0,40
03/05/2017	91,0%	0,40
10/05/2017	80,2%	0,09
17/05/2017	96,2%	1,11
24/05/2017	99,1%	1,32
31/05/2017	97,5%	0,83
07/06/2017	98,8%	0,96
14/06/2017	95,7%	0,71
21/06/2017	97,7%	0,58
28/06/2017	95,3%	0,06
05/07/2017	94,0%	0,88
12/07/2017	90,1%	0,39
19/07/2017	95,3%	1,81
26/07/2017	99,9%	0,03
02/08/2017	95,6%	0,50
09/08/2017	91,3%	1,22
16/08/2017	92,4%	1,25
23/08/2017	94,4%	1,07
30/08/2017	99,8%	0,06
06/09/2017	93,6%	0,01
13/09/2017	91,4%	0,97
20/09/2017	92,7%	0,06
27/09/2017	99,6%	0,84
04/10/2017	92,1%	0,22
11/10/2017	90,7%	0,67
18/10/2017	93,9%	1,03
25/10/2017	95,0%	0,70
01/11/2017	92,9%	0,81
08/11/2017	90,0%	1,41
15/11/2017	96,3%	0,40
22/11/2017	94,8%	0,31
29/11/2017	94,5%	0,65
06/12/2017	99,7%	0,11
13/12/2017	93,8%	1,01
20/12/2017	98,0%	0,34

**Figura 27.** Dati selezionati



**Figura 28.** Lupino selezionato per il bestiame

Selezionato il lupino utilizzabile come mangime per il bestiame, diversi sono stati i test condotti sui semi: essiccazione, bollitura, macinazione, miscelazione. Sfruttando il calore prodotto dall'impianto di cogenerazione, si è innanzitutto proceduto con la bollitura dei lupini: per ridurre il livello di tossicità legata agli alcaloidi, è necessario cambiare spesso l'acqua, lasciando i lupini a mollo per non meno di due giorni. Per individuare la migliore procedura di bollitura, sono state testate diverse temperature dell'acqua e diverse durate di immersione.





---

**Figura 29.** Cassoni costruiti per facilitare il movimento del lupino immerso nell'acqua

<b>Test</b>	<b>Bollitura</b>	<b>Cambio acqua</b>
1	-----	-----
2	1 ora	0
3	5 ore	0
4	10 ore	1
5	24 ore	3
6	36 ore	5
7	48 ore	8

**Tabella 1.** Test di bollitura eseguiti

Dai risultati raccolti, si evince come le prove n. 5, 6 e 7 abbiano tutti valori al di sotto dei limiti.

Bollitura

Data	Quantità	#Test	Alcaloidi (/1000)
05/01/2017	0,75	1	25,0%
12/01/2017	0,60	1	27,3%
19/01/2017	0,64	1	28,5%
26/01/2017	0,19	1	28,6%
02/02/2017	1,49	1	28,6%
09/02/2017	1,27	1	25,1%
16/02/2017	0,65	1	27,5%
23/02/2017	0,36	1	27,4%
02/03/2017	1,17	1	27,0%
09/03/2017	0,55	2	22,4%
16/03/2017	0,28	2	23,2%
23/03/2017	0,44	2	23,3%
30/03/2017	0,62	2	22,4%
06/04/2017	0,71	2	22,5%
13/04/2017	0,32	2	23,5%
20/04/2017	0,82	2	23,5%
27/04/2017	0,40	2	22,9%
04/05/2017	0,40	3	22,3%
11/05/2017	0,09	3	19,7%
18/05/2017	1,11	3	19,0%
25/05/2017	1,32	3	21,8%
01/06/2017	0,83	3	21,4%
08/06/2017	0,96	3	20,5%
15/06/2017	0,71	3	21,4%
22/06/2017	0,58	4	19,6%
29/06/2017	0,06	4	18,5%
06/07/2017	0,88	4	19,7%
13/07/2017	0,39	4	19,0%
20/07/2017	1,81	4	19,5%
27/07/2017	0,03	4	18,0%
03/08/2017	0,50	5	17,8%
10/08/2017	1,22	5	19,5%
17/08/2017	1,25	5	19,3%
24/08/2017	1,07	5	18,7%
31/08/2017	0,06	5	19,3%
07/09/2017	0,01	5	18,8%
14/09/2017	0,97	5	19,4%
21/09/2017	0,06	5	18,1%
28/09/2017	0,84	5	19,4%
05/10/2017	0,22	6	17,1%
12/10/2017	0,67	6	17,6%
19/10/2017	1,03	6	19,7%
26/10/2017	0,70	6	19,0%
02/11/2017	0,81	6	18,8%
09/11/2017	1,41	6	17,8%
16/11/2017	0,40	7	18,4%
23/11/2017	0,31	7	18,9%
30/11/2017	0,65	7	19,1%
07/12/2017	0,11	7	19,7%
14/12/2017	1,01	7	17,4%
21/12/2017	0,34	7	18,7%

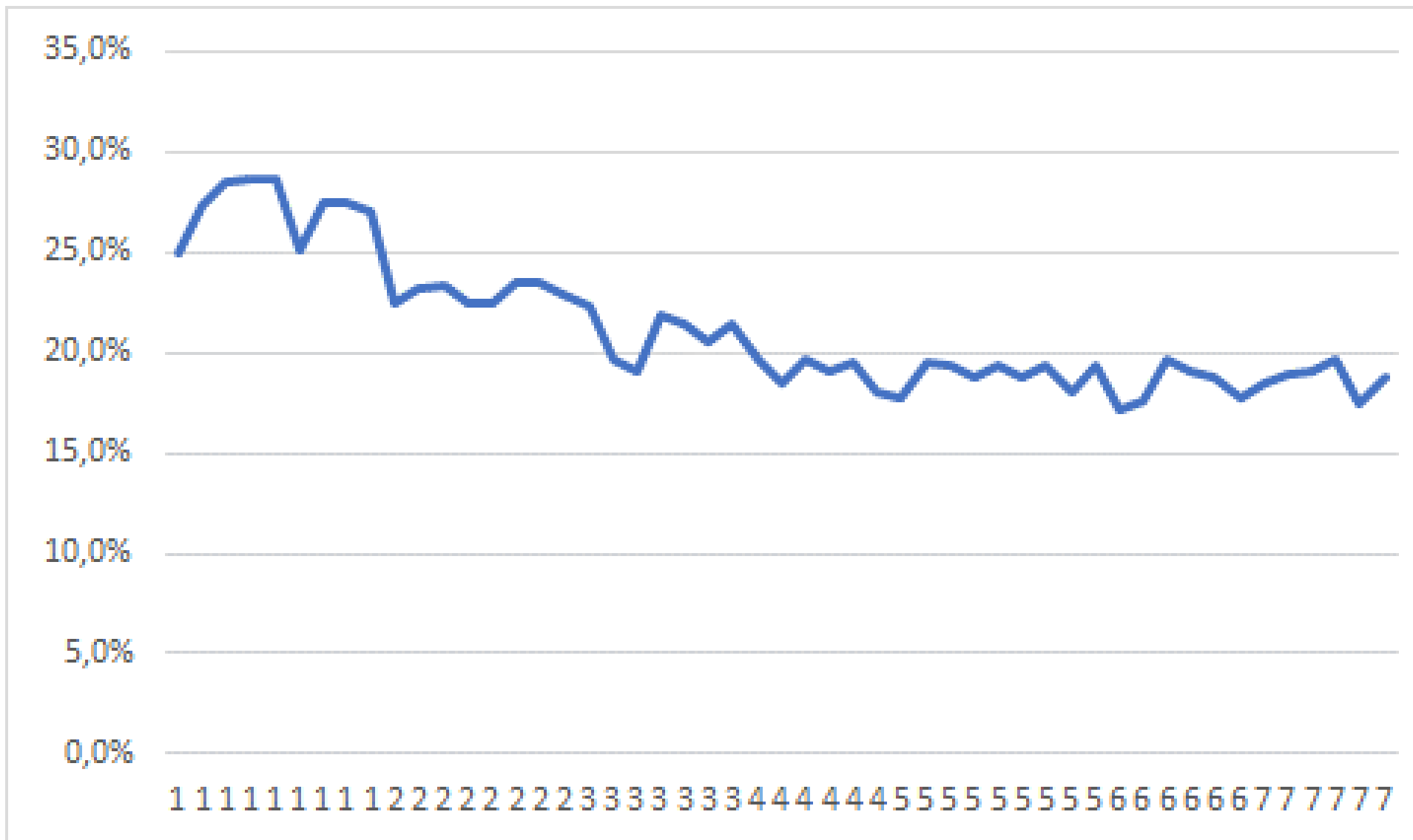
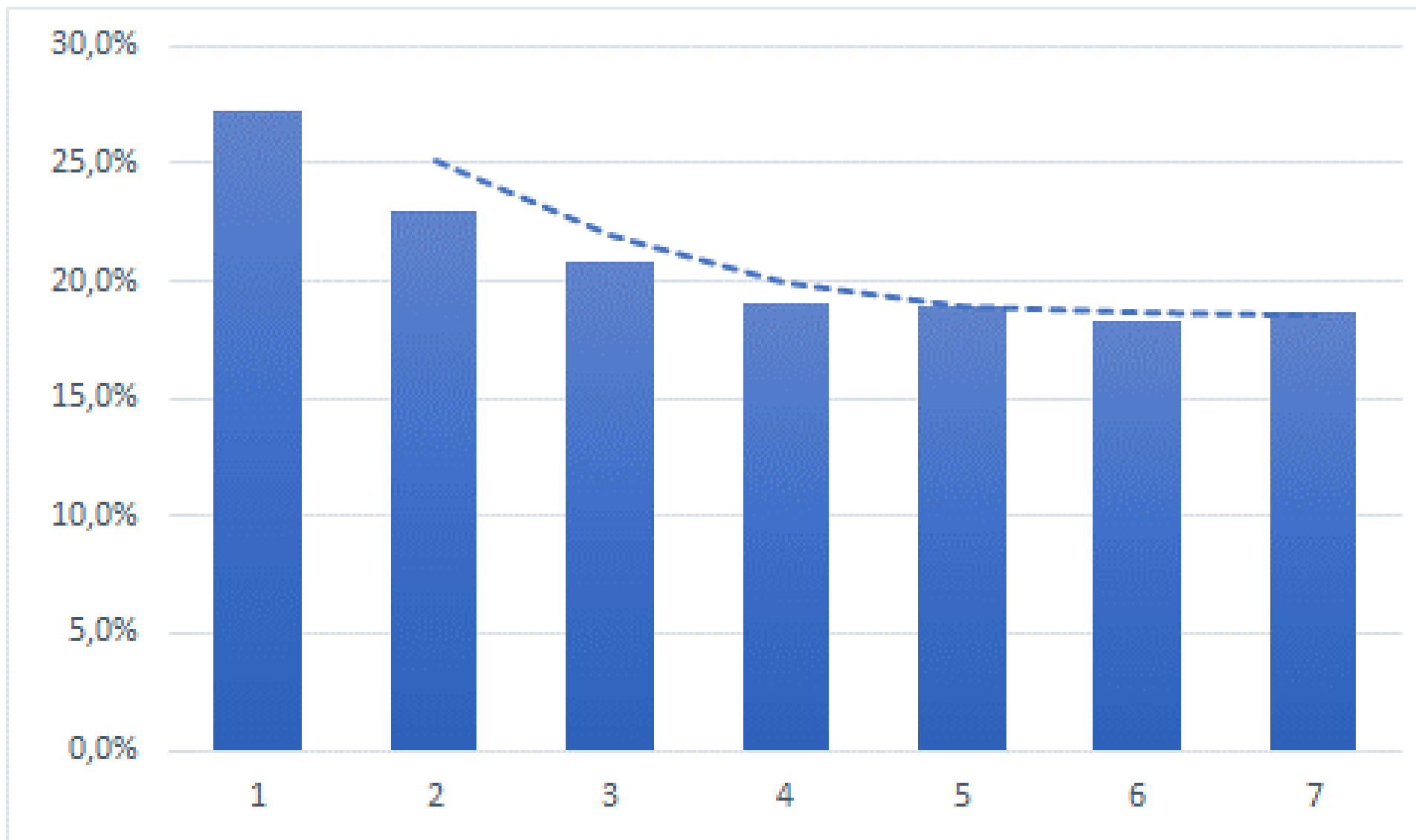


Figura 30. Dati bollitura



**Figura 31.** Valori medi per test

Una volta ridotta la tossicità del lupino, i semi sono stati essiccati tramite l'essiccatore dell'impianto di cogenerazione a biomasse. Diversi test son stati fatti per arrivare a un prodotto secco con una percentuale d'acqua residuale che approssima il 10%, senza danneggiare troppo il contenuto nutritivo:

Essiccazione					
Data	Quantità	% umidita t0	Ore Essic.	% umidita end	Prot index.
08/01/2017	0,75	15,0%	2	15%	44%
15/01/2017	0,60	16,6%	6	14%	38%
22/01/2017	0,64	24,3%	12	17%	32%
29/01/2017	0,19	20,9%	24	8%	33%
05/02/2017	1,49	23,2%	2	22%	30%
12/02/2017	1,27	20,9%	6	18%	31%
19/02/2017	0,65	17,2%	12	12%	42%
26/02/2017	0,36	15,6%	24	6%	31%
05/03/2017	1,17	17,4%	2	17%	40%
12/03/2017	0,55	17,0%	6	14%	29%
19/03/2017	0,28	28,7%	12	20%	28%
26/03/2017	0,44	30,9%	24	12%	35%
02/04/2017	0,62	29,3%	2	28%	34%
09/04/2017	0,71	20,2%	6	17%	38%
16/04/2017	0,32	19,3%	12	14%	34%
23/04/2017	0,82	32,8%	24	13%	36%
30/04/2017	0,40	19,3%	2	18%	43%
07/05/2017	0,40	26,8%	6	21%	30%
14/05/2017	0,09	26,8%	12	16%	32%
21/05/2017	1,11	16,1%	24	3%	32%
28/05/2017	1,32	25,7%	2	24%	43%
04/06/2017	0,83	23,9%	6	19%	41%
11/06/2017	0,96	24,7%	12	15%	37%
18/06/2017	0,71	34,1%	24	7%	24%
25/06/2017	0,58	36,5%	2	34%	43%
02/07/2017	0,06	21,0%	6	17%	30%
09/07/2017	0,88	41,0%	12	25%	38%
16/07/2017	0,39	26,5%	24	5%	29%
23/07/2017	1,81	29,1%	2	27%	36%
30/07/2017	0,03	28,2%	6	23%	42%
06/08/2017	0,50	44,3%	12	27%	26%
13/08/2017	1,22	32,5%	24	7%	28%
20/08/2017	1,25	29,0%	2	27%	32%
27/08/2017	1,07	44,6%	6	36%	30%
03/09/2017	0,06	27,7%	12	17%	40%
10/09/2017	0,01	41,4%	24	8%	27%
17/09/2017	0,97	34,8%	24	7%	25%
24/09/2017	0,06	36,7%	24	7%	31%
01/10/2017	0,84	27,1%	24	5%	31%
08/10/2017	0,22	46,0%	24	9%	20%
15/10/2017	0,67	52,5%	24	11%	20%
22/10/2017	1,03	30,4%	24	6%	34%
29/10/2017	0,70	30,4%	24	6%	32%
05/11/2017	0,81	41,9%	24	8%	21%
12/11/2017	1,41	51,6%	24	10%	24%
19/11/2017	0,40	49,3%	24	10%	25%
26/11/2017	0,31	41,8%	24	8%	29%
03/12/2017	0,65	49,4%	24	10%	24%
10/12/2017	0,11	32,3%	24	6%	24%
17/12/2017	1,01	39,9%	24	8%	24%
24/12/2017	0,34	48,4%	24	10%	21%

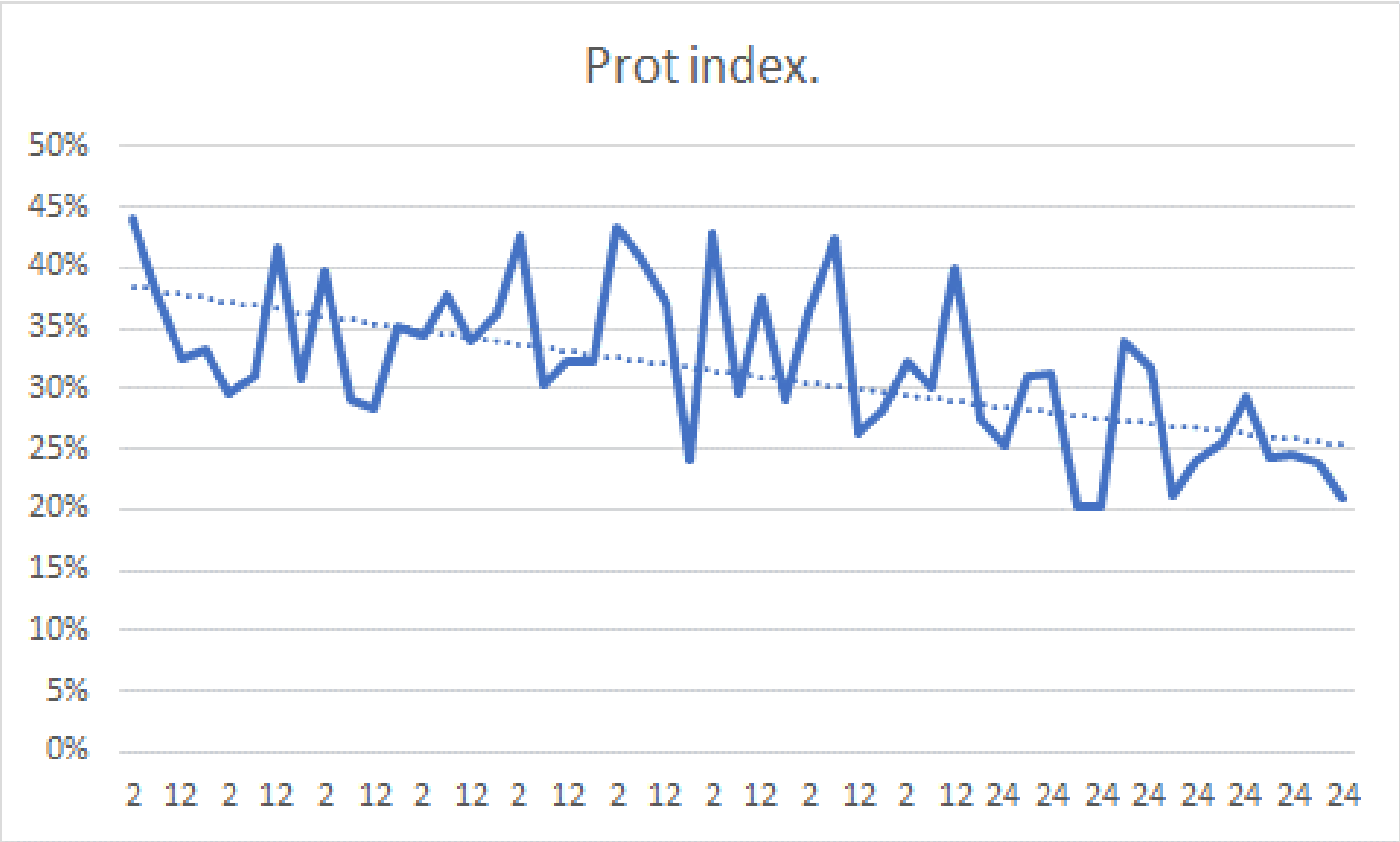


Figura 32. Dati essiccazione

---

Dai risultati raccolti, si nota come l'allungamento dell'essiccazione deteriora le caratteristiche del lupino – valore, peraltro, legato alla percentuale di umidità intrinseca al seme prima dell'essiccazione: pertanto, lo standard di riferimento deve mantenersi attorno alle 12-24 ore.

Bolliti ed essiccati, i semi di lupino possono essere finalmente macinati e integrati al mix di mangime.



**Figura 33.** Molino utilizzato per la macinazione del lupino

---

## **BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA**

Hochschule Geisenheim University. Understanding biochar mechanisms for practical implementation. 2015.

Nilsson K, Sangster M, Gallis C, Harting T, de Vries S, Seeland K, Schipperijn J. Forests, Trees and Human Health. Springer, 2011.

Pugliese M, Gullino ML, Garibaldi A. Il progetto REFERTIL: standardizzazione di compost e biochar ri risultati in Piemonte. 2015.

Someus E. REFERTIL: reducing mineral fertilizers and chemicals use in agriculture by recycling treated organic waste as compost and bio-char products. in: Bettendorf, T.; Wendland, C.; Otterpohl, R. 2014. Terra Preta Sanitation.