

life
VIISOM



WITH THE CONTRIBUTION OF THE LIFE PROGRAMME
OF THE EUROPEAN UNION, LIFE15-ENV-IT-0002302

VITICULTURE INNOVATION

THE VARIABLE-RATE TECHNOLOGY TO IMPROVE THE DISTRIBUTION
OF ORGANIC FERTILIZERS



**Verifiche di campo
e di laboratorio dei prototipi
per la concimazione organica
a rateo variabile del vigneto**

Domenico Pessina, Davide Facchinetti, Lavinia Galli
DISAA (Dip. di Scienze Agrarie e Ambientali) - UNIMI

Milano, 16 dicembre 2019

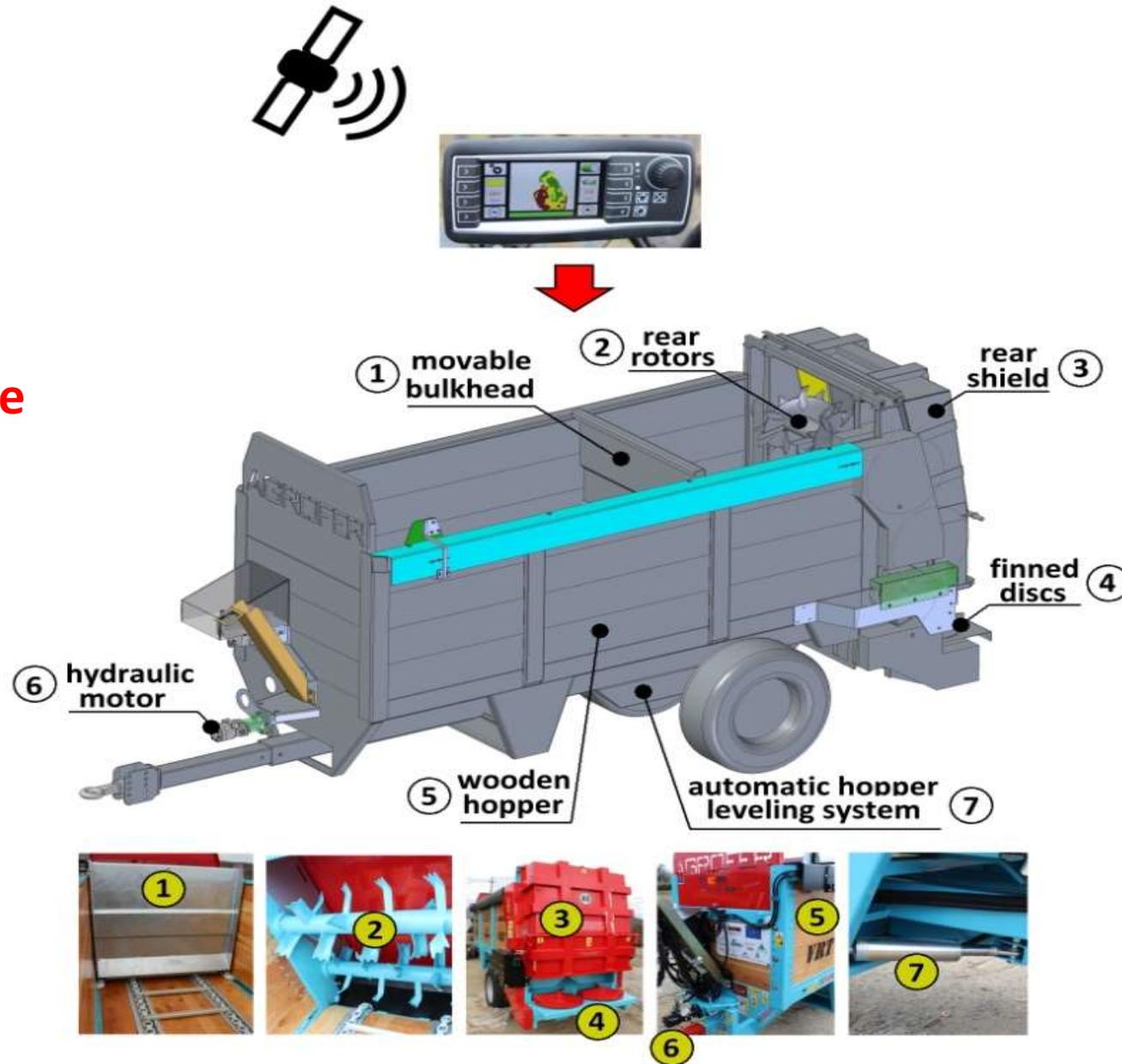
Prove di campo 2017-2019



Le prove di campo sono state svolte presso le aziende partner del Progetto VITISOM nel triennio 2017-2019, in numerose campagne organizzate nei momenti agronomicamente più propizi, ovvero fine inverno/inizio primavera (prima della ripresa vegetativa) e in autunno (dopo la raccolta dell'uva). Hanno riguardato la **verifica delle quantità distribuite sia a rateo fisso che in modalità VRT, sui prototipi trainati e su quello scavallante**, e sono risultate utili per acquisire informazioni finalizzate alla messa a punto delle macchine, tramite diverse modifiche sia delle parti meccanica e idraulica che della sensoristica e dell'elettronica a corredo.



Il prototipo trainato autolivellante



Nel triennio, sono state adottate **diverse metodologie di prova**, concentrandosi in particolare (ma non solo) sul prototipo maggiormente rappresentativo delle macchine messe a punto, ovvero la versione **trainata autolivellante**.

Metodologie di prova



1. Si è voluto innanzitutto accertare il corretto funzionamento dell'intera macchina **a rateo costante**, verificato con prove di distribuzione **sia a punto fisso, che in movimento, su superficie libera**.

Metodologie di prova

mappa di prescrizione



distribuzione su teloni



pesatura materiale raccolto



distribuzione su un intero interfilare



pesatura del carro prima e dopo il passaggio

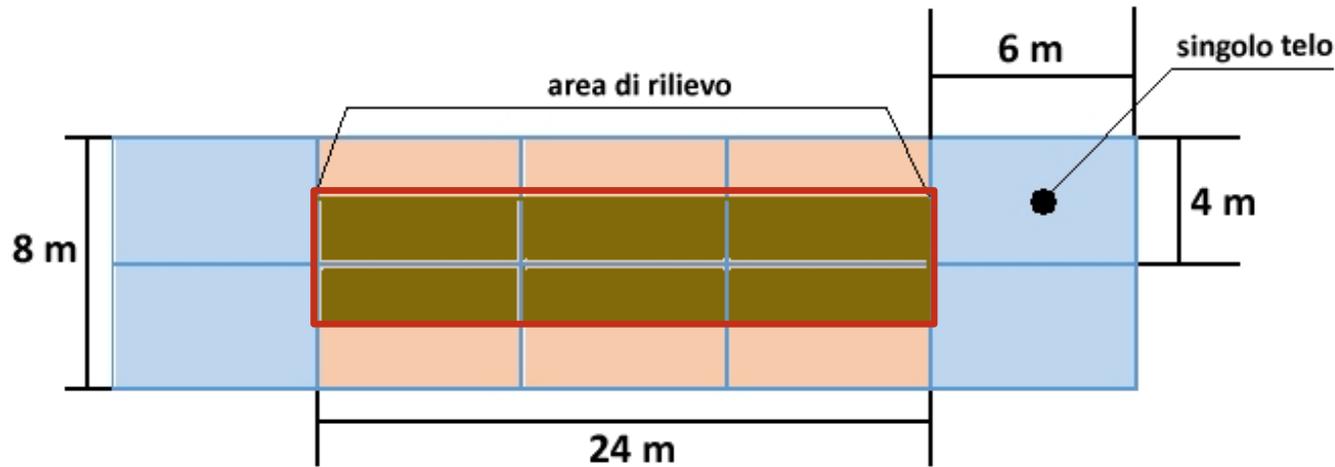
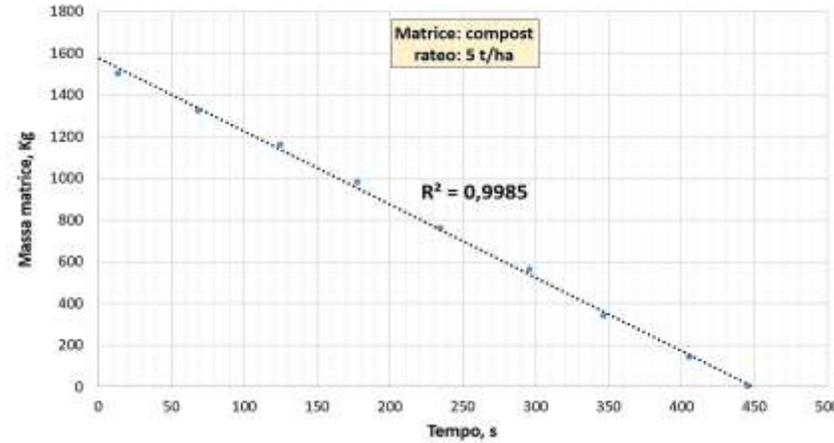


E' stata ovviamente indagata anche (e soprattutto) l'operatività in campo tramite:

- 2. Stesura di teloni di superficie nota in punti predefiniti** degli interfilari, con pesatura del materiale intercettato e calcolo della quantità equivalente (in t/ha), da confrontare poi con il rateo atteso;
- 3. pesatura dell'intero carro** prima e dopo la **distribuzione in un intero interfilare**, e calcolo della quantità equivalente (in t/ha), da confrontare poi con il rateo atteso.

Risultati - Prove a punto fisso e in movimento, su superficie libera: prototipo trainato

a punto fisso



avanzamento

in movimento, su superficie libera

Risultati - Prove in movimento su superficie libera: prototipo trainato

Prova, n.	Distribuzione Target, t/ha	Velocità di avanzamento, km/h	Scostamento singolo settore, %	Distribuzione reale, t/ha	Scostamento dal target, %
1	10	3,2	-22, +20	8,0	-20
2			-21, +4	9,6	-4
3		6,4	+3, +23	10,7	+7
4	20	3,5	-11, +19	22,9	+15
5		6,5	-13, +15	15,2	-24

**TARGET
AGRONOMICO:
±20%**



Risultati - Prove in vigneto: prototipo trainato

Castello Bonomi 1/10/2018 e 8/10/2018	target 20000 kg/ha				target 10000 kg/ha			target 5000 kg/ha			target 3000 kg/ha		
	letame	letame	compost	digestato	letame	compost	digestato	letame	compost	digestato	letame	compost	digestato
MISURA SU TUTTO IL FILARE													
dose fornita - kg/ha	3182,87	7523,15	15643,40	25177,07	3873,40	9656,79	9432,95	3059,64	4516,71	6405,97			
Kg/m2 target	2,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,30	0,30	0,30			
Kg/m2 fornito	0,32	0,75	1,56	2,52	0,39	0,97	0,94	0,31	0,45	0,64			
SCOSTAMENTO ASSOLUTO (%)	84,09	24,77	56,43	151,77	22,53	93,14	88,66	1,99	50,56	113,53			
filari considerati	9-10	13-14	23-24	29-30	37-38	25-26	31-32	35-36	27-28	33-34			
vitigno	Cardonnay	Chardonnay	Chardonnay	Pinot Nero	Pinot Nero	Pinot Nero	Pinot Nero	Pinot Nero	Pinot Nero	Pinot Nero			
TELO 1													
Kg/m2 target	2,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,30	0,30	0,30			
Kg/m2 fornito	0,45	0,83	0,40	0,45	0,15	0,52	0,55	0,05	0,05	0,22			
SCOSTAMENTO ASSOLUTO (%)	77,26	16,67	60,15	55,10	70,24	4,92	9,97	84,03	84,03	25,17			
distanza da inizio filare a metà telo - m	12,05	12,05	12,05	12,05	12,05	12,05	12,05	12,05	12,05	12,05			
TELO 2													
Kg/m2 target	2,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,30	0,30	0,30			
Kg/m2 fornito	0,75	0,63	0,61	0,84	0,15	0,51	0,53	0,13	0,20	0,28			
SCOSTAMENTO ASSOLUTO (%)	62,60	37,50	38,79	15,90	69,65	1,85	7,00	57,99	32,27	6,55			
distanza da inizio filare a metà telo - m	26,15	26,15	26,15	26,15	26,15	26,15	26,15	26,15	26,15	26,15			
TELO 3													
Kg/m2 target	2,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,30	0,30	0,30			
Kg/m2 fornito	1,71	1,18	1,00	1,03	0,20	0,70	0,37	0,05	0,35	0,35			
SCOSTAMENTO ASSOLUTO (%)	14,35	17,80	0,13	2,65	60,15	40,23	25,34	84,03	16,02	16,86			
distanza da inizio filare a metà telo - m	40,25	40,25	40,25	40,25	40,25	40,25	40,25	40,25	40,25	40,25			
N° passata con il carro e sequenza passa	1,00	2,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	3,00			

Verifiche di campo e di laboratorio dei prototipi per la concimazione organica del vigneto a rateo variabile

Domenico Pessina, Davide Facchinetti, Lavinia Galli, DISAA – UNIMI

Convegno: «The variable rate technology to improve the distribution of organic fertilizers» - Milano, 16.12.2019

	Target 20000 kg/ha	Target 10000 kg/ha	Target 5000 kg/ha
Berlucchi 5/10/2018 e 12/10/2018	letame	letame	letame
MISURA SU TUTTO IL FILARE			
dose fornita - kg/ha	91331,87	2818,63	13763,49
Kg/m2 target	2,00	1,00	0,50
Kg/m2 fornito	9,13	0,28	1,38
SCOSTAMENTO ASSOLUTO (%)	356,66	71,81	175,27
filari considerati	70-71	55-56	35-36
vitigno	Chardonnay	Chardonnay	Chardonnay
TELO 1			
corrispondenza - kg/ha	31804,49	29154,11	2650,37
Kg/m2 target	2,00	1,00	0,50
Kg/m2 fornito	3,18	2,92	0,27
SCOSTAMENTO ASSOLUTO (%)	59,02	191,54	46,99
distanza da inizio filare a metà telo - m	12,05	12,05	12,05
TELO 2			
corrispondenza - kg/ha	19427,71	11897,59	2861,45
Kg/m2 target	2,00	1,00	0,50
Kg/m2 fornito	1,94	1,19	0,29
SCOSTAMENTO ASSOLUTO (%)	2,86	18,98	42,77
distanza da inizio filare a metà telo - m	26,15	26,15	26,15
TELO 3			
corrispondenza - kg/ha	17921,69	20933,73	11897,59
Kg/m2 target	2,00	1,00	0,50
Kg/m2 fornito	1,79	2,09	1,19
SCOSTAMENTO ASSOLUTO (%)	10,39	109,34	137,95
distanza da inizio filare a metà telo - m	40,25	40,25	40,25
N° passata con il carro e sequenza passa	1	2	3

**Risultati -
Prove in vigneto:
prototipo scavallante**



Nel corso delle prove di campo, si è osservato che il cumulo di prodotto caricato all'interno del cassone della macchina è contestualmente soggetto a **due forze**:

- una **verticale**, prodotta dal peso proprio del cumulo;
- una **orizzontale**, senza dubbio più consistente, provocata dalla progressiva spinta della paratia mobile che convoglia il prodotto verso i rotori posteriori.

Ognuna delle 3 matrici esaminate reagisce il modo diverso a queste sollecitazioni, anche in relazione alla sua composizione fisica e chimica e al suo stato al momento della distribuzione (ad es. l'umidità), **formando blocchi più o meno grandi e compatti**, di difficile gestione.

Si è quindi ritenuto necessario procedere ad una **SPERIMENTAZIONE DI LABORATORIO**, per acquisire informazioni sul **comportamento reologico** delle 3 matrici considerate nelle prove di campo, mettendo a punto uno specifico apparato, con **strumentazione e disegno sperimentali**:

- **Banco prova con cilindro idraulico di spinta**, dotato di cella di carico (per la misura compressione - *stress*) e sensore di spostamento (per la misura deformazione - *strain*);
- **Cilindro di contenimento (h = 600 mm, Ø = 250 mm)**, **carotatore** e bilancianti di precisione;
- **Matrici indagate**: letame bovino, compost misto e verde, frazione solida del digestato;
- Misura della **deformazione percentuale** del cumulo e misura dell'**aumento della densità**, a carichi max di 5.000 e 10.000 N (*predefiniti*);
- Prove eseguite a due valori **differenti valori di umidità** (per ogni matrice: tal quale e dopo 20 gg di essiccazione naturale).



manure



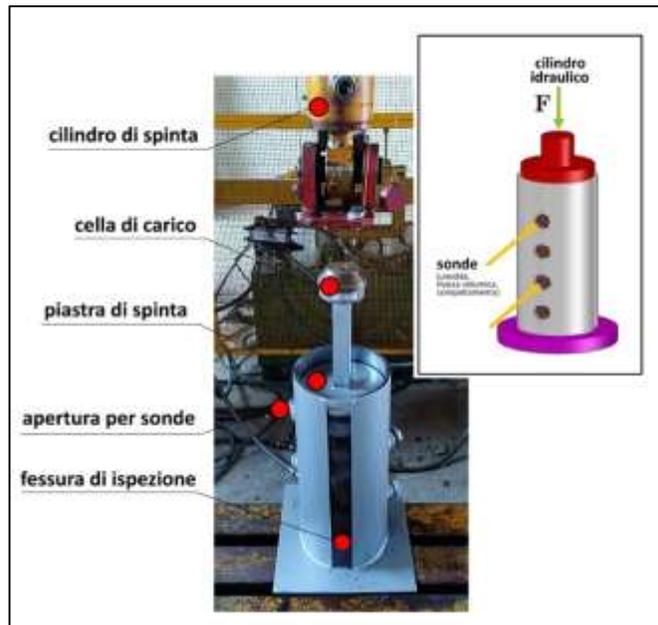
solid digestate



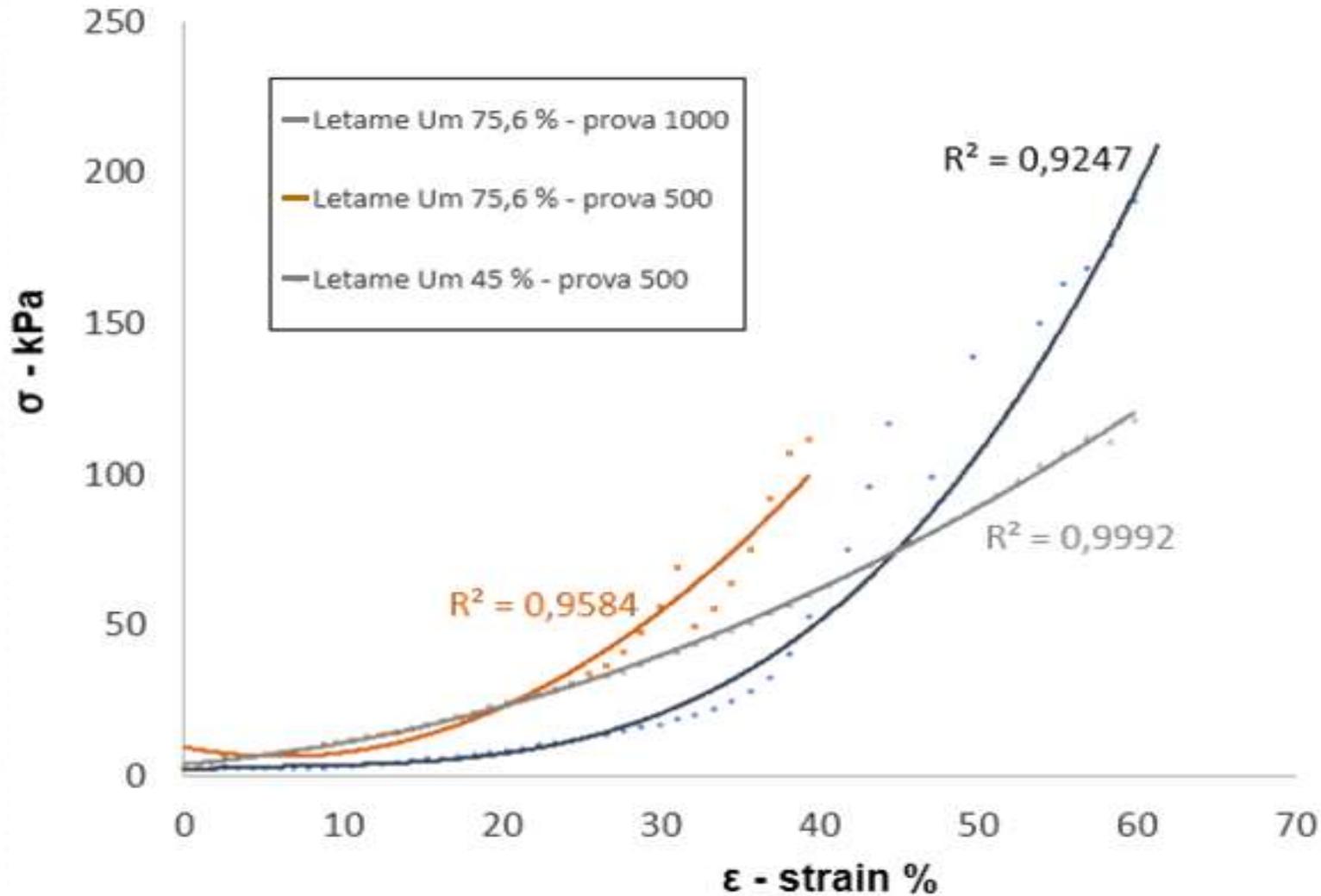
compost

Composizione chimico-fisica delle matrici (tal quali)

	Densità t.q. g/dm ³	Sost. Secca %	pH (in H ₂ O)	TOC g/Kg s.s.	Ntot g/kg t.q.	N-NH ₄ g/kg t.q.	N-NH ₄ /N tot %
Compost	465±23	52.1±0.12	8.23±0.07	317±23.5	11.4±0.01	0.45±0.02	3.95
Letame	618±39	24.0±0.94	8.95±0.18	465±2.39	5.72±1.27	2.70±0.25	47.2
Digestato	460±20	19.0±0.1	9.17±0.16	447±16.4	5.15±0.18	3.03±0.06	58.8

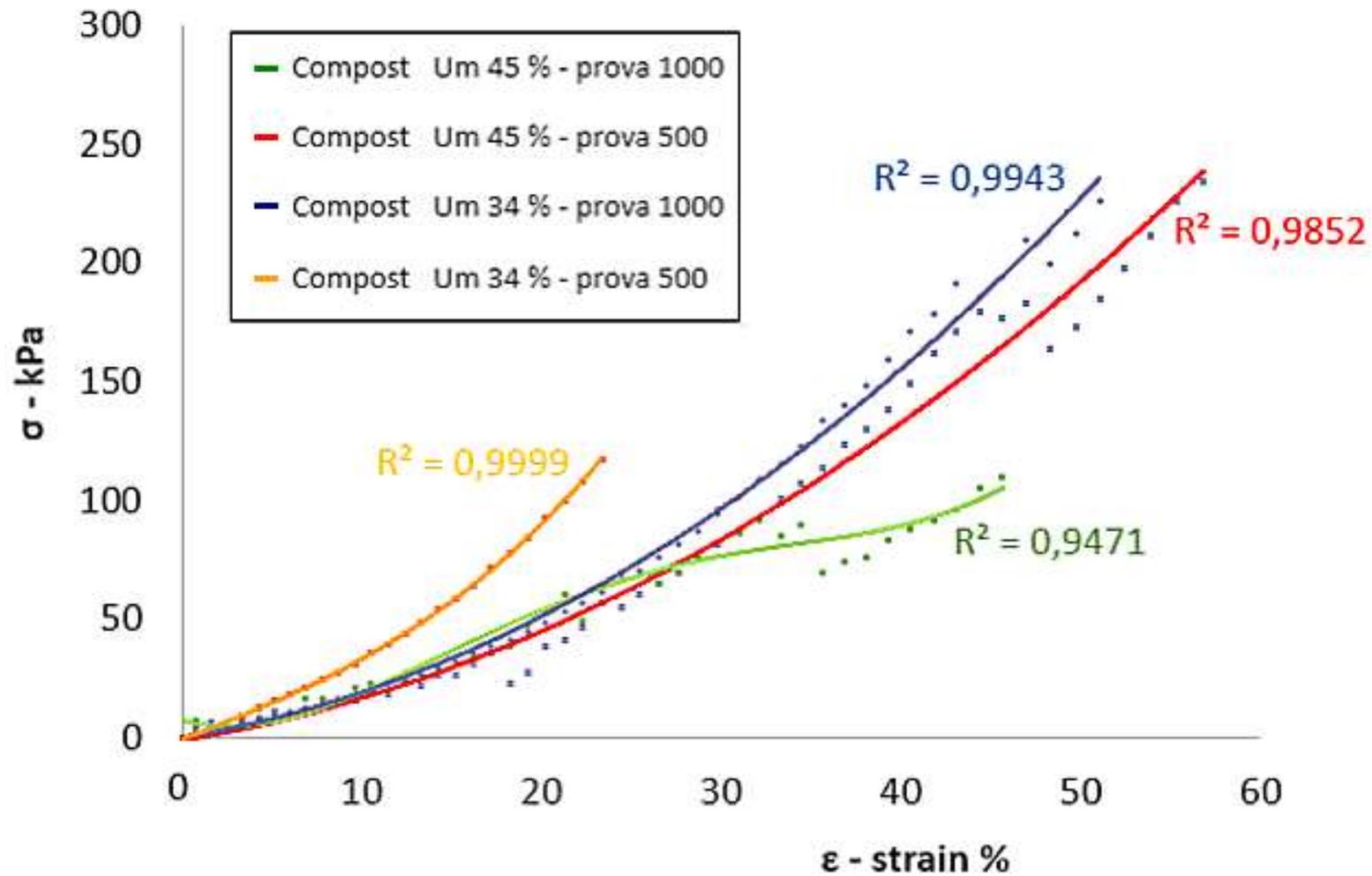


Risultati stress-strain - letame



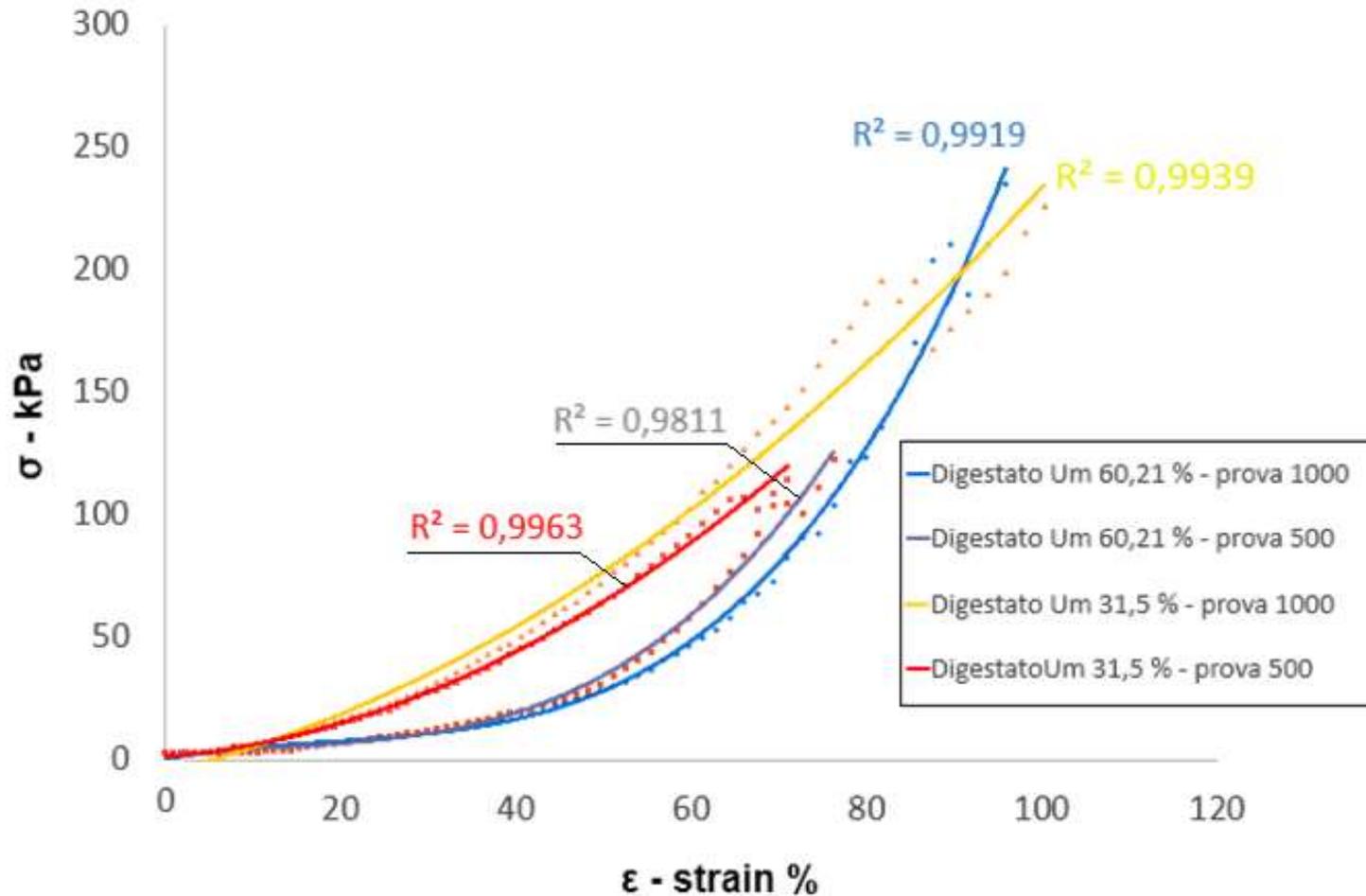
Con l'umidità più elevata (75,6 %), il letame si compatta di meno rispetto all'umidità inferiore (45,0 %), perché gli interstizi presenti nel materiale tal quale (ovvero non sottoposto a compressione) sono riempiti più precocemente dal liquido che fuoriesce in seguito alla forza impressa.

Risultati stress-strain - compost



Al contrario, e per entrambi i carichi massimi indagati, il compost all'umidità più elevata (45,0 %) si compatta di più rispetto al valore inferiore (34,0 %), sostanzialmente per la pezzatura molto più uniforme rispetto al letame, che fa sì che gli interstizi occupino molto meno volume.

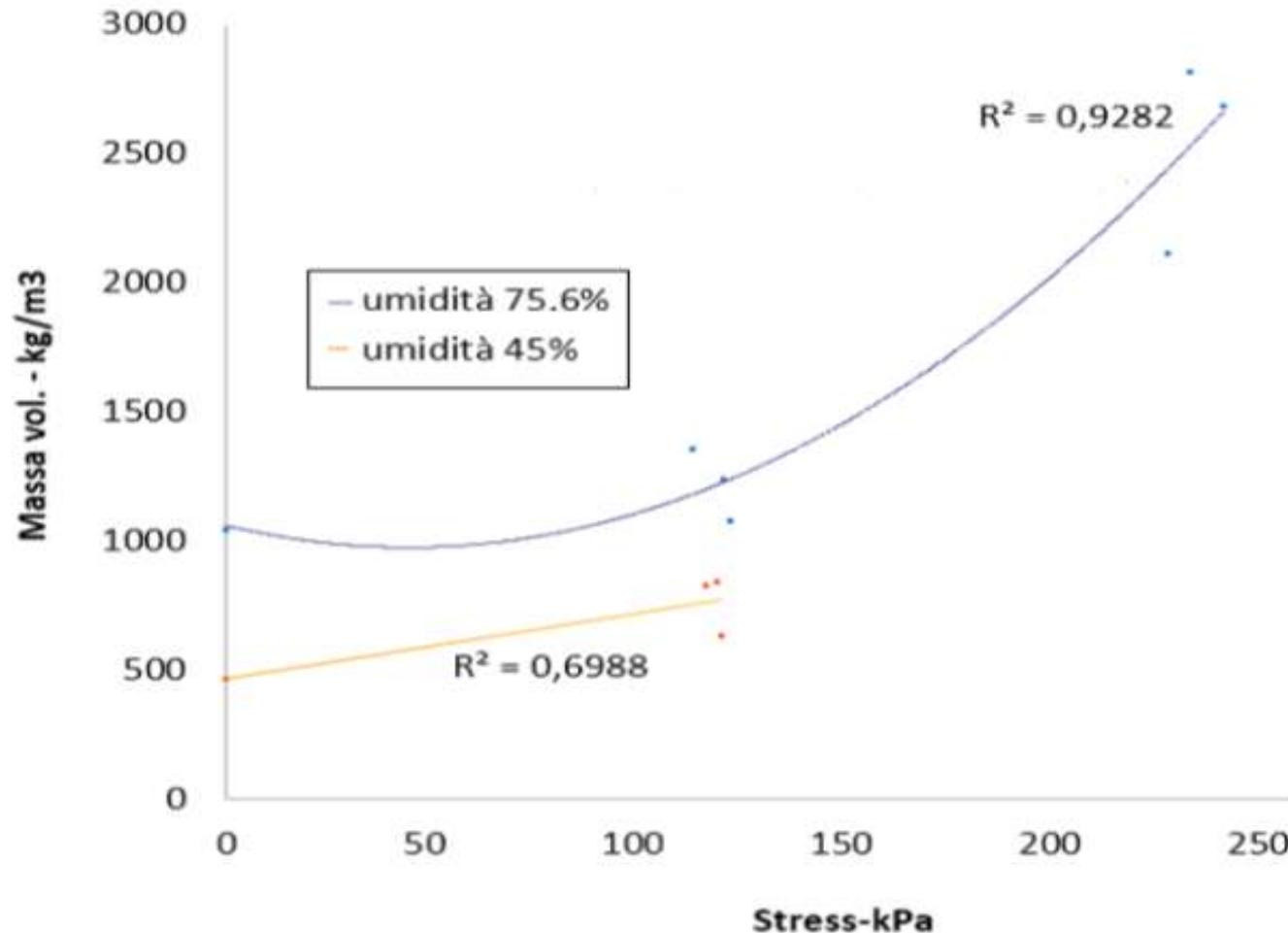
Risultati stress-strain - **digestato**



Il digestato mostra invece un comportamento relativamente poco dipendente dall'umidità, per avendo riscontrato una notevole diminuzione del contenuto di acqua dopo 20 gg di essiccazione naturale (dal 60,2 al 31,5 %).

In ogni caso, **l'andamento è più somigliante al compost,** ovvero a parità di carico il digestato si deforma di più quando è più umido.

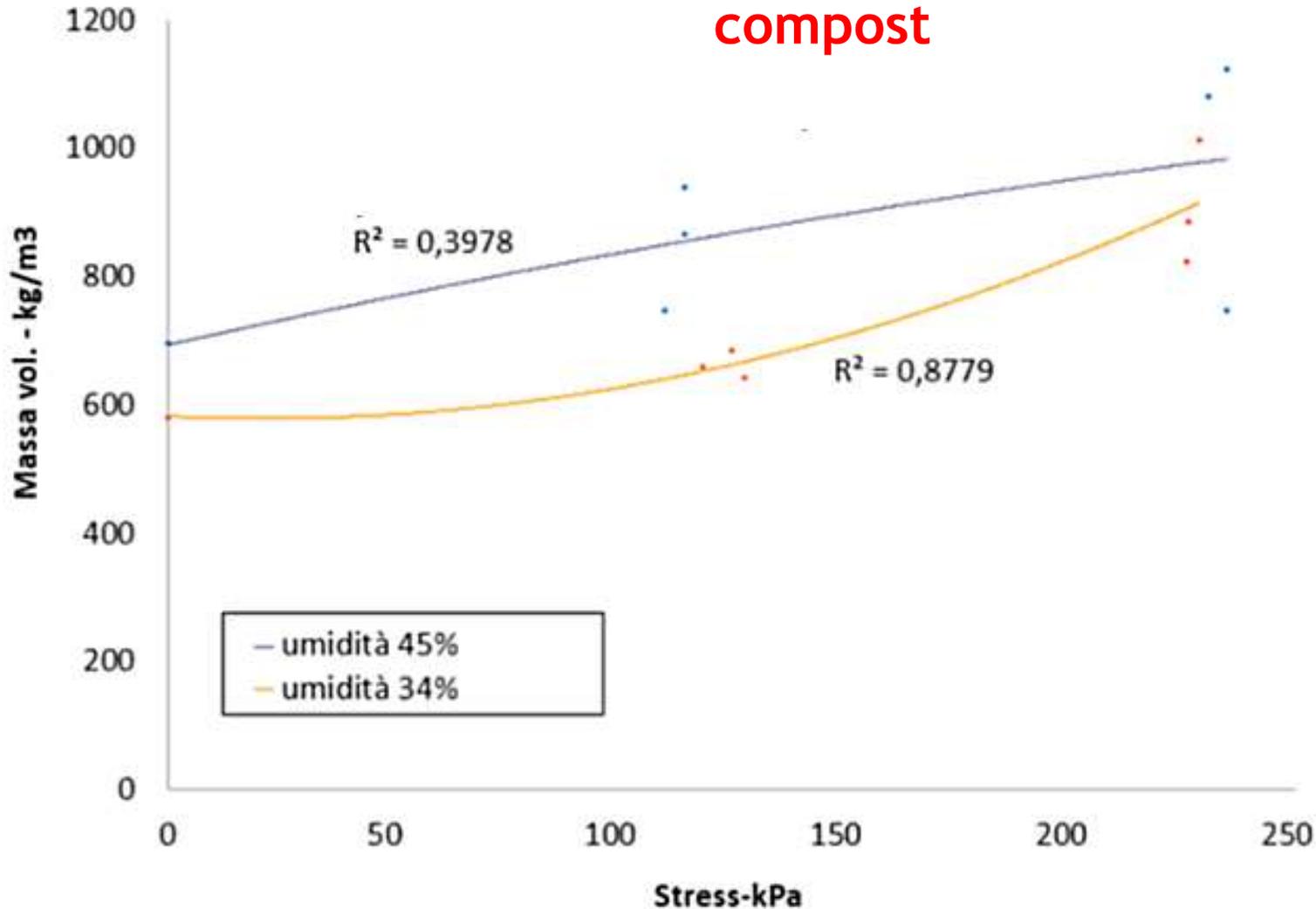
Risultati massa volumica (densità) - stress letame



Come atteso, **il letame presenta una massa volumica** già molto elevata nella condizione tal quale, **che aumenta in modo notevole con la compressione**, incrementando in modo più che lineare fino a oltre 2,5 volte.

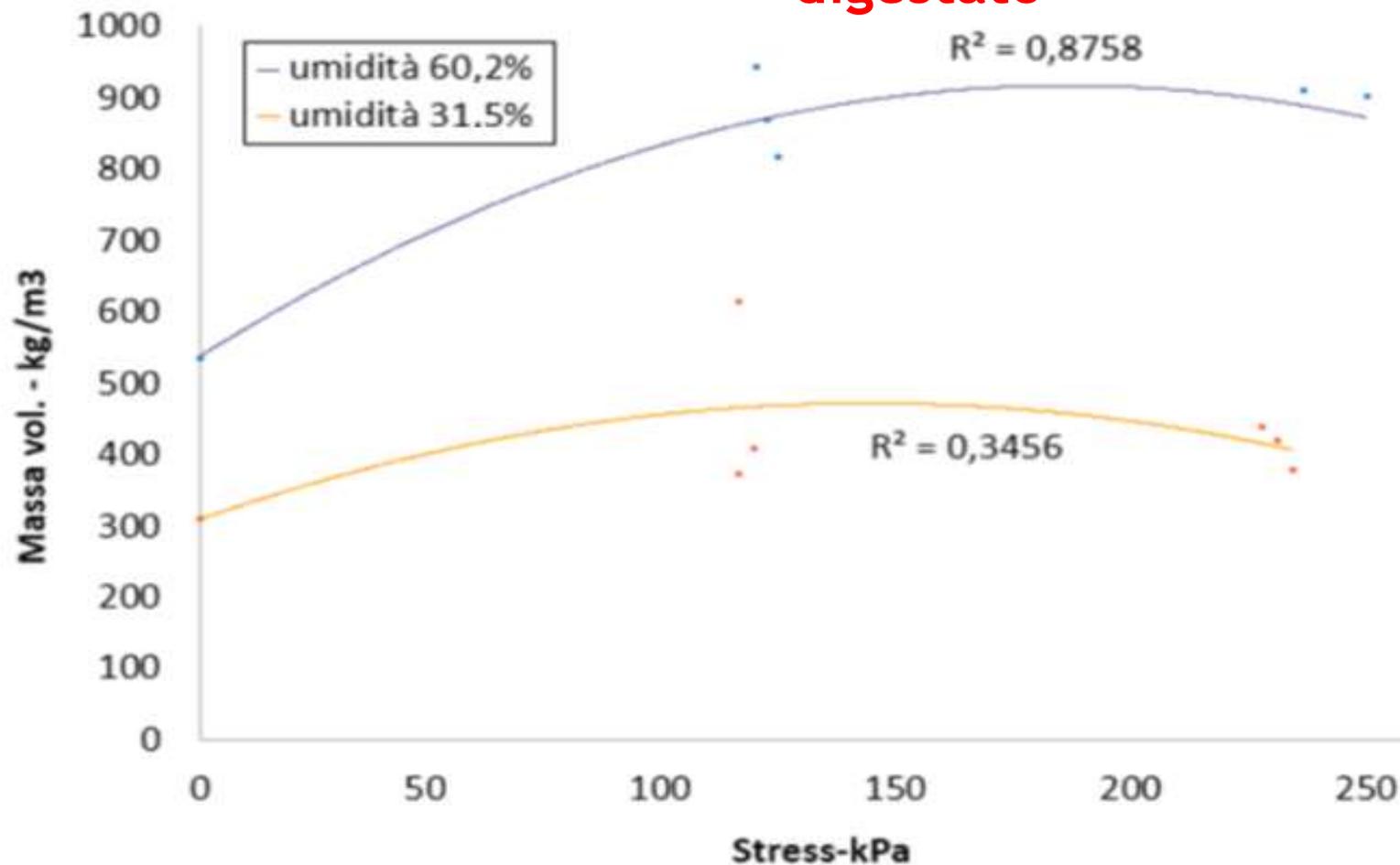
Viceversa, all'umidità inferiore, l'aumento è molto meno marcato (da 500 a 750 kg/m³).

Risultati massa volumica (densità) - stress compost



In virtù della sua struttura molto più omogenea rispetto alle altre due matrici, **il compost evidenzia un incremento maggiormente prevedibile della densità**, all'aumentare della compressione (da 0 a 200 kPa), ovvero da 700 a 950 kg/m³ circa, se umido, e da 600 a 850 kg/m³ circa, se più asciutto. Alle due umidità provate, **le differenze in massa volumica non sono notevoli, e rispecchiano (grosso modo in proporzione) il diverso contenuto di acqua.**

Risultati massa volumica (densità) - stress digestato



Il digestato presenta variazioni consistenti in massa volumica in relazione alla differenza di umidità, che in questo caso è stata molto significativa, ovvero quasi il doppio tra la condizione tal quale e quella meno umida. La massa volumica ovviamente aumenta con l'aumentare della compressione, ma in modo molto meno eclatante rispetto al letame: da 550 a 830 kg³ circa al 60% di umidità, e da 300 a 400 kg/m³ al 30,5%.

Conclusioni - 1

- ❖ Lungo l'intera durata del progetto, i prototipi sono stati oggetto di un'intensa e costante attività di verifica e monitoraggio delle prestazioni, specialmente sulle versioni maggiormente rappresentative del gruppo, ovvero quella trainata autolivellante e quella abbinata al portattrezzi scavallante;
- ❖ sulla base dei risultati, le macchine sono state costantemente implementate, sia nelle componenti meccaniche e idrauliche, ma soprattutto nelle parti di sensoristica, dell'elettronica e del software;
- ❖ i prototipi hanno mostrato un'ottima capacità di variare il rateo di distribuzione, in un ampio intervallo di dosi (0-40 t/ha);
- ❖ particolare attenzione è stata posta nello studiare la complessità del comportamento delle matrici organiche considerate (letame, digestato solido, compost) in relazione allo stress subito in fase di distribuzione, anche tenendo conto della notevole variabilità di condizioni, dovuta alla loro origine, al grado di maturazione, all'umidità, ecc.



Conclusioni - 2

- ❖ considerando **come agronomicamente accettabile una distribuzione a rateo variabile con variazioni entro $\pm 20\%$ rispetto al target**, i risultati possono essere considerati complessivamente soddisfacenti;
- ❖ potrà essere considerata come vantaggiosa **una fase di ulteriore affinamento del software di gestione**, che tenga conto del progressivo compattamento delle matrici nella tramoggia, durante una singola routine di distribuzione.





COMPOST



DIGESTATO



LETAME



Grazie per l'attenzione