



Venerdì 2 Dicembre 2022 - ORE 14.00 -16.00  
FIERE ZOOTECNICHE DI CREMONA - AREA EVENTI – PAD. 2

## Raccolta degli stocchi di mais per finalità energetiche: risultati tecnico-economici di tre anni di prove sperimentali

Marco Fiala, Mattia Ferrari

Università degli Studi di Milano «La Statale»  
Dipartimento Scienze Agrarie e Ambientali. Produzione Territorio, Agroenergia (DiSAA)  
Email: [marco.fiala@unmimi.it](mailto:marco.fiala@unmimi.it)

*Workshop Finale - Progetto*

*“Sistema di raccolta e valorizzazione diversificata dei residui di mais - MAIS100%”*



PSR LOMBARDIA  
L'INNOVAZIONE  
METTERADICI  
2014 2020





*Progetto di Ricerca triennale finanziato da Regione Lombardia, nell'ambito della Operazione 16.1.01 'Gruppi Operativi PEI', PSR 2014-20.*

**Capofila: Consorzio Italiano Biogas (CIB)**

**Responsabilità Scientifica: Università di Milano «La Statale»**

**Partner: Fondazione CRPA, n.4 Aziende ceralicolo-zootecniche-energetiche**



<http://www.mais100.it/it/>



**PSR**  
2014 2020  
LOMBARDIA  
L'INNOVAZIONE  
METTE RADICI



**Regione  
Lombardia**



*Individuare un sistema di economia circolare agricola nell'ambito della filiera produttiva del mais per valorizzare, attraverso l'introduzione di specifici cantieri di lavoro, i residui colturali (stocchi, tutoli, brattee) del mais da granella "secca" o umida (pastoni), trasformandoli in materiali impiegabili in filiere produttive tipiche delle aree ceralicolo-zootecniche della Lombardia e, più in generale, della Pianura Padana*





RACCOLTA

CONFERIMENTO

INSILAMENTO

PASTONI → 01 SET–20 OTT; GRANELLA → 01 OTT–10 NOV

TC



**Pastone integrale**

Granella:  $U_G = 35-40\%$   $SS_G = 60-65\%$ ;  $Y_{pp} = 15-20$  t/ha SS  
Residui: stocchi:  $U_{cp} = 70-72\%$

**Pastone di sola granella**



Granella:  $U_G = 30-35\%$   $SS_G = 65-70\%$ ;  $Y_{pp} = 14-18$ t/ha SS  
Residui: stocchi, tutoli e brattee:  $U_{cp} = 60-62\%$

**Granella vitrea**



Granella:  $U_G = 22-28\%$   $SS_G = 72-78\%$   $Y_{pp} = 12-16$  t/ha SS  
Residui: stocchi, tutoli e brattee:  $U_{cp} = 48-50\%$



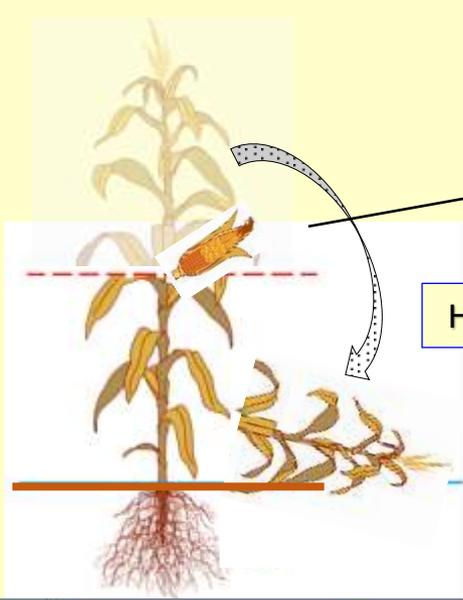
Resa: 6-8 t/ha SS

Potere metanigeno (BMP): 260-300  $m^3_N/t$  SV  
di  $CH_4$  simile a quello dell'insilato di triticale  
(290-320  $m^3_N/t$  SV di  $CH_4$ )

MTR



Residui da  
pastoni



**SPIGA**

Ripartizione biomassa epigea (tal quale, TQ)

cariossidi **45,9%**  
 tutolo **8,1%**  
 brattee **7,0%** } spiga

**ALIMENTI**

**PASTONE INTEGRALE**  
 $SS_G = 60-65\%$ ;  $Y_{pp} = 15-20$  t/ha SS  
**PASTONE DI GRANELLA**  
 $SS_G = 65-70\%$ ;  $Y_{pp} = 14-18$  t/ha SS  
**GRANELLA VITREA**  
 $SS_G = 72-78\%$ ;  $Y_{pp} = 12-16$  t/ha SS

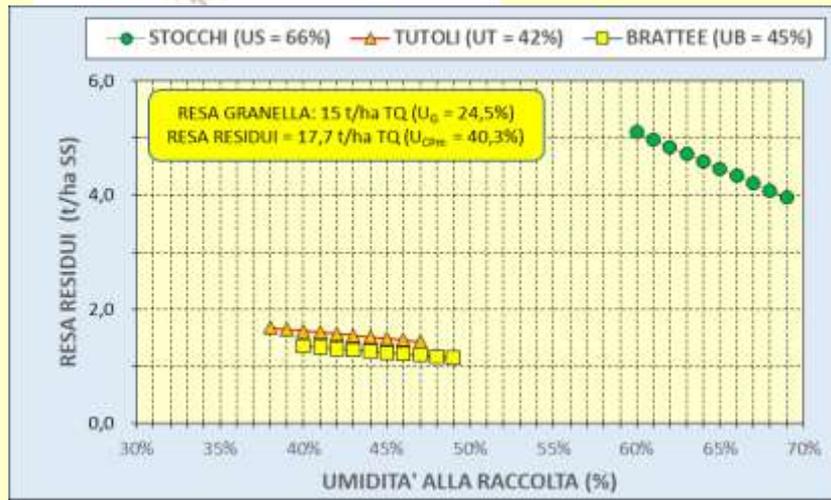
Harvest Index: 0,40-0,55

**RESIDUI**

Foglie **11,5%**  
 Culmo **27,5%** } stocco

**BIOMASSA**

**CULMI e FOGLIE (in prevalenza)**  
 $SS_R = 22-32\%$

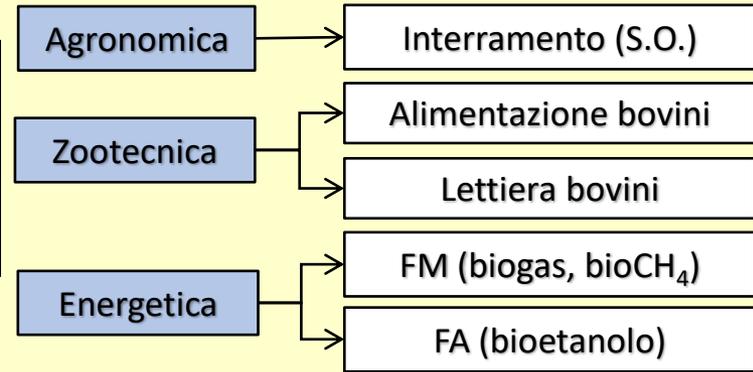


QUANTITA'

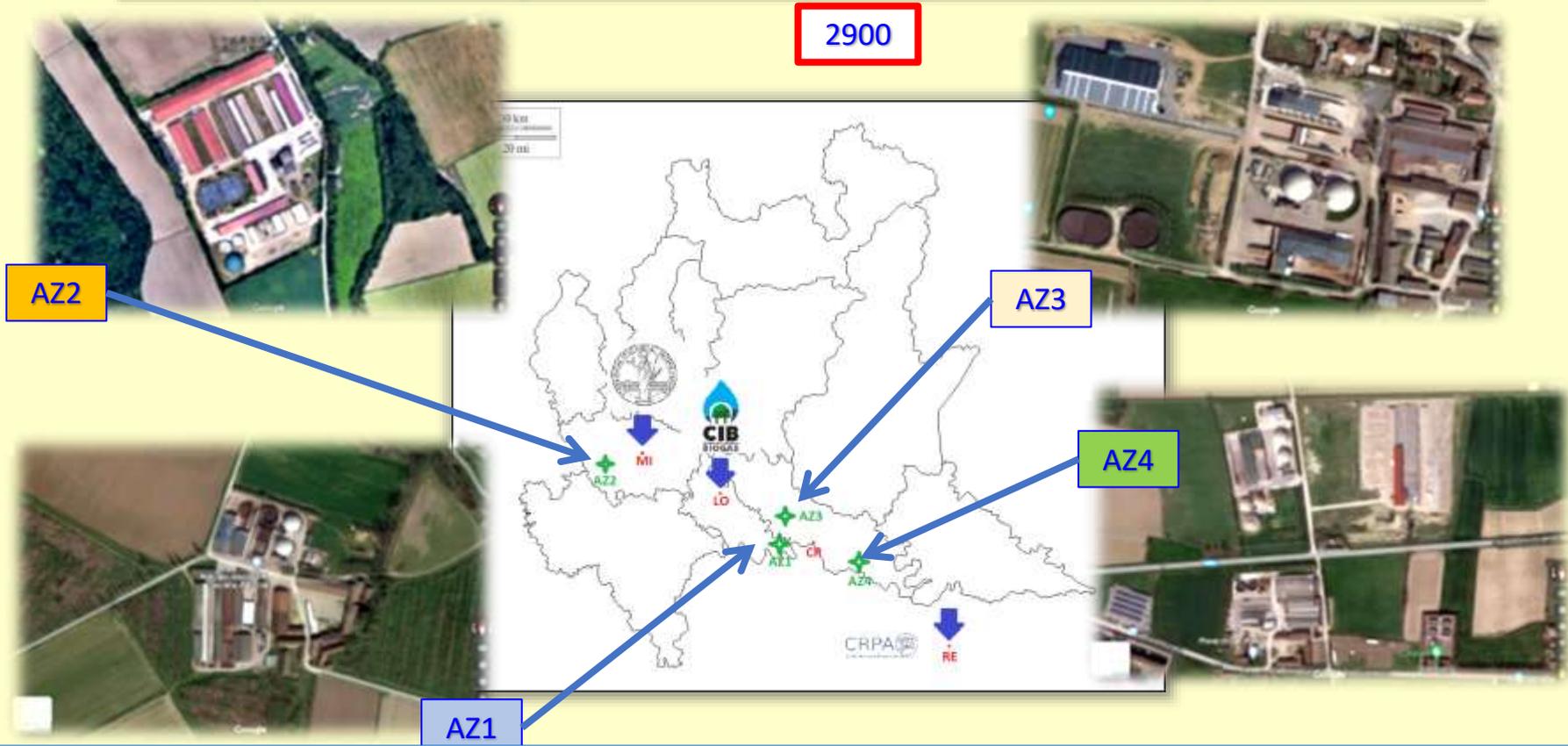


FLESSIBILITA'

**Possibili impieghi**



CODICE	AZIENDA	LOCALITA'	SAU (ha)	ALLEVAMENTO (n. capi)	IMPIANTI D.A. (n; kW)
AZ1	Agricascinazza	Meleti (LO)	350	bovini latte (500)	1 x 1000
AZ2	La Castellana	Corbetta (MI)	1200	suini (30000)	2 x 1000
AZ3	Soc. Agr. Palazzetto	Zanengo (CR)	650	bovini latte (600)	2 x 1000; 1 x 700
AZ4	Pieve Ecoenergia	Cingia de' Botti (CR)	700	bovini latte (1000)	2 x 1000



RACCOLTA

CONFERIMENTO

INSILAMENTO

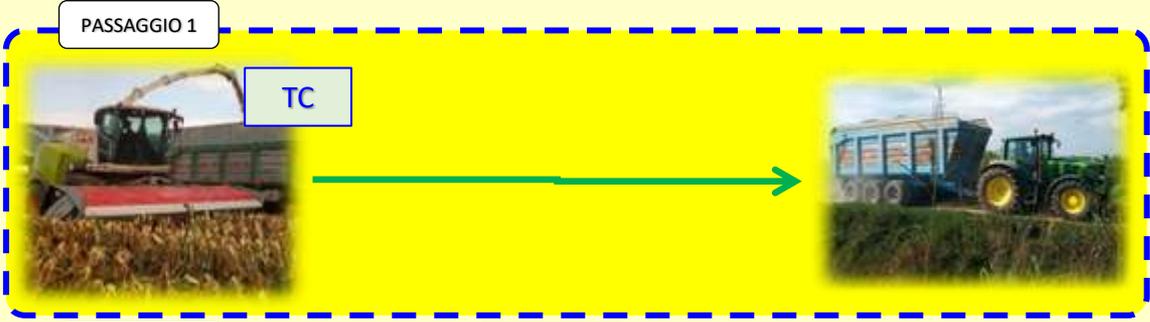


PERIODO UTILE RESIDUI PER BIOCH<sub>4</sub> → 01 SET–20 OTT → **sovrapposizione completa**



STANDARD

TC + testata «whole-crop»



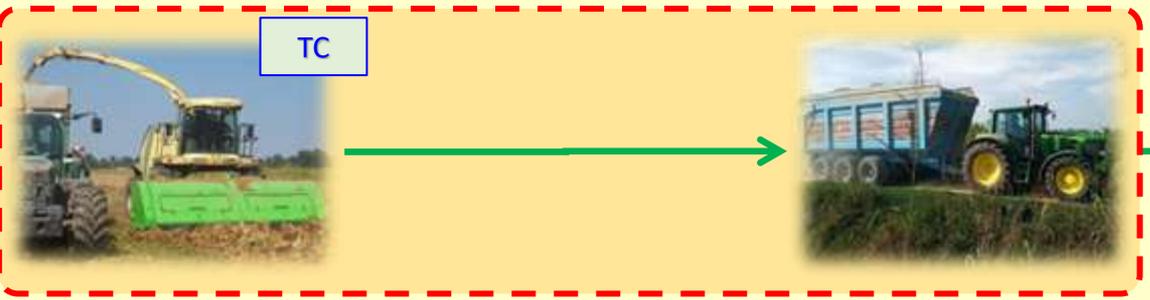
INNOVATIVO A

TR + trinciastocchi andanatore FTC + testata «pick-up»



INNOVATIVO B

TC + testata «trinciatrice»



OPERAZIONE	FASI	MACCHINE IMPIEGATE
RACCOLTA	TRINCIA-CARICO	TC munita di testata a taglio diretto "whole crop"
CONFERIMENTO	TRASPORTO-SCARICO	Dumpers con elevata capacità di carico, accoppiati a TR 4RM

STANDARD

RESIDUI



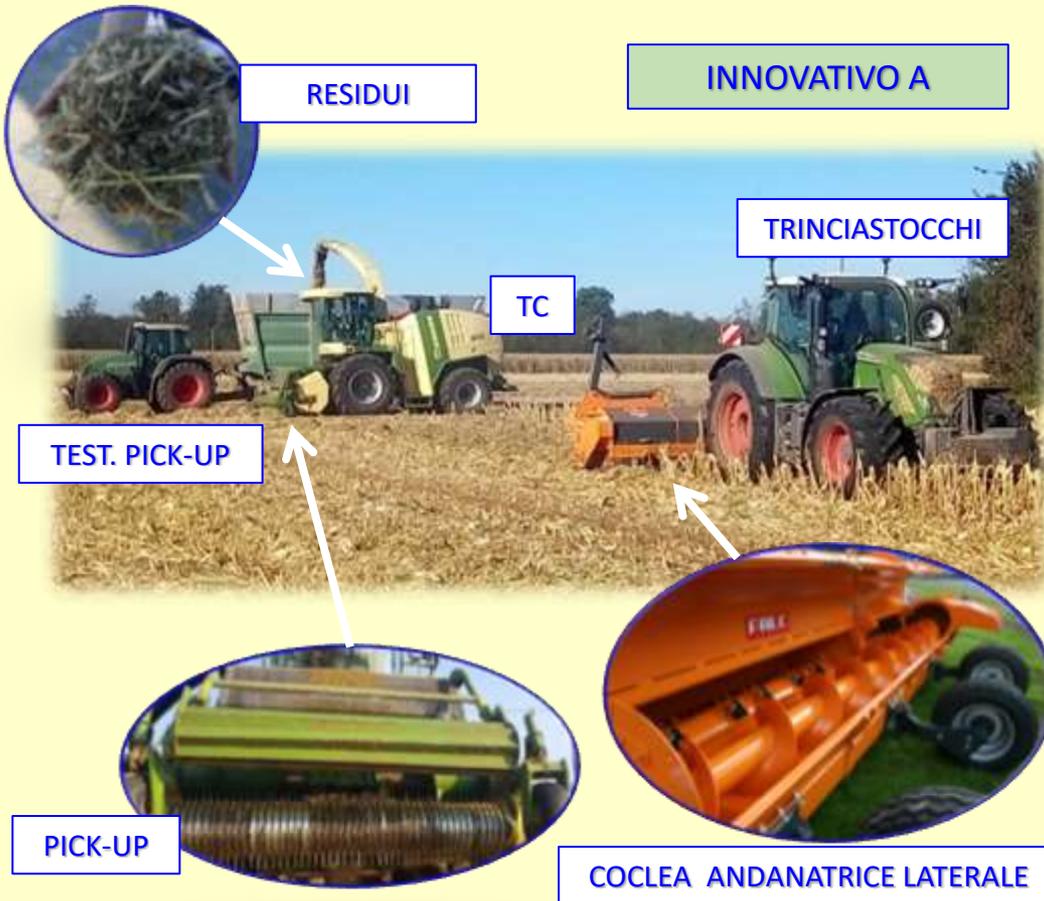
TC

TEST. TAGLIO

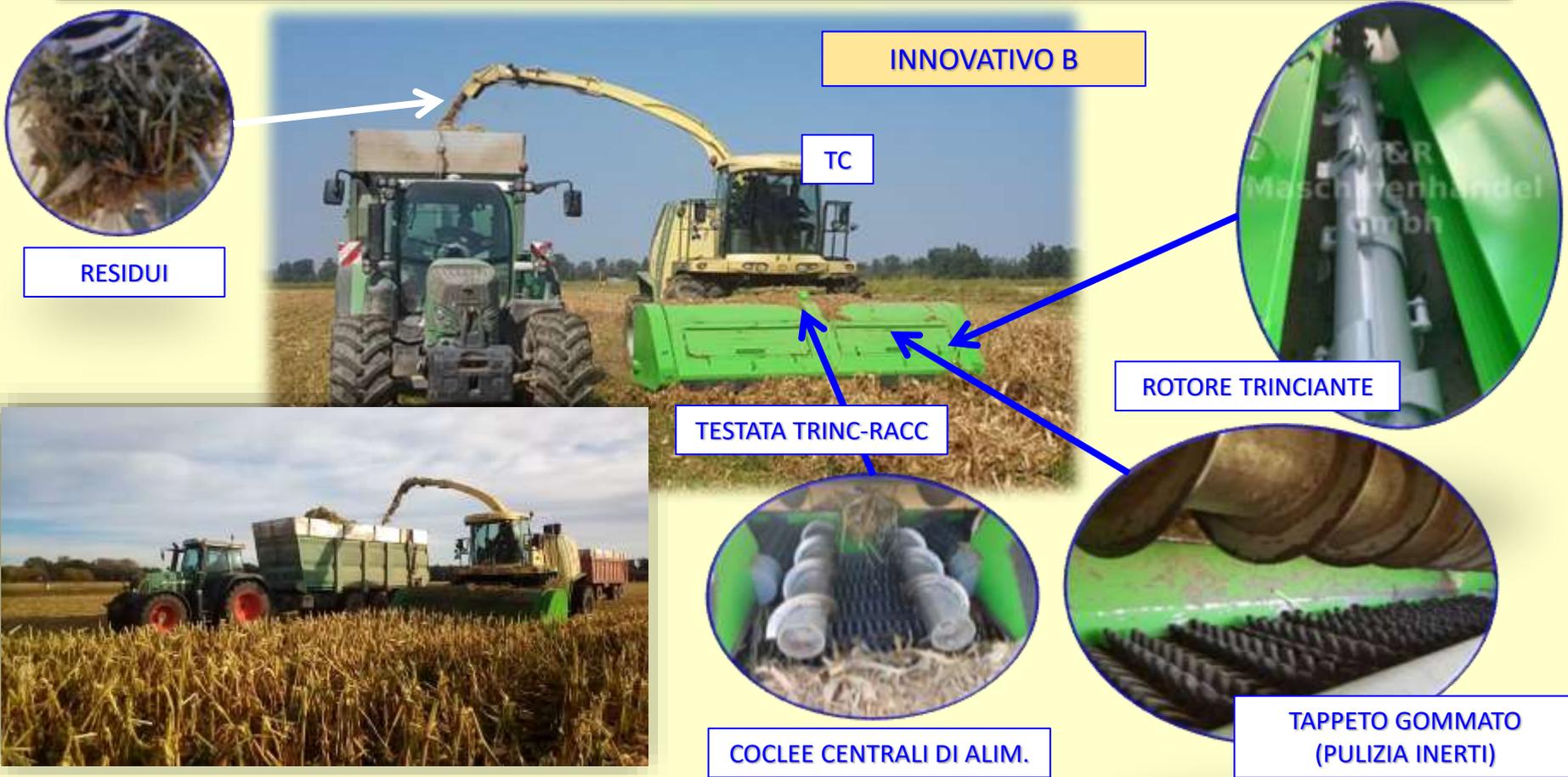


LAME ROTATIVE e COCLEA DI ALIMENTAZIONE

OPERAZIONE	FASE	MACCHINE IMPIEGATE
RACCOLTA 1P	TRINCIA-ANDANATURA	Trincia-stocchi-andanatore accoppiato a TR 4M
RACCOLTA 2P	TRINCIA-CARICO	TC munita di testata «pick-up»
CONFERIMENTO	TRASPORTO-SCARICO	Dumpers con elevata capacità di carico, accoppiati a TR 4RM



OPERAZIONE	FASE	DESCRIZIONE
RACCOLTA	TRINCIA-CARICATURA	TC munita di testata trincia-raccogliitrice
CONFERIMENTO	TRASPORTO-SCARICO	Dumpers con elevata capacità di carico, accoppiati a TR 4RM





# Raccolta degli stocchi di mais per finalità energetiche: risultati tecnico-economici di tre anni di prove sperimentali

**MATERIALI E METODI: prove sperimentali effettuate – 10**

TEST	ANNO	AZIENDA PARTNER (AZ)	CANTIERE	APPEZZAM. SPERIM. (AS)	SAU AS ha	SUP PROVA ha	TEMPO TEST h	NOTE 1
-	-	-	-	-	ha	ha	h	
1	2020	A1 Agricascinazza	Standard	Rovere	7,9	5,74	4,50	Mais 1a Semina
2	2020	A2 La Castellana	Innovativo A	135 Pertiche	8,7	1,20	1,76	Mais 1a Semina
3	2020	A2 La Castellana	Innovativo A	Cantona 4	21,5	10,01	6,37	Mais 2a Semina
4	2020	A2 La Castellana	Innovativo A	Novaresi	6,9	1,35	2,47	Mais 1a Semina
5	2020	A2 La Castellana	Innovativo B	Novaresi	6,9	1,35	4,00	Mais 1a Semina
6	2020	A2 La Castellana	Innovativo B	Cantona 4	21,5	1,82	4,63	Mais 2a Semina
7	2020	A2 La Castellana	Innovativo B	Cornarina 1	21,0	1,66	5,16	Mais 2a Semina
8	2020	A3 Palazzetto	Standard	Pivot Piccolo	14,5	3,50	3,04	Mais 1a Semina
9	2020	A4 Pieve Ecoenergia	Standard	Reboana Lungo	17,3	3,57	3,41	Mais 1a Semina
1	2021	A1 Agricascinazza	Standard	Gallarana	3,9	2,42	3,70	Mais 1a Semina
2	2021	A1 Agricascinazza	Standard	Castellina 1	5,6	2,17	2,95	Mais 1a Semina
3	2021	A2 La Castellana	Innovativo A	San Carlo	9,4	1,92	5,15	Mais 1a Semina
4	2021	A2 La Castellana	Innovativo A	Bombolone	2,7	1,61	4,33	Mais 1a Semina
5	2021	A2 La Castellana	Innovativo A	Cantona 1	27,0	1,50	4,78	Mais 2a Semina
6	2021	A2 La Castellana	Innovativo A	Cantona 1	27,0	2,35	3,77	Mais 2a Semina
7	2021	A2 La Castellana	Innovativo A	Cantona 1	27,0	4,10	6,27	Mais 2a Semina
8	2021	A3 Palazzetto	Standard	Melicaio	5,6	3,49	3,73	Mais 1a Semina
9	2021	A3 Palazzetto	Innovativo C	Pivot Grande	11,4	2,73	7,32	Mais 1a Semina
10	2021	A3 Palazzetto	Innovativo C	Pivot Grande	11,4	1,67	4,62	Mais 1a Semina
11	2021	A4 Pieve Ecoenergia	Standard	Bussetti	7,8	2,56	2,73	Mais 2a Semina
12	2021	A4 Pieve Ecoenergia	Standard	Bussetti	7,8	2,12	2,40	Mais 2a Semina
13	2021	A4 Pieve Ecoenergia	Kemper	Bussetti	7,8	0,05	0,50	Mais 2a Semina
1	2022	A1 Agricascinazza	Standard	Tombone	16,5	8,75	4,09	Mais 1a Semina
2	2022	A1 Agricascinazza	Standard	Manzoni	10,2	2,48	0,98	Mais 1a Semina
3	2022	A2 La Castellana	Innovativo B	Ghiacciaia	12,0	3,24	2,32	Mais 1a Semina
4	2022	A2 La Castellana	Innovativo B	Ghiacciaia	12,0	4,05	4,32	Mais 1a Semina
5	2022	A2 La Castellana	Innovativo B	Cornarina 1	23,6	7,51	5,51	Mais 2a Semina
6	2022	A3 Palazzetto	Innovativo A	Fornace	20,6	8,58	2,92	Mais 1a Semina
7	2022	A3 Palazzetto	Innovativo A	Fornace	20,6	8,28	2,90	Mais 1a Semina
8	2022	A4 Pieve Ecoenergia	Innovativo A	Cella	6,76	6,76	3,11	Mais 2a Semina



**TRE CAMPAGNE MAIDICOLE  
2020-2021-2022**

**30 TESTS ≈ 110 ha ≈ 115 h**

ANNO	TEST TOT	SUP TEST TOTALE ha	TEMPO TEST TOT h	SUP TEST MEDIA		TEMPO TEST MEDIA		STD		INN_A		INN_B		INN_C	
				ha/test	h/test	n.	ha	n.	ha	n.	ha	n.	ha		
2020	9	30,2	35	3,4	3,9	3	12,81	3	12,6	3	4,8	0	0,0	0	0,0
2021	13	28,7	52	2,2	4,0	6	12,81	5	11,5	0	0,0	2	4,4	2	4,4
2022	8	49,7	26	6,2	3,3	2	11,23	3	23,6	3	14,8	0	0,0	0	0,0
TOT	30	108,5	114	3,6	3,8	11	36,9	11	47,7	6	19,6	2	4,4	2	4,4



**PSR 2014 2020**  
LOMBARDIA  
L'INNOVAZIONE METTE RADICI



Raccolta degli stocchi di mais per finalità energetiche: risultati tecnico-economici di tre anni di prove sperimentali  
Fiere Zootecniche, Cremona, 2 Dic 2022



## STEP LOGICI DELLA SPERIMENTAZIONE E DELL'ELABORAZIONE DATI

### RIFERIMENTO «AZIENDE PARTNER PROGETTO»

1. RILIEVI SPERIMENTALI OPERAZIONI **RACCOLTA (RCC)** E **CONFERIMENTO (CNF)** DI DIVERSI CANTIERI
2. CALCOLO PRESTAZIONI MECCANICHE (ha/h,  $t_{ss}$ /ha) ED ECONOMICHE (€/h, €/ha, €/t<sub>SS</sub>, €/m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>) (CONTOTERZI e PARCO AZIENDALE) SINGOLE OPERAZIONI E RELATIVO CANTIERE (RCC + CNF);
3. **CANTIERI RCC** → OTTIMIZZAZIONE PRESTAZIONI (eliminaz. tempi morti, ricalcolo gasolio)

### GENERALIZZAZIONE

### RIFERIMENTO «AZIENDE MAIDICOLE PIANURA PADANA»

4. **CANTIERI RACCOLTA (RCC)** → PRESTAZIONI OTTIMIZZATE PONDERATE (su superfici testate) → RISULTATI MEDI GENERALIZZABILI
5. **CANTIERI CONFERIMENTO (CNF)** → STANDARDIZZAZIONE FLOTTA → CALCOLO PRESTAZIONI ECONOMICHE (CONTOTERZI e PARCO AZIENDALE) AL VARIARE DI: **TIPO TR E DUMPER; SCENARI CNF (distanza di stoccaggio residui, riempimento dumper, fondo stradale, velocità percorrenza)**
6. CALCOLO PRESTAZIONI **CANTIERI COMPLETI (RCC + CNF)** AL VARIARE DELLA DISTANZA

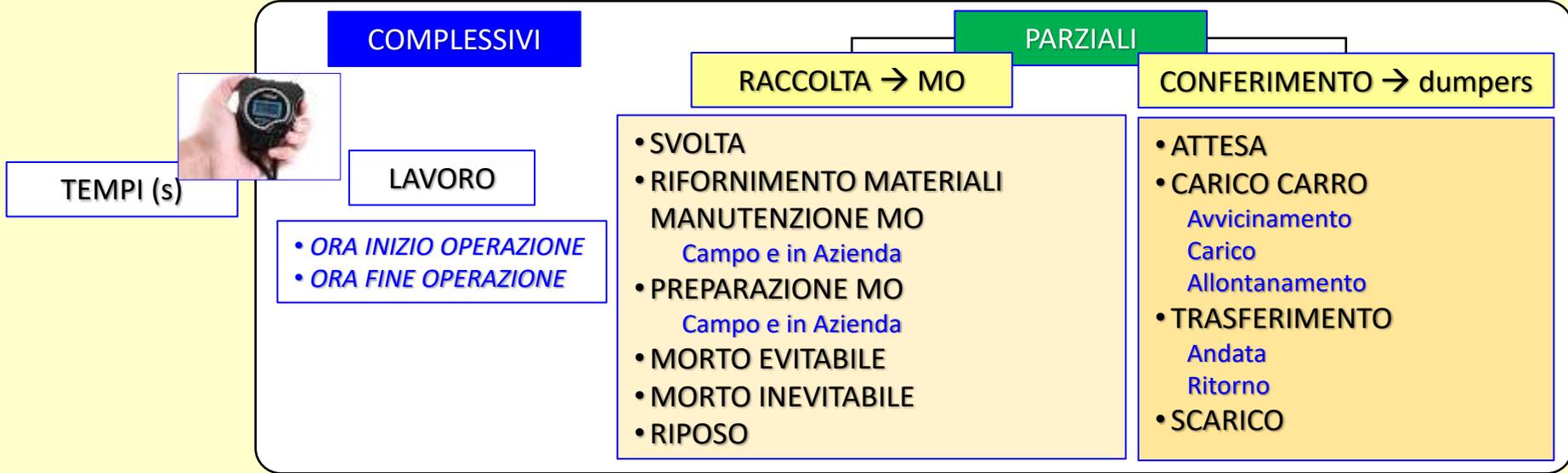
# MODELLO CALCOLO → INPUT DATA

1

FOGLIO → ARCHIVIO PARCO MACCHINE AZIENDALI (TR, MO): CARATTERISTICHE TECNICO-ECOOMICHE

2

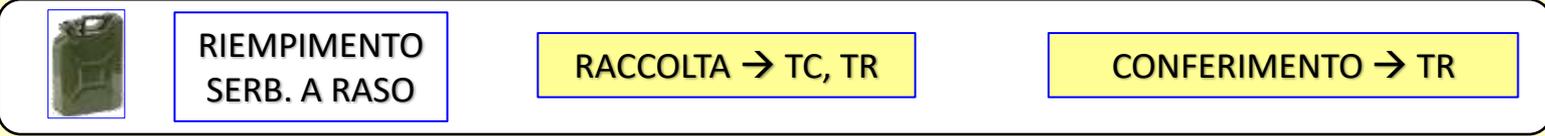
FOGLI → SCHEDE PROVA (Data, Azienda, Appezamento, Macchina): OPERATIVITA' MACCHINE



PERDITE RESID (t/ha SS)



CONSUMI FUEL (dm<sup>3</sup>)



Progetto			mf (2021)	Sistema di raccolta e valorizzazione diversificata dei residui di mais (MAIS_100%) - CUP: E18H19000640007 U-						
<b>DATI GENERALI: AZIENDA E APPREZZAMENTO SPERIMENTALE</b>			<b>DATI</b>		<b>DATA RILIEVI</b> 30 agosto 2021					
<b>AZIENDA</b>			<b>Agricascinazza</b>							
Ubicazione (Comune & PR)	A	-	Meleti	LO						
SAU	SAU	ha	350							
<b>APPEZZ. SPERIM. &amp; SUPERFICIE</b>			<b>f1 GALLARANA</b>							
	f	ha	3.9							
DIST. CONF. (strada az. & asfalto)	d1 e d2	m	355	100						
BREADER & CLASSE FAO; INTERFILA	-; b;	-; m	Dekalb 70-84, 700	0.70						
<b>DATI GENERALI: OPERAZIONE RACCOLTA GRANELLA</b>			<b>DATI</b>							
SMV USATA (largh. pneum. & file)	b <sub>pm</sub> ; n <sub>f</sub>	m; -	0.90	8						
CALPESTAMENTO FILE MAIS	b <sub>pm</sub> ; k <sub>pm</sub>	m; %	1.8	25.0%						
<b>[RACCOLTA_1]: INFORMAZIONI SULL'OPERAZIONE</b>			<b>DATI</b>							
TIPO OPERAZIONE SVOLTA	-	-	Trinciatura-Raccolta							
ESGUITA CON MEZZI	-	-	Contoterzista							
MACCHINA OPERATRICE	MO	-	DOMAJ, MultiPowerDisc							
LARGH. LAVORO & N. FILE	b; n;	m; -	6.1	0						
SEMOVENTE	SMV	-	CLAAS, Jaguar 980-494							
POTENZA NOM. MOTORE SMV	P <sub>nom</sub>	kw; CV	610	830						
<b>[RACCOLTA_2]: RILIEVO TEMPI COMPLESSIVI IN CAMPO</b>			<b>F3: LAVORO</b>							
SUPERFICIE SPERIMENTALE	A	ha	2.42							
INIZIO 1	t <sub>i</sub>	hh:mm:ss	09:26:00							
FINE 1	t <sub>f</sub>	hh:mm:ss	10:25:00							
TEMPO COMPLESSIVO 1	Δt1	s	3540							
<b>[RACCOLTA_3]: CONSUMO CARBURANTE TR/SMV</b>			<b>F3: LAVORO</b>							
SEMOVENTE: CARICO MEDIO MOTORE	λ <sub>SMV</sub>	%	10.0%							
POT. MEDIA SVILUPPATA	P <sub>msmv</sub>	kw	61.0							
SEMOVENTE: RABBOCCO SERB.	V <sub>ssmv</sub>	dm <sup>3</sup>	147.0							
<b>[RACCOLTA_4]: RILIEVO TEMPI PARZIALI E SINTESI</b>			<b>TOTALE</b>							
A1.1: PREPARAZIONE MO IN AZIENDA	t <sub>PR_P</sub>	S	0		Rilievo 1	Rilievo 2	Rilievo 6	Rilievo 7	Rilievo 8	Rilievo 9
A1.2: PREPARAZIONE MO IN CAMPO	t <sub>PR_P</sub>	S	0							
(P: sul passaggio; T: in testata)	t <sub>PR_T</sub>	S	0							
A2: SVOLTA (solo T: in testata)	t <sub>SV_T</sub>	S	1560			24	70	32	35	80
A3: RIFORMIMENTO MATERIALI	t <sub>RM_P</sub>	S	0							
(P: sul passaggio; T: in testata)	t <sub>RM_T</sub>	S	0							
A4: MANUTENZIONE MO	t <sub>MN_P</sub>	S	324		324					
(P: sul passaggio; T: in testata)	t <sub>MN_T</sub>	S	0							
A5: ALTRO MO	t <sub>AA_P</sub>	S	0							
(P: sul passaggio; T: in testata)	t <sub>AA_T</sub>	S	0							
A6: CAMPO ALTRO	t <sub>CA_P</sub>	S	0							
(P: sul passaggio; T: in testata)	t <sub>CA_T</sub>	S	0							
A7: MORTO EVITABILE	t <sub>ME_P</sub>	S	360		360					
(P: sul passaggio; T: in testata)	t <sub>ME_T</sub>	S	143		60	48				
A8: MORTO INEVITABILE	t <sub>MI_P</sub>	S	40		40					
(P: sul passaggio; T: in testata)	t <sub>MI_T</sub>	S	100							
A9: RIPOSO OPERATORE	t <sub>RP_P</sub>	S	0							
(P: sul passaggio; T: in testata)	t <sub>RP_T</sub>	S	0							

Individuazione appezz. (GPS)

Caratteristiche macchina

Misura superficie prova

Misura durata prova

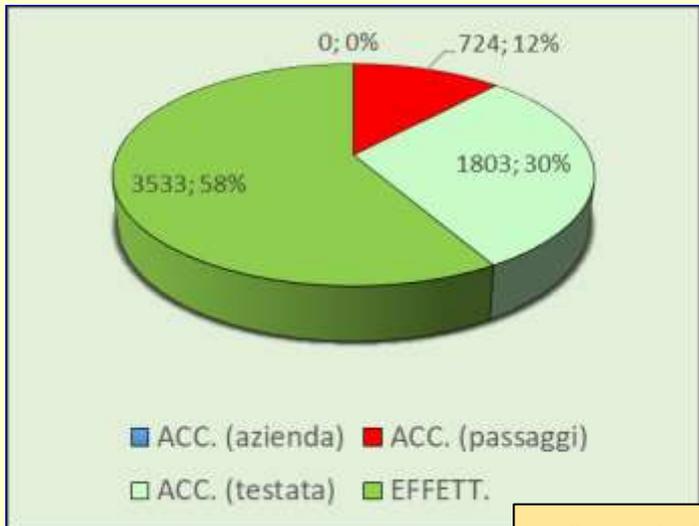
Misura consumi fuel

Misura tempi (C.I.O.S.T.A.)

**ESEMPIO: cantiere STANDARD (STD → TC + testata «whole crop»)**

Superficie test: 2,42 ha; Durata prova: 6060 s; Durata ottimizzata (esclusione tempi morti): 5093 s

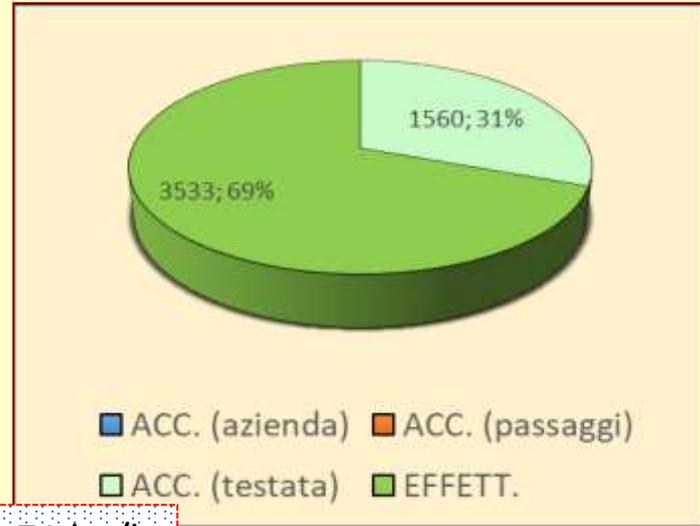
**Situazione da rilievi sperimentali**



**Raccolta (RCC)**

Esclusi tempi morti evitabili o dovuti al test; ricalcolo fuel&lubr.

**Situazione ottimizzata**



Co = 1,44 ha/h

Co++ = 1,71 ha/h

Co : +19%

PRESTAZIONI ECONOMICHE  
Costi con CONTOTERZI E PARCO AZIENDALE  
€/h - €/ha - €/t SS - €/m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>

PRESTAZIONI ECONOMICHE  
Costi con CONTOTERZI E PARCO AZIENDALE  
€/h - €/ha - €/t SS - €/m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>



PONDERAZIONE (su tutte le superfici testate)  
PREST. OTTIMIZZATE → GENERALIZZ. RISULTATI



Singolo pass.  
**STANDARD**

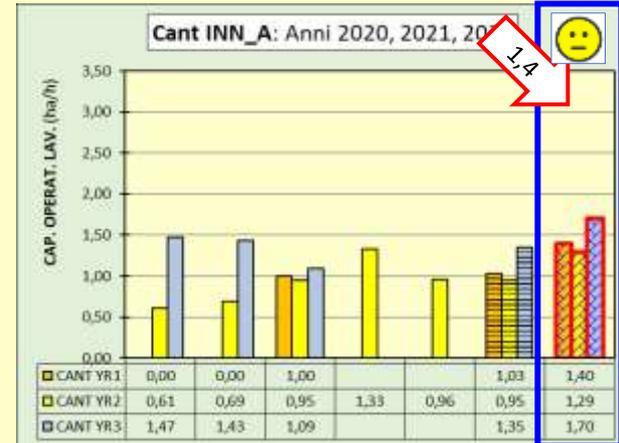
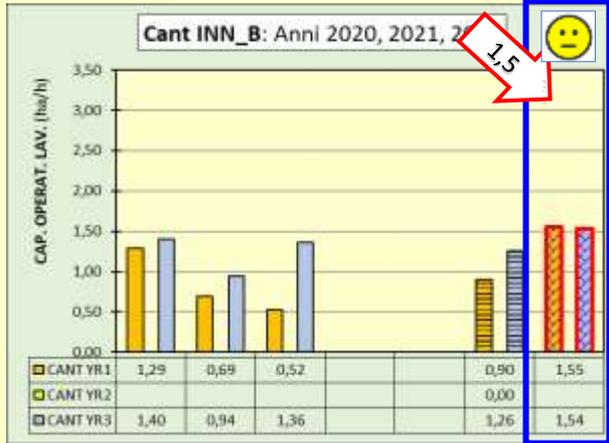
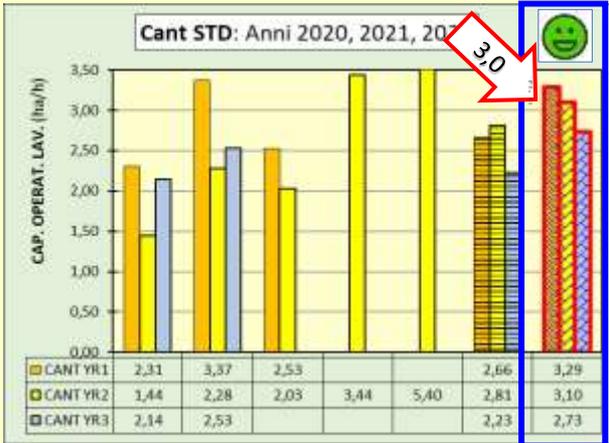


Singolo pass.  
**INN. B**

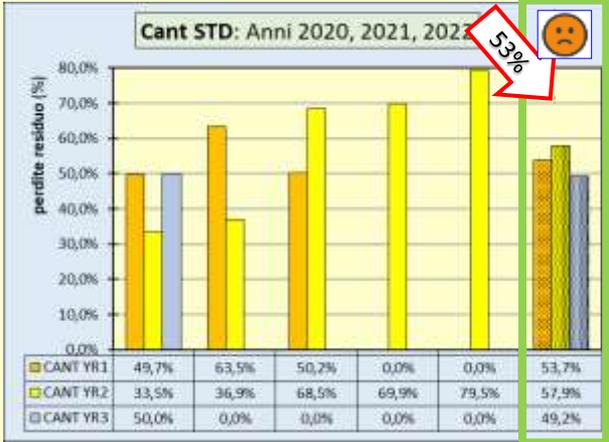


Doppio pass.  
**INN. A**

**PRESTAZIONI MECCANICHE → CAPACITA' OPERATIVA DI. LAVORO (ha/h)**



**PRESTAZIONI MECCANICHE → RESIDUO NON RACCOLTO → PERSO (%)**



... TIRANDO LE SOMME SU PRESTAZIONI MECCANICHE



STANDARD



INN. B



INN. A



Capacità operativa lavoro ottimizzata  
Perdite residuo

Capacità operat ottimizzata media (2020-2022)  
Cantiere più performante → STANDARD  
INNOVATIVO A ≅ 48% INNOVATIVO B ≅ 51%

Perdite residuo (2020-2022)  
Cantiere più performante → INNOVATIVO B  
STANDARD ≅ 214% INNOVATIVO A ≅ 217%

meglio (i.e. costa meno) un cantiere con elevate Co e perdite di residuo  
OPPURE  
un cantiere con ridotte Co e perdite di residuo ?

... e Il conferimento quanto incide?  
e, ancora  
-- come tener conto delle le caratteristiche qualitative del residuo raccolto?

## RACCOLTA: PRESTAZIONI ECONOMICHE

COSTO DI RACCOLTA (RCC) → indipendente dalla distanza (d) di conferimento (CNF)

- il modello calcola i costi con riferimento a macchine sia del Parco Aziendale (costi Fissi e Variabili, prezzi **anno 2021**) sia di Contoterzista (tariffe locali, **anno 2021**);
- il modello calcola rispetto a: (i) durata del lavoro (€/h); superficie lavorata (€/ha); massa secca residuo conferito in trincea (€/t SS); **volume metano** conferito in trincea (€/m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>) (**uso energetico**)



NEL CASO DI VALORIZZAZIONE ENERGETICA DEL RESIDUO

COSTO RACCOLTA vs. QUANTITA'/QUALITA' RESIDUO

Costo riferito al volume di metano all'insilamento è rappresentativo → infatti tiene conto anche delle caratteristiche energetiche del residuo conferito (BMP; m<sup>3</sup><sub>CH<sub>4</sub></sub>/t SV), misurate analisi di lab.



**PRESTAZIONI ECONOMICHE → COSTO PER NORMAL METRO CUBO DI METANO (€/m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>)**

Singolo passaggio



**STANDARD**

Singolo passaggio

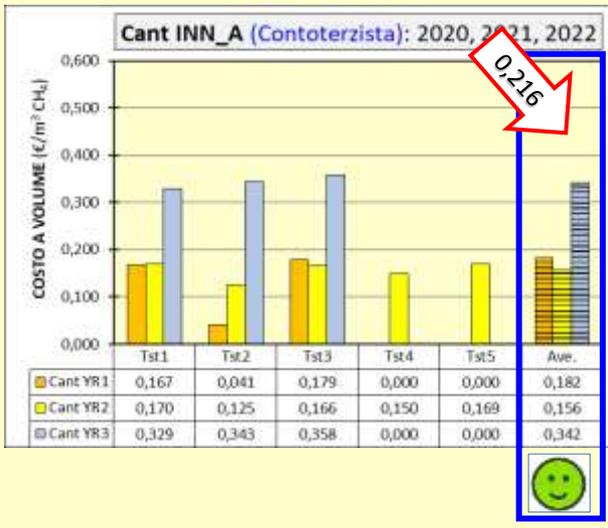
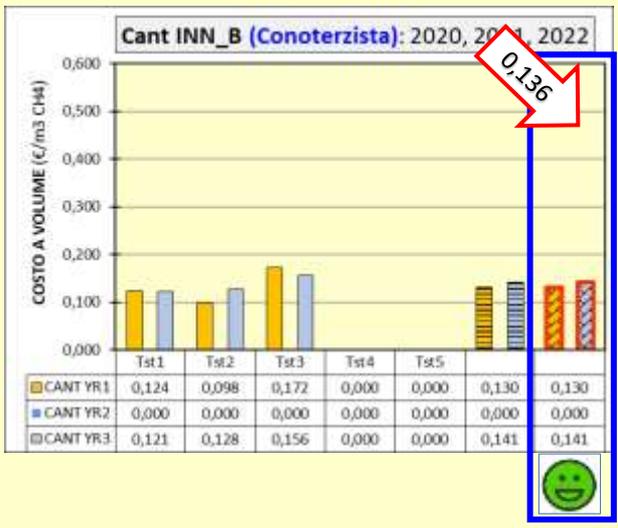
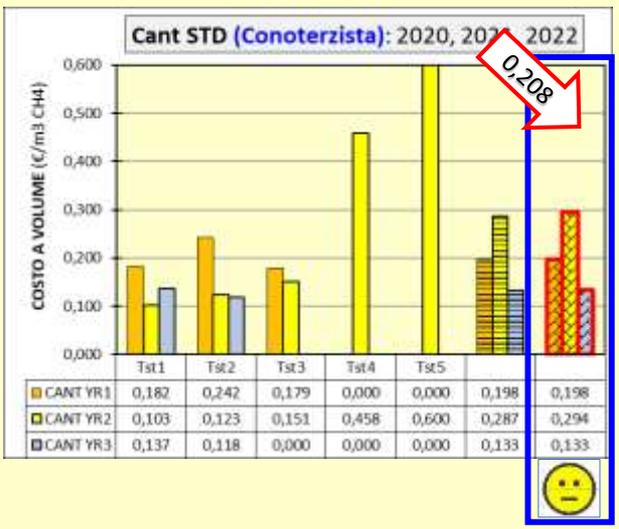


**INNOVATIVO B**

Doppio passaggio



**INNOVATIVO A**



## CONFERIMENTO: PRESTAZIONI ECONOMICHE

... ATTRAVERSO LE PRESTAZIONI E I COSTI MEDI PONDERATI OTTENUTI NEI TESTS DI CAMPO PER LA FASE DI RACCOLTA E' POSSIBILE **GENERALIZZARE** I RISULTATI DEI TRE CANTIERI



... MA COME CALCOLARE LE PRESTAZIONI E I COSTI MEDI DELLA FASE DI CONFERIMENTO QUANDO CAMBIA:

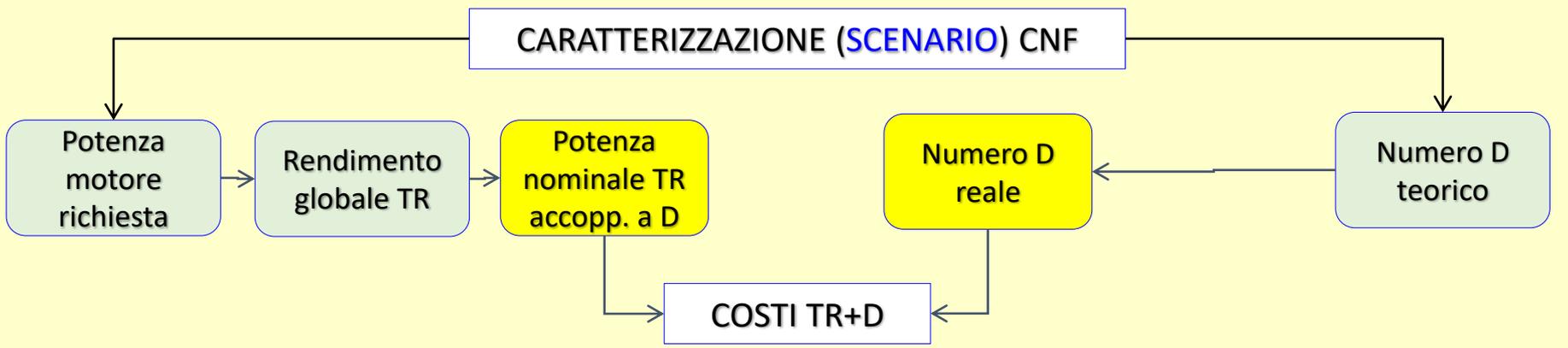
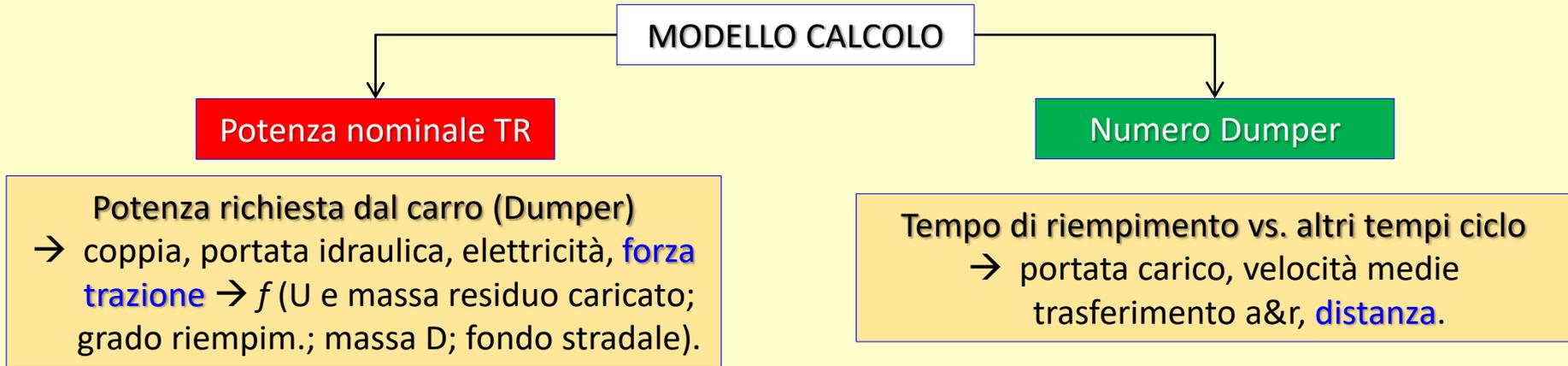
- organizzazione del cantiere (numero e tipo TR e D; parco aziendale/contoterzista);
- distanza appezzamento-trincea di insilamento → incidenza diversa su costo totale;
- tipologia strade (strada sterrata, asfaltata, ecc.);



DEFINIRE MODULO STANDARD (TR + D)  
SELEZIONARE PARAMETRI OPERATIVI

SIMULARE COSTI





**CONFERIMENTO: Potenza nominale TR**

**Definizione carro (Dumper) [esempio]**

3 assi, timone fisso, cassone ribalt. 35 m<sup>3</sup>,  
 9400 kg, grado riempimento 100%  
 Massa TQ residuo trasportato = media pesate



**Definizione scenario tragitto [esempio]**

(tipo fondo stradale e relativa lunghezza, velocità medie, resistenza avanzamento)

Stato DUMPER	Vel. media (km/h)	Coef. resist. avanz.	d				Tipologia Fondo
			2,0 km (%)	5,0 km (%)	10,0 km (%)	20,0 km (%)	
PIENO (k <sub>r</sub> 100%)	v <sub>a</sub> = 5,0	0,07	7,0	3,0	1,5	0,8	STOPPIE S. STERRATA S. ASFALTATA
	v <sub>a</sub> = 8,0	0,05	85,0	30,0	10,0	5,0	
	v <sub>a</sub> = 30,0	0,03	7,5	67,0	88,5	94,3	
VUOTO	v <sub>a</sub> = 6,5	0,07	7,0	3,0	1,5	0,8	STOPPIE S. STERRATA S. ASFALTATA
	v <sub>a</sub> = 12,0	0,05	85,0	30,0	10,0	5,0	
	v <sub>a</sub> = 35,0	0,03	7,5	67,0	88,5	94,3	

**DUMPER E SCENARIO DETERMINANO**  
 → TR 4RM DA UTILIZZARE NEL CNF DI OGNI CANTIERE di RCC

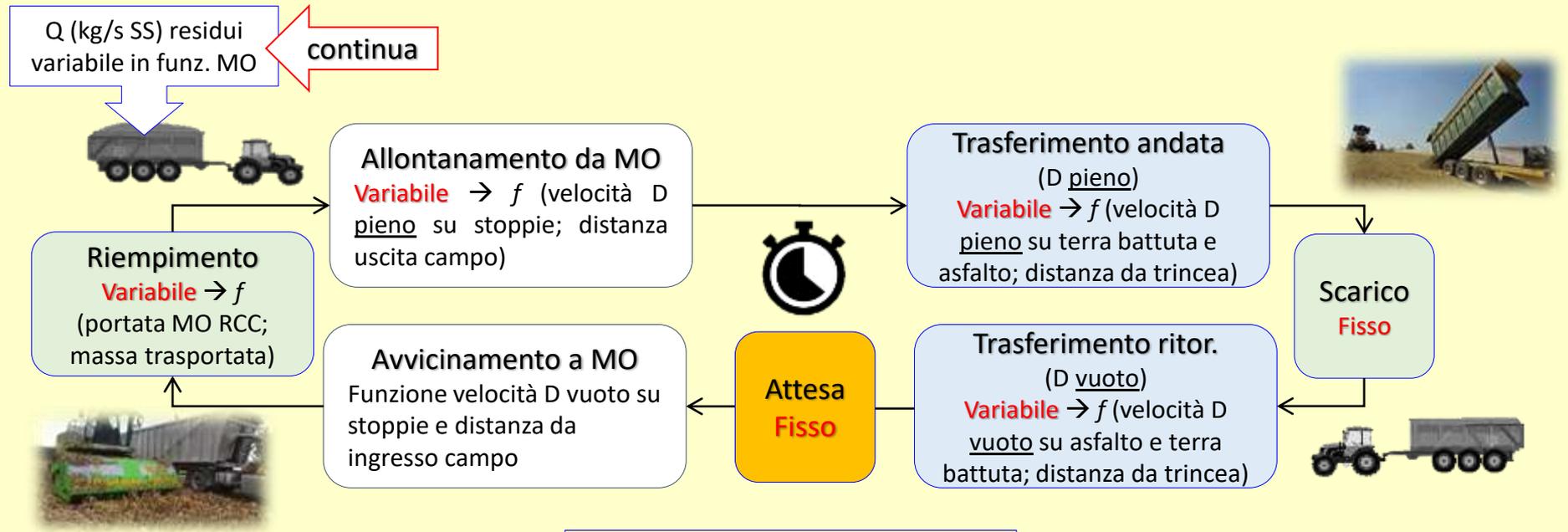
**STANDARD**  
 Pm<sub>max</sub> = 120 kW

**INNOVATIVO A**  
 Pm<sub>max</sub> = 110 kW

**INNOVATIVO B**  
 Pm<sub>max</sub> = 100 kW

**CNF: numero teorico Dumper**

- dipende dalla durata complessiva ciclo di CNF, nel presupposto teorico che la MO di RCC non deve subire fermate in attesa del D vuoto,



**CNF: numero reale Dumper**

- numero teorico arrotondato all'intero per eccesso o per difetto sulla base dei costi orari (€/h, contoterzista o parco aziendale) della MO di RCC e del modulo TR+D;
- costo economico del tempo di attesa (con macchine di contoterzisti → D per eccesso)

....QUINDI, CALCOLATA LA POTENZA TRATTORI E IL NUMERO DUMPER NECESSARI PER IL CONFERIMENTO → **COSTI COMPLESSIVO (RCC + CNF) CANTIERI**

IL MODELLO UTILIZZA I RISULTATI OTTIMIZZATI RELATIVI AI CANTIERI DI RACCOLTA TESTATI (STD, INN\_A, INN\_B) E – DEFINITO UNO SCENARIO DI CONFERIMENTO – CALCOLA I **COSTI DEL RECUPERO** DEI RESIDUI, NEL CASO DI IMPIEGO SIA DI **MACCHINE AZIENDALE** (prezzi 2021), SIA DI **CONTOTERZISTI** (tariffe Associazioni Contoterzisti locali, anno 2021).

UN ESEMPIO DI MODELLIZZAZIONE DEI COSTI COMPLESSIVI:

- impiegando i dati che definiscono lo scenario di CNF precedentemente descritto;
- applicando i seguente criteri di analisi

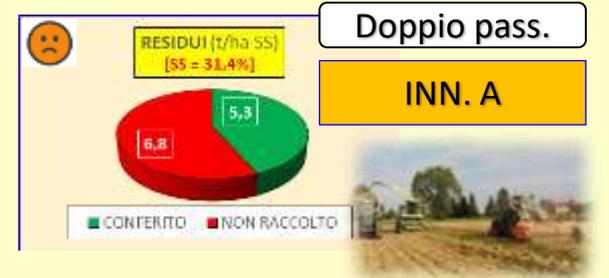
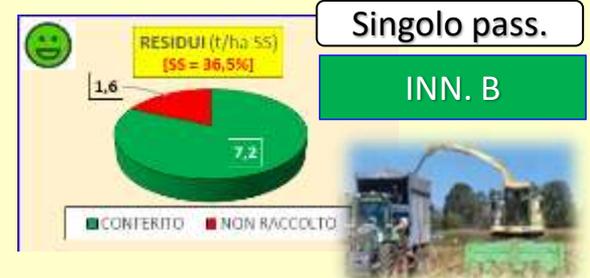
Esecuzione mediante	Sel. >> [X]
Distanze di conferimento	Definisci >> Sel. >> [X]
Anno riferim. rilievi RACCOLTA	Sel. >> [X]

CONTOTERZI			X
2,0	5,0	10,0	20,0
	X		
YR1(2020)	YR2(2021)	YR3(2022)	Media
			X



si ottiene...

**RISULTATI: Cantieri completi (RCC + CNF) → prestazioni economiche a confronto – 24**



PRESTAZIONI TECNICHE			Valore
RACCOLTA	CAP. OPERAT. LAV.	ha/h	3,04
	AFFIDABILITA' (0-1)	-	0,85
	CONTENUTO CENERI	%	5,2%
	POTERE METANIGENO	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t ST	250,5
CONFER.	PORTATA DUMPER	t SS	2790
	VIAGGI NECESSARI	1/ha	1,90
	NUMERO DUMPER	-	5

PRESTAZIONI TECNICHE			Valore
RACCOLTA	CAP. OPERAT. LAV.	ha/h	1,55
	AFFIDABILITA' (0-1)	-	0,35
	CONTENUTO CENERI	%	4,3%
	POTERE METANIGENO	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t ST	245,8
CONFER.	PORTATA DUMPER	t SS	2596
	VIAGGI NECESSARI	1/ha	2,75
	NUMERO DUMPER	-	6

PRESTAZIONI TECNICHE			Valore
RACCOLTA	CAP. OPERAT. LAV.	ha/h	1,46
	AFFIDABILITA' (0-1)	-	0,85
	CONTENUTO CENERI	%	10,0%
	POTERE METANIGENO	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t ST	243,0
CONFER.	PORTATA DUMPER	t SS	2782
	VIAGGI NECESSARI	1/ha	1,89
	NUMERO DUMPER	-	6

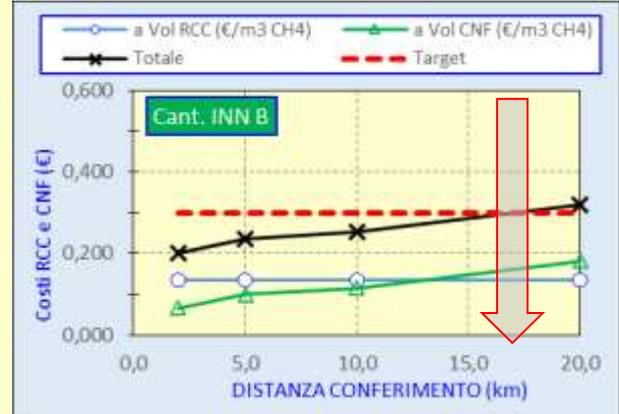
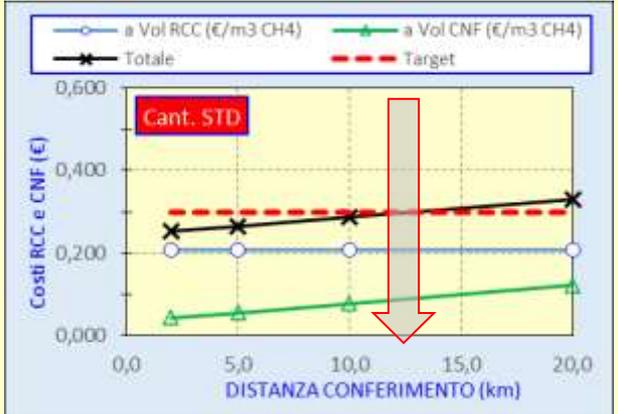
**ANALISI → TARGET = 0,300 €/m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> DISTANZA = 5,0 km**

PRESTAZIONI ECON. (d sel.)	CONTOTERZI	
a Vol RCC (€/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> )	0,208	79%
a Vol CNF (€/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> )	0,056	21%
<b>Totale</b>	<b>0,264</b>	
<b>Costo vs. Target</b>	<b>88%</b>	

PRESTAZIONI ECON. (d sel.)	CONTOTERZI	
a Vol RCC (€/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> )	0,136	58%
a Vol CNF (€/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> )	0,099	42%
<b>Totale</b>	<b>0,235</b>	
<b>Costo vs. Target</b>	<b>78%</b>	

PRESTAZIONI ECON. (d sel.)	CONTOTERZI	
a Vol RCC (€/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> )	0,216	60%
a Vol CNF (€/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> )	0,144	40%
<b>Totale</b>	<b>0,360</b>	
<b>Costo vs. Target</b>	<b>120%</b>	

**ANALISI → DISTANZA VARIABILE = 5,0 - 10,0 - 15,0 - 20,0 km**



Criterion economico → «minor costo di recupero» OK!!! **MA...**  
forse c'è altro da considerare per una comparazione più corretta. A esempio:

- AFFIDABILITA' IN CAMPO DELLE MACCHINE, IN CONSIDERAZIONE DEL RIDOTTO PERIODO UTILE?
- CONTENUTO CENERI NEL RESIDUO INSILATO? → (soprattutto per uso in **impianti biometano**)

TENTATIVO DI **INTEGRARE CRITERI**  
DEFINENDO  
INDICE PRESTAZIONI COMPLESSIVO  
(criteri con identico «peso»)

PERDITE RESIDUO  
CONTENUTO CENERI  
TEMPO OPERATIVO  
INAFFIDABILITA'  
COSTO MASSA SS  
COSTO CH<sub>4</sub>

TUTTI ASPETTI NEGATIVI  
TANTO MINORI SONO PIU'  
PERFORMANTE E' IL SISTEMA

CONTOTERZI d (km) = 5,0 IPC = 0,395

CONTOTERZI d (km) = 5,0 IPC = 0,594

CONTOTERZI d (km) = 5,0 IPC = 0,867



Singolo passaggio



Singolo passaggio



Doppio passaggio



- RECUPERO RESIDUI MAIS GRANELLA E' **POSSIBILE ANCHE CON L'IMPIEGO DI MACCHINE NON SPECIFICHE**. ALCUNI **ACCORGIMENTI** OPERATIVI MIGLIORANO LE PRESTAZIONI
- CANTIERI DI RACCOLTA (A SINGOLO O DOPPIO PASSAGGIO), IMPLICANO L'IMPIEGO DI UNA **SEMOVENTE** CHE OPERA CONTEMPORANEAMENTE ALLA RACCOLTA DELLA GRANELLA → MECCANIZZAZIONE RIVOLTA PREVALENTEMENTE AI **CONTOTERZISTI** (o AZIENDE > 1000-1200 ha)
- COSTI DI RECUPERO DIPENDONO - CON INCIDENZE ANCHE ELEVATE (20-40% A 5 KM) - DAI **COSTI DI CONFERIMENTO** → VALUTARE **STOCCAGGI INTERMEDI** E RAZIONALIZZAZIONE **ORGANIZZAZIONE MOBILITA' AZIENDALE**
- INDIVIDUAZIONE DELLA SOLUZIONE MIGLIORE IN ASSOLUTO E' **COMPLESSA** E DEVE CONSIDERARE CRITERI SIA **QUANTITATIVI** (PRESTAZIONI MECCANICHE ED ECONOMICHE), SIA **QUALITATIVI**
- **IN BASE A VALORI MEDI RILEVATI IN TRE CAMPAGNE MAIDICOLE IN PIANURA PADANA - SIMULANDO UN CONFERIMENTO A 5 KM - LE SOLUZIONI A 1 PASSAGGIO PRESENTANO I MIGLIORI «INDICI COMPLESSIVI DI PRESTAZIONI»**
- PROSPETTIVA: REALIZZARE UNA **NUOVA MACCHINA SPECIFICA** (1 PASSAGGIO; 4,5-5,0 m; 8-10 km/h; PERDITE < 8%; CENERI < 5%; SOLUZIONI MECCANICHE SEMPLICI E AFFIDABILI)
- CARATTERISTICHE ENERGETICHE DEI RESIDUI SONO MOLTO **INTERESSANTI** (≅ INSILATO DI TRITICALE)
- VALORIZZAZIONE DEI RESIDUI **AUMENTA LA MARGINALITA'** SUL PRODOTTO PRINCIPALE (PASTONE) A BENEFICIO DI TUTTA LA «FILIERA MAIS GRANELLA»



**Marco Fiala, Mattia Ferrari - Università degli Studi Milano «La Statale»**  
*Dip. Scienze Agrarie e Ambientali. Produzione Territorio, Agroenergia (DiSAA)*  
via G. Celoria 2, 20133 Milano (Italy) [marco.fiala@unimi.it](mailto:marco.fiala@unimi.it)

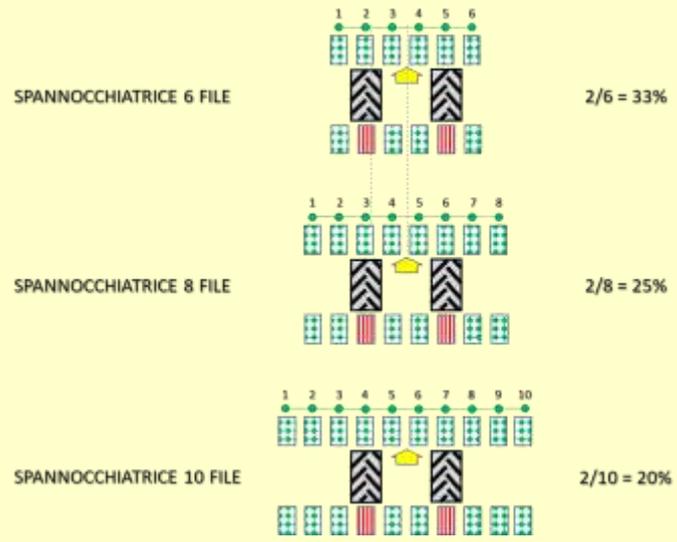


**PSR**  
2014 2020  
LOMBARDIA  
L'INNOVAZIONE  
METTERADICI





**MASSIMIZZARE ALTEZZA DI TAFLIO DELLA TESTATA SPANNOCCHIATRICE**



**AUMENTARE LARGHEZZA DI LAVORO TESTATA SPANNOCCHIATRICE = RIDUZIONE DEL CALPESTAMENTO FILE NELLA RACCOLTA DEL PASTONE**

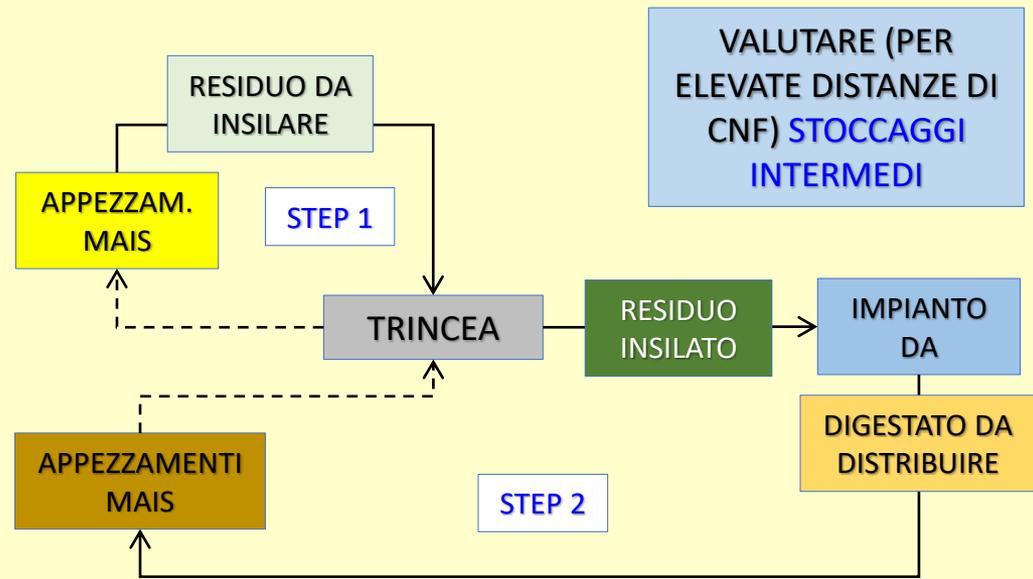


ALTEZZA DA TERRA,  
CORRETTO  
ALINEAMENTO CON  
IL TRATTORE, SCELTA  
COLTELLI



ANDANE DOPPIE E  
ALTEZZA DA TERRA,  
PICK-UP

VELOCITA' AVANZAMENTO PER EVITARE INGOLFAMENTI E ROTTURE



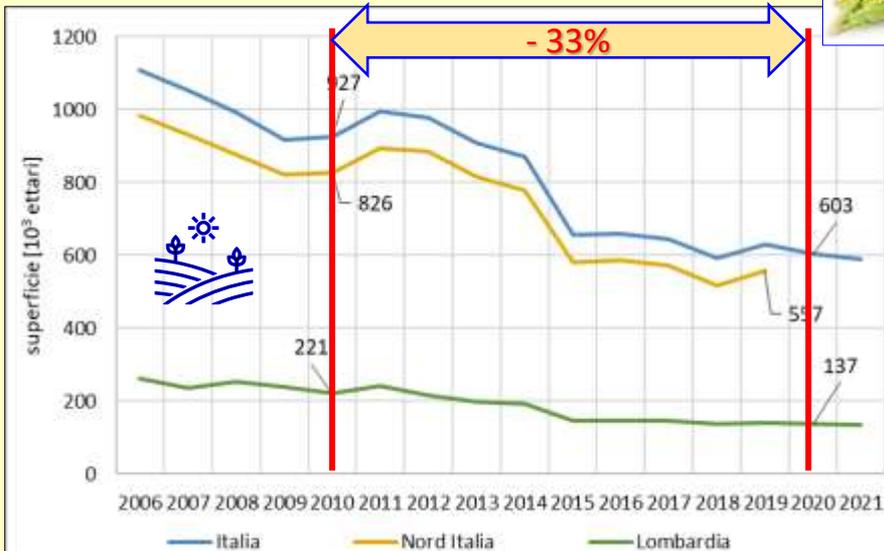
DUMPER PER TRASPORTO PASTONE E RESIDUI SU PERCORSI DEFINITI e «PULITI»



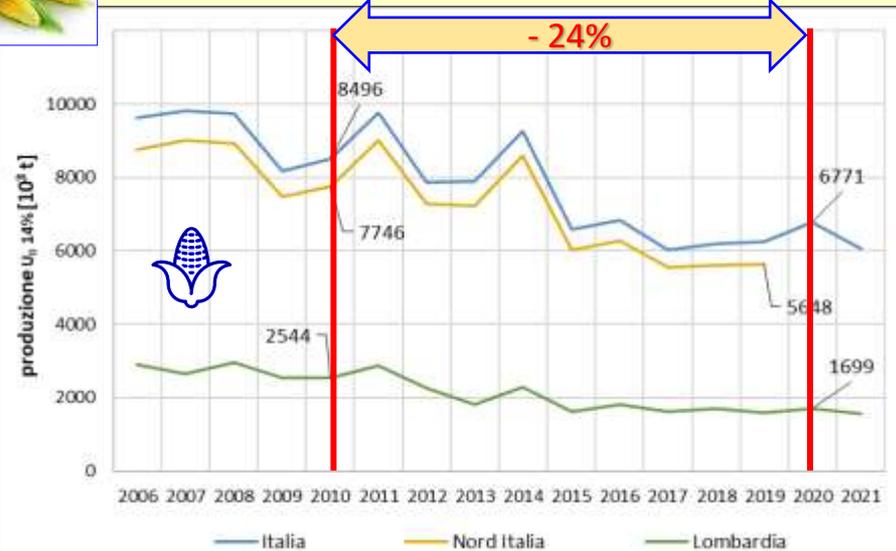
TERRENI POCO SARCHIATI = MENO PERDITE RESIDUI



### Superficie coltivata



### Produzione (U<sub>G</sub>=14%)



RESA (2010)  
9,6 t/ha

RESA (2020)  
11,2 t/ha

- Semina:** I<sup>a</sup> semina → II<sup>a</sup> metà Mar – I<sup>a</sup> metà Apr  
II<sup>a</sup> semina → II<sup>a</sup> metà Apr – I<sup>a</sup> metà Giu
- Raccolta:** I<sup>a</sup> semina → II<sup>a</sup> metà Ago – II<sup>a</sup> metà Set  
II<sup>a</sup> semina → II<sup>a</sup> metà Ott – I<sup>a</sup> metà Nov
- Ibridi:** ciclo tardivo (FAO 700)  
ciclo medio-precoce (FAO 600 – FAO 400)  
ciclo precoce (FAO 200)
- Investimento:** 7,5÷9,0 piante/m<sup>2</sup>



GRANELLA VITREA



PASTONE DI SOLA  
GRANELLA



PASTONE  
INTEGRALE (tutolo)

