



CONVEGNO

«Digestato agricolo, un fertilizzante organico da conoscere»

Verona - 1 Febbraio 2024, ore 11.00-12.30
Forum Agroenergie&Suinicoltura, Padiglione 12

I COSTI DI DISTRIBUZIONE CON I CANTIERI A BASSA EMISSIVITÀ E ALTA EFFICIENZA

Marco Fiala

Università degli Studi di Milano «La Statale»

Dipartimento Scienze Agrarie e Ambientali. Produzione, Territorio, Agroenergia (DiSAA)



++39 02 503 16868



marco.fiala@unimi.it



- a) Cantieri di meccanizzazione «**innovativi**» per il moderno impiego agronomico del digestato. Cantieri di lavoro → alta **efficienza** (prestazioni meccaniche ed economiche, efficacia agronomica, pieno valorizzazione della risorsa) e **ridotti impatti ambientali**
- b) Modello aperto (implementabile) → **8 cantieri** studiando separatamente le fasi di: (i) TRASPORTO, (ii) DISTRIBUZIONE
- c) Cantiere di trasporto → garantire un **flusso costante di digestato** (t/h), pari alla produttività massima della macchina di distribuzione
- d) Sequenziamento delle due fasi in più **operazioni**:

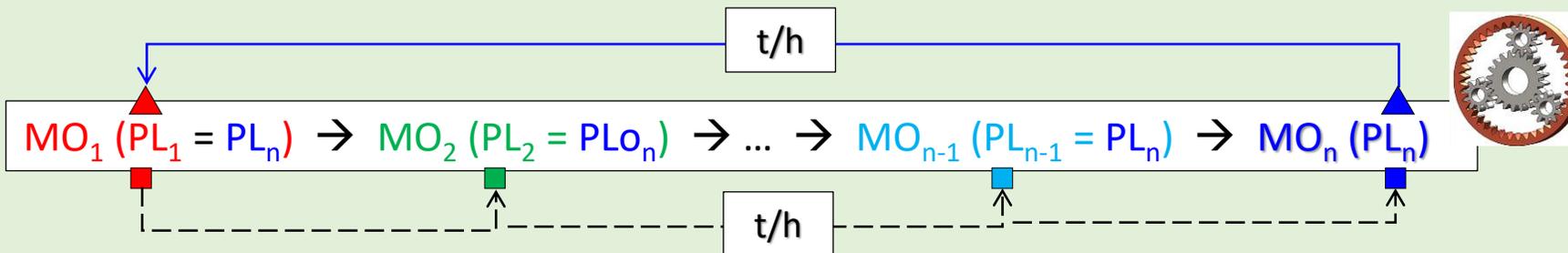
TRASPORTO

- 1. **Riempimento 1** (→ riempimento serbatoio + accessori)
- 2. **Trasferimento** (→ andata + ritorno + accessori)
- 3. **Riempimento 2** (→ riempimento serbatoio + accessori)

DISTRIBUZIONE

- 1. **Entrata-Uscita dal campo** (d prefissata)
- 2. **Spandimento** (→ erogazione + svolte + accessori)

- e) Tragitto di trasporto suddiviso in **4 tipologie stradali diverse** (stoppie, sterrato, asfalto, altro)
- f) Per ciascuna tipologia stradale, **2 velocità di trasferimento** (a vuoto, a pieno carico) e di distribuzione (uscita, entrata in campo)



CALCOLARE PRESTAZIONI

- 1. **meccaniche** delle singole macchine e del cantiere nel suo complesso
- 2. **economiche** (costi operativi) → contoterzisti (tariffe APIMA CR e LD)



t/h; m³/h
ha/h; ha/giorno



€/t; €/m³; €/kg N

**AL VARIARE DELLA
DISTANZA DI TRASPORTO**
(d; km)

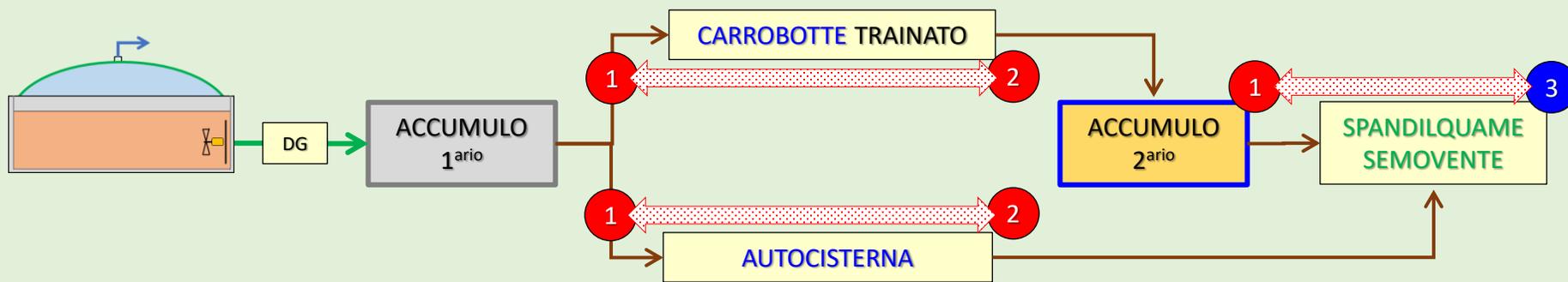
	CANTIERE	TRASPORTO		DISTRIBUZIONE	
		CARICO E TRASPORTO	ACCUMULO 2 ^{ario} (Campo)	MACCHINA OPERATRICE	LAVORAZIONE ESEGUIBILE
A1	<u>Spandiliquame</u>	TR + <u>Spandiliquame</u> (22 m ³) + disp. minima lavoraz.			Minima lavoraz.
B1	<u>Carrobotte</u> + Balia + <u>Spandiliquame</u>	TR + <u>Carrobotte</u> (22 m ³)	Carro Balia (70 m ³)	TR + <u>Spandiliquame</u> (15 m ³)	<u>Minima Lavoraz.</u> Strip-till
B2	<u>Autocisterna</u> + Balia + <u>Spandiliquame</u>	<u>Autocisterna</u> (31 m ³)			
C1	<u>Carrobotte</u> + Balia + <u>Spandiliquame semov.</u>	TR + <u>Carrobotte</u> (22 m ³)		<u>Spandiliquame</u> semovente (16 m ³)	<u>Minima lavoraz.</u> Strip-till
C2	<u>Autocisterna</u> + Balia + <u>Spandiliquame semov.</u>	<u>Autocisterna</u> (31 m ³)			
D1	<u>Carrobotte</u> + Balia + Irrig. rotolo + <u>Ombelicale</u>	TR + <u>Carrobotte</u> (22 m ³)	Carro Balia (70 m ³) + TR + Irrig. rotolo	TR + <u>Ombelicale</u>	<u>Dissodatura</u> <u>Minima lavoraz.</u>
D2	<u>Autocisterna</u> + Balia + + Irrig. rotolo + <u>Ombelicale</u>	<u>Autocisterna</u> (31 m ³)		TR + <u>Ombelicale</u>	
D3	<u>Rete interrata</u> (≤ 3 km) + Irrig. rotolo + <u>Ombelicale</u>	<u>Rete interrata</u>		TR + Irrig. rotolo	



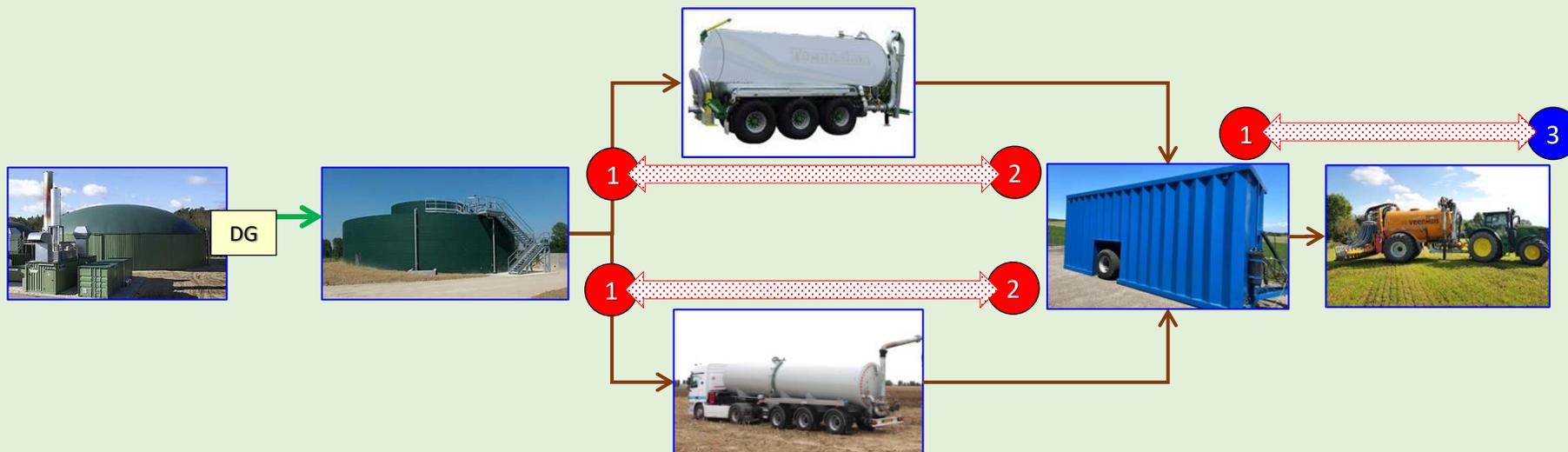
A



B1 e B2: CARROBOTTE TRAINATO 22 m³ /AUTOCISTERNA 31 m³ + CARRO BALIA 70 m³ + SPANDILQUAME TRAINATO 15 m³

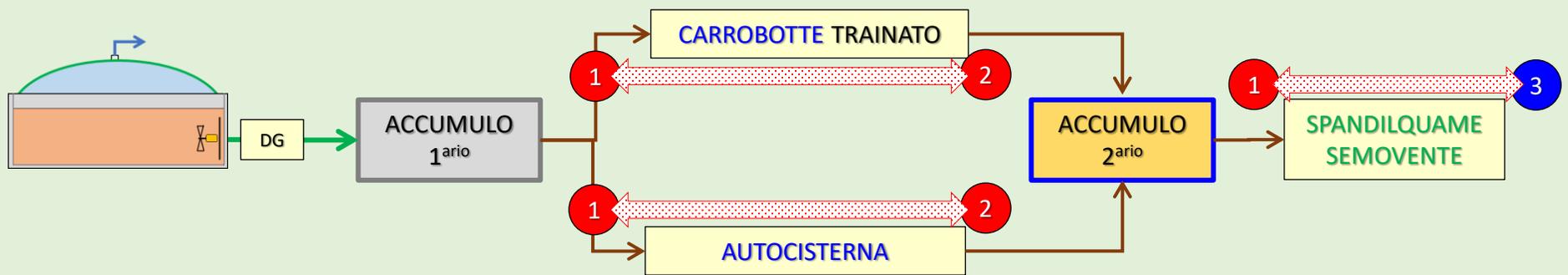
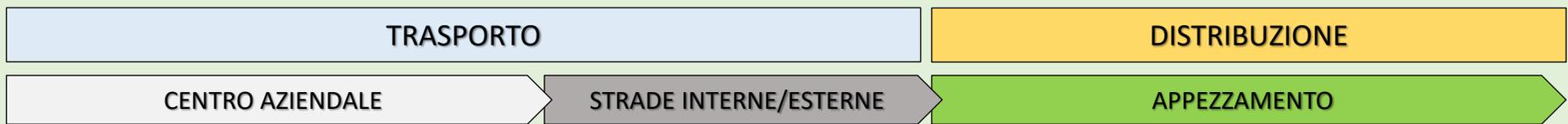


B1

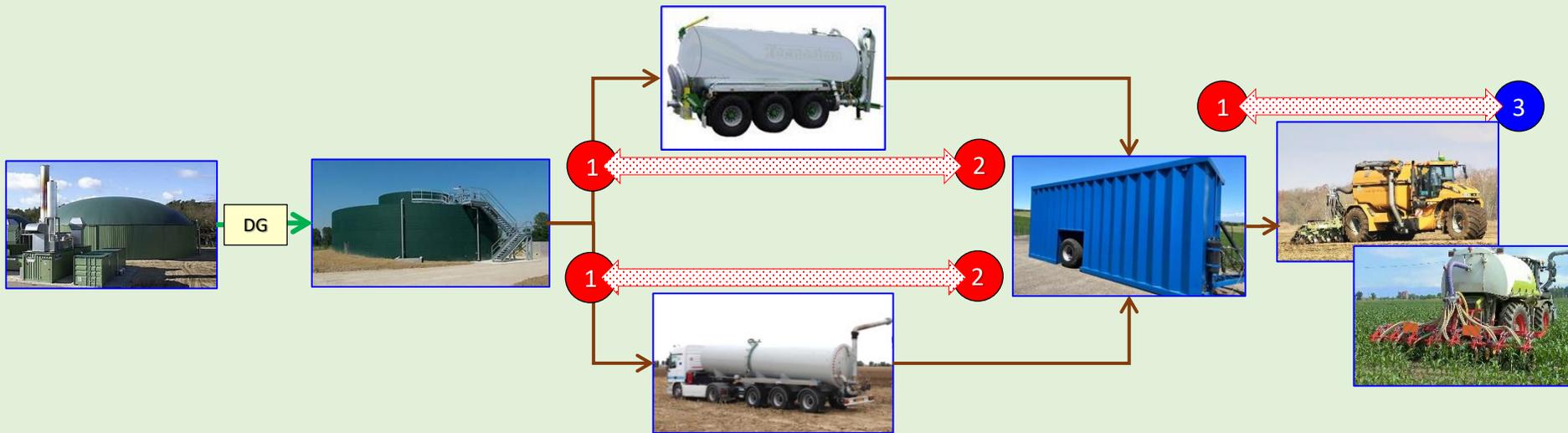


B2

C1 e C2: CARROBOTTE TRAINATO 22 m³ /AUTOCISTERNA 31 m³ + CARRO BALIA 70 m³ + SPANDILQUAME SEMOVENTE 16 m³

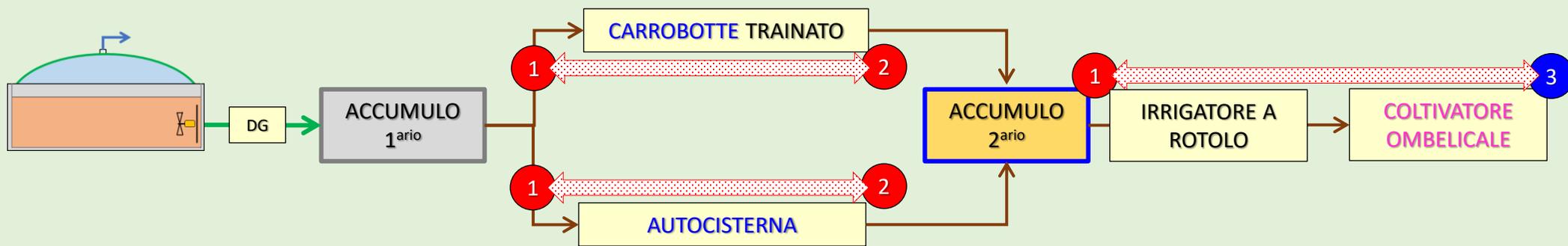


C1

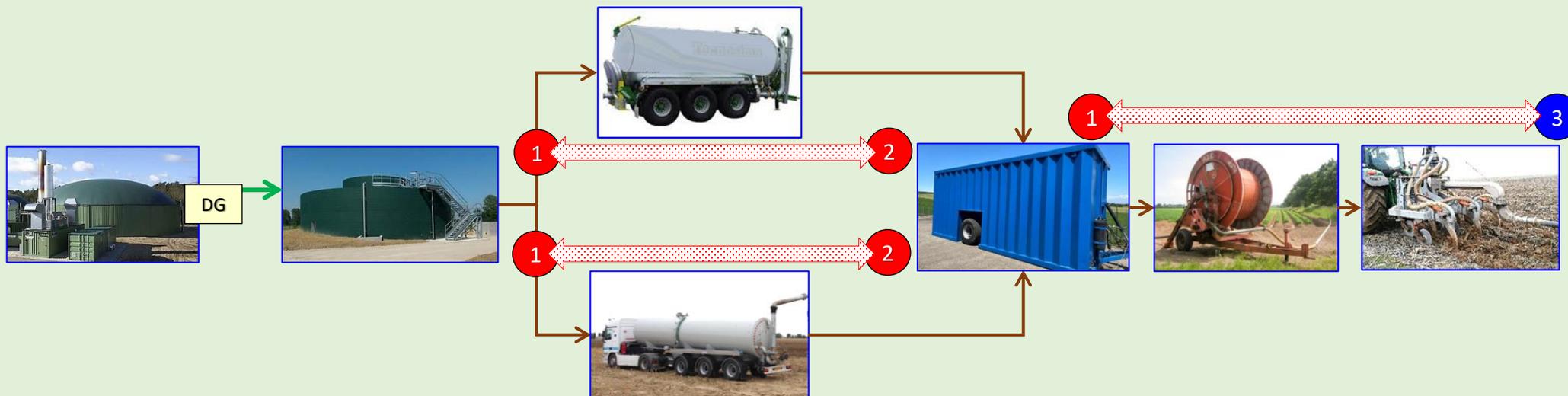


C2

B1 e B2: CARROBOTTE TRAINATO 22 m³ /AUTOCISTERNA 31 m³ + CARRO BALIA 70 m³ + SPANDILIQUAME TRAINATO 15 m³

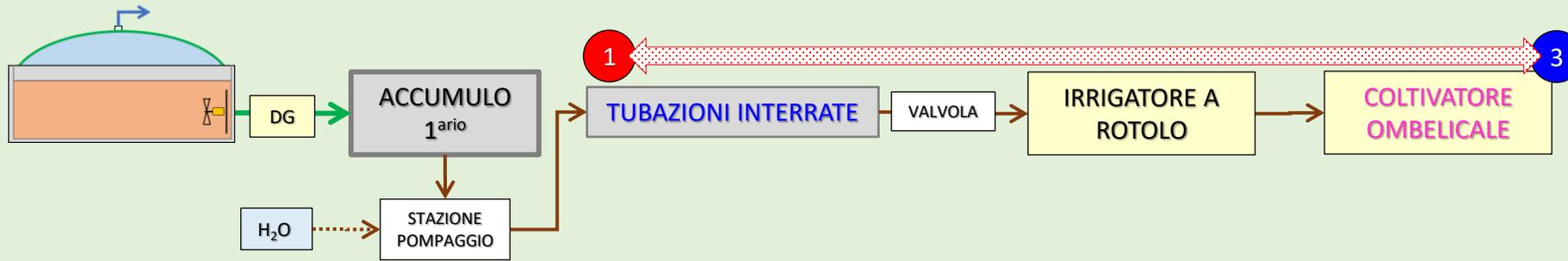


D1



D2

D1: RETE INTERRATA (≤ 3 km) + IRRIGATORE A ROTOLO + COLTIVATORE OMBELICALE



D3



SIMULAZIONE

Coltura: Mais irriguo; Fabbisogno N: 280 kg N; Distanza campo: 1,0 – 3,0 – 5,0 – 10,0 – 20,0 km

Digestato: liquido, cont. N = 3,96 g/t; $\rho = 1020 \text{ kg/m}^3$, $\eta_D = 80\%$, \rightarrow Dose distrib.: 88,4 t/ha

IMPOSTA CARATT. TECNICHE MO e TARIFFA CONTOT.

SPANDILQUAME SEMOVENTE

			OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	X
	[s/n] >>	n	n	n	s	s	ns	B[+]
Caratteristiche serbatoio	V _{MO}	dm ³	16000	[+]	m _{DG}	t	16,3	
Larghezza utile distribuzione	b _u	m	5,0					

LA MO ESEGUE SOLO LA DISTRIBUZIONE (DST)

LA PLo E' FISSA (non dipende da d). DIGITA VALORE >> t/h 109,0

VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI

			OP5: D	OP2: TR		
			Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro
Velocità Ritorno (vuoto)	v _{a1}	km/h	9,0	0,0	0,0	0,0
Velocità Andata (pieno)	v _{a2}	km/h	7,0	0,0	0,0	0,0
Incidenza tempi accessori	k _{aT1_T2}	%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%

RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRIBUZIONE

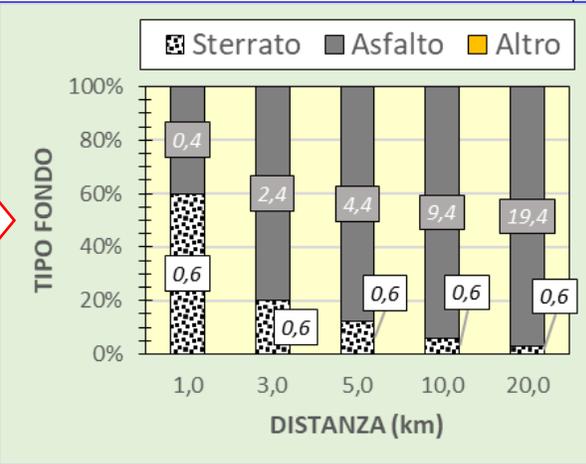
			OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D
Portate pompe	Q	dm ³ /min	Q = 0	Q = 0	Q > 0	Q > 0
			0	0	10000	309
			😊	😊	😊	😊
Incidenza tempi accessori	k _{aR1s}	%	0,0%	0,0%	10,0%	5,0%
			😊	😊	😊	😊
Incidenza tempi di svolta	k _{sv}	%				10,0%
						😊

TARIFFA CONTOTERZISTI

		€/h	€/ha	€/m ³	😊
APP+DST (OP1 --> OP5)	n			0,0	0,0
APP (solo OP1, OP2, OP3)	n			0,0	0,0
DST (solo OP4, OP5)	s			0,0	3,0
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)	n	75	0,9		0,9

TRAGITTO ACCUMULO 1^{ario} - CAMPO

Stoppie	km	0,15	stoppie e sterrato costanti				
Sterrato	km	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
Asfalto	km	0,4	2,4	4,4	9,4	19,4	
Altro	km	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Distanza	km	1,0	3,0	5,0	10,0	20,0	



INSERIRE DATI MACCHINA

SELEZ. CANTIERE		OP5: D	>> [X]	t/h	109,0
MO1	CARROBOTTE				OK
MO2	AUTOSCISTERNA	n	X	109,0	OK
MO3	VASCA BALIA (+ IRR. TAMBURNO)	n	X	109,0	OK
MO4	CARRO SPANDILQUAME MONOASSE				OK
MO5	CARRO SPANDILQUAME TRIASSE				OK
MO6	COLTIVATORE OMBELICALE				OK
MO7	SPANDILQUAME SEMOVENTE	s	X	109,0	OK

VERIFICA: MACCHINE CHE PRECEDONO LA MO DI DISTRIBUZIONE HANNO UGUALE PRODUTTIVITA' (t/h) ?



TF

D = 88,4 t/ha

A

CARATTERISTICHE TECNICHE E TARIFFA (APIMA LO – CR)

CARRO SPANDILIQUME TRIASSE						X
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	ss
	s	s	n	n	s	C[+]
Caratteristiche serbatoio	dm ³	22000	[+]	m _{OG}	t	22,4
Larghezza utile distribuzione	m	5,0				
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D	OP2: TR			
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro	
locità Ritorno (vuoto)	km/h	7,0	15,0	30,0	0,0	
locità Andata (pieno)	km/h	5,0	12,0	28,0	0,0	
Incidenza tempi accessori	%	15,0%	10,0%	5,0%	0,0%	
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRIBUZIONE		OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	
Portate pompe	dm ³ /m	10000	0	0	221	
Incidenza tempi accessori	%	25,0%	0,0%	0,0%	5,0%	
Incidenza tempi di svolta	%				20,0%	
TARIFFA CONTOTERZISTI		€/h	€/ha	€/m ³	😊	
APP+DST (OP1 --> OP5)	s	140	0,0	140,0		
APP (solo OP1, OP2, OP3)	n		0,0	0,0		
DST (solo OP4, OP5)	n		0,0	0,0		
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)	n		0,0	0,0		



22 m³

var. t/h



OSSERVAZIONI

1. soluzione molto diffusa (parco aziendale, contoterzisti) → confronto
2. costo distribuzione basso (1,1 €/m³) e trasporto fortemente crescente
3. 3 ≤ d ≤ 5 km: costi operativi bassi (3,1-4,1 €/m³).
4. d > 5 km: incid. trasporto fortemente crescente (a 20 km = 90% → 9,9/11,0)

PRESTAZIONI MECCANICHE

- N° MEZZI (trasporto + distribuzione: 1 km: 2 - 3 km: 3 - 5 km: 4 - 10 km: 6 - 20 km: 10)
- PRODUTTIVITA': 64 t/h (1 km) - 13 t/h (20 km). CAPACITA': 0,7 ha/h (1 km) – 0,1 ha/h (20 km)
- TEMPESTIVITA' INTERVENTO (dose: 88,4 t/ha, 200 ha, a 3 km): 40 giorni



B1

CARATTERISTICHE TECNICHE E TARIFFE (APIMA LO – CR)

D = 88,4 t/ha

22 m³



70 m³



15 m³

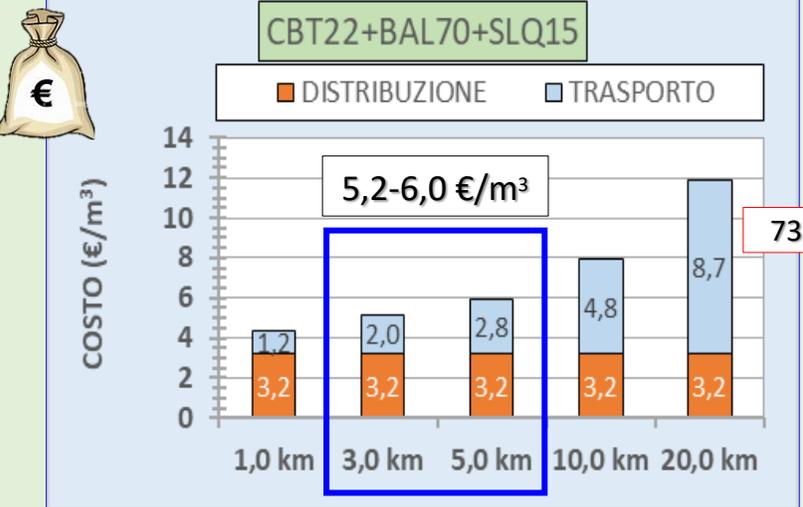


89 t/h

CARROBOTTE						X
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	sn
	s	s	s	n	n	A[+]
Caratteristiche serbatoio	dm ³	22000	[+]	m _{DG}	t	22,4
Larghezza utile distribuzione	m	0,0				
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D	OP2: TR			
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro	
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	0,0	15,0	30,0	0,0	
Velocità Andata (pieno)	km/h	0,0	12,0	28,0	0,0	
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	10,0%	5,0%	0,0%	
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRIBUZIONE		OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	
Portate pompe	dm ³ /min	10000	10000	0	0	
Incidenza tempi accessori	%	25,0%	25,0%	0,0%	0,0%	
Incidenza tempi di svolta	%					0,0%
TARIFFA CONTOTERZISTI		€/h	€/ha	€/m ³	😊	
APP+DST (OP1 --> OP5)		n		0,0		0,0
APP (solo OP1, OP2, OP3)		s	120	0,0		120,0
DST (solo OP4, OP5)		n		0,0		0,0
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)		n		0,0		0,0

VASCA BALIA (+ IRR. TAMBURO)						X
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	nn
	n	n	n	n	n	D[+]
Caratteristiche serbatoio	dm ³	70000	[+]	m _{DG}	t	71,4
Larghezza utile distribuzione	m	0,0				
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D	OP2: TR			
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro	
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	0,0	0,0	0,0	0,0	
Velocità Andata (pieno)	km/h	0,0	0,0	0,0	0,0	
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRIBUZIONE		OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	
Portate pompe	dm ³ /min	0	0	0	0	
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Incidenza tempi di svolta	%					0,0%
TARIFFA CONTOTERZISTI		€/h	€/ha	€/m ³	☹️	
APP+DST (OP1 --> OP5)		n		0,0		0,0
APP (solo OP1, OP2, OP3)		n		0,0		0,0
DST (solo OP4, OP5)		n		0,0		0,0
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)		n		0,0		0,0

CARRO SPANDILIQUME MONOASSE						X
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	ns
	n	n	n	s	s	B[+]
Caratteristiche serbatoio	dm ³	15000	[+]	m _{DG}	t	15,3
Larghezza utile distribuzione	m	5,0				
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D	OP2: TR			
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro	
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	7,0	0,0	0,0	0,0	
Velocità Andata (pieno)	km/h	5,0	0,0	0,0	0,0	
Incidenza tempi accessori	%	15,0%	10,0%	5,0%	0,0%	
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRIBUZIONE		OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	
Portate pompe	dm ³ /min	0	0	8000	221	
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	10,0%	5,0%	
Incidenza tempi di svolta	%					20,0%
TARIFFA CONTOTERZISTI		€/h	€/ha	€/m ³	😊	
APP+DST (OP1 --> OP5)		n		0,0		0,0
APP (solo OP1, OP2, OP3)		n		0,0		0,0
DST (solo OP4, OP5)		s		0,0		2,5
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)		n	60	0,7		0,7



OSSERVAZIONI

- macchina distribuzione più leggera (- **compattamento**), elevata tecnologia e qualità lavoro
- costo distribuzione medio (3,2 €/m³) e trasporto fortemente crescente
- 3 ≤ d ≤ 5 km**: costi operativi medio-bassi (5,2-6,0 €/m³).
- d > 5 km**: incid. trasporto fortemente crescente (a 20 km = **73%** → 8,7/11,9)

PRESTAZIONI MECCANICHE

- N° CARRIBOTTE (trasporto): 1 km: **1** - 3 km: **2** - 5 km: **2** - 10 km: **4** - 20 km: **6**
- PRODUTTIVITA': **89 t/h**. CAPACITA' LAVORO: **1,0 ha/h**
- TEMPESTIVITA' INTERVENTO (dose: 88,4 t/ha, 200 ha, a 3 km): **20 giorni**

B2

CARATTERISTICHE TECNICHE E TARIFFE (APIMA LO – CR)

D = 88,4 t/ha

31 m³



70 m³



15 m³

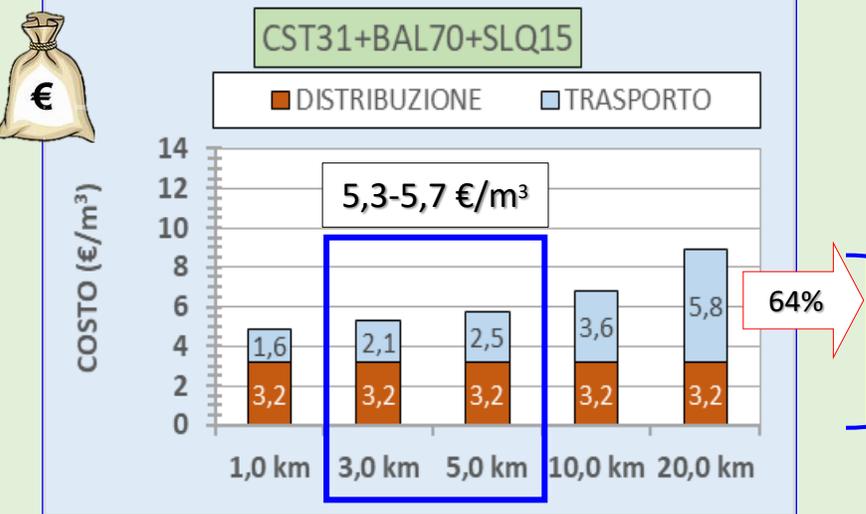


89 t/h

AUTOSCISTERNA							X
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	sn	
	s	s	s	n	n	A(+)	
Caratteristiche serbatoio	dm ³	31000	[+]	m _{DG}	t	31,6	
Larghezza utile distribuzione	m	0,0					
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D		OP2: TR			
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro		
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	0,0	20,0	40,0	0,0		
Velocità Andata (pieno)	km/h	0,0	18,0	45,0	0,0		
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	10,0%	5,0%	0,0%		
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRIBUZIONE		OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D		
Portate pompe	dm ³ /mi	5000	5000	0	0		
Incidenza tempi accessori	%	40,0%	40,0%	0,0%	0,0%		
Incidenza tempi di svolta	%				0,0%		
TARIFFA CONTOTERZISTI		€/h	€/ha	€/m ³			
APP+DST (OP1 --> OP5)	n			0,0		0,0	
APP (solo OP1, OP2, OP3)	s	135		0,0		135,0	
DST (solo OP4, OP5)	n			0,0		0,0	
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)	n			0,0		0,0	

VASCA BALIA (+ IRR. TAMBURO)							X
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	nn	
	n	n	n	n	n	D(+)	
Caratteristiche serbatoio	dm ³	70000	[+]	m _{DG}	t	71,4	
Larghezza utile distribuzione	m	0,0					
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D		OP2: TR			
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro		
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	0,0	0,0	0,0	0,0		
Velocità Andata (pieno)	km/h	0,0	0,0	0,0	0,0		
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRIBUZIONE		OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D		
Portate pompe	dm ³ /mir	0	0	0	0		
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
Incidenza tempi di svolta	%				0,0%		
TARIFFA CONTOTERZISTI		€/h	€/ha	€/m ³			
APP+DST (OP1 --> OP5)	n			0,0		0,0	
APP (solo OP1, OP2, OP3)	n			0,0		0,0	
DST (solo OP4, OP5)	n			0,0		0,0	
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)	n			0,0		0,0	

CARRO SPANDILIQUME MONOASSE							X
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	ns	
	n	n	n	s	s	B(+)	
Caratteristiche serbatoio	dm ³	15000	[+]	m _{DG}	t	15,3	
Larghezza utile distribuzione	m	5,0					
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D		OP2: TR			
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro		
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	7,0	0,0	0,0	0,0		
Velocità Andata (pieno)	km/h	5,0	0,0	0,0	0,0		
Incidenza tempi accessori	%	15,0%	10,0%	5,0%	0,0%		
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRIBUZIONE		OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D		
Portate pompe	dm ³ /mi	0	0	8000	221		
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	10,0%	5,0%		
Incidenza tempi di svolta	%				20,0%		
TARIFFA CONTOTERZISTI		€/h	€/ha	€/m ³			
APP+DST (OP1 --> OP5)	n			0,0		0,0	
APP (solo OP1, OP2, OP3)	n			0,0		0,0	
DST (solo OP4, OP5)	s			0,0	2,5	2,5	
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)	n	60	0,7			0,7	



OSSERVAZIONI

1. macchina distribuzione più leggera (- **compattamento**), elevata tecnologia e qualità lavoro
2. costo distribuzione medio (3,2 €/m³) e trasporto debolmente crescente
3. **3 ≤ d ≤ 5 km**: costi operativi medio-bassi (5,3-5,7 €/m³), ma 5 km inizio benef. autocisterna
4. **d > 5 km**: incid. trasporto debolmente crescente (a 20 km = **64%** → 5,8/8,9)

PRESTAZIONI MECCANICHE

- N° AUTOCISTERNE (trasporto) : 1 km: **1** - 3 km: **2** - 5 km: **2** - 10 km: **3** - 20 km: **4**
- PRODUTTIVITA': **89 t/h** . CAPACITA' LAVORO: **1,0 ha/h**
- TEMPESTIVITA' INTERVENTO (dose: 88,4 t/ha, 200 ha, a 3 km): **20 giorni**

C1

CARATTERISTICHE TECNICHE E TARIFFE (APIMA LO – CR)

D = 88,4 t/ha

22 m³



70 m³



16 m³



127 t/h

CARROBOTTE						X
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	sn
	s	s	s	n	n	A[+]
Caratteristiche serbatoio	dm ³	22000	[+]	m _{DG}	t	22,4
Larghezza utile distribuzione	m	0,0				
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D	OP2: TR			
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro	
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	0,0	15,0	30,0	0,0	
Velocità Andata (pieno)	km/h	0,0	12,0	28,0	0,0	
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	10,0%	5,0%	0,0%	
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRIBU		OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	
Portate pompe	dm ³ /mi	10000	10000	0	0	
Incidenza tempi accessori	%	25,0%	25,0%	0,0%	0,0%	
Incidenza tempi di svolta	%				0,0%	
TARIFFA CONTOTERZISTI		€/h	€/ha	€/m ³	😊	
APP+DST (OP1 --> OP5)	n			0,0	0,0	
APP (solo OP1, OP2, OP3)	s	120		0,0	120,0	
DST (solo OP4, OP5)	n			0,0	0,0	
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)	n			0,0	0,0	

VASCA BALIA (+ IRR. TAMBURO)						X
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	nn
	n	n	n	n	n	D[+]
Caratteristiche serbatoio	dm ³	70000	[+]	m _{DG}	t	71,4
Larghezza utile distribuzione	m	0,0				
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D	OP2: TR			
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro	
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	0,0	0,0	0,0	0,0	
Velocità Andata (pieno)	km/h	0,0	0,0	0,0	0,0	
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRIBU		OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	
Portate pompe	dm ³ /mir	0	0	0	0	
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Incidenza tempi di svolta	%				0,0%	
TARIFFA CONTOTERZISTI		€/h	€/ha	€/m ³	☹️	
APP+DST (OP1 --> OP5)	n			0,0	0,0	
APP (solo OP1, OP2, OP3)	n			0,0	0,0	
DST (solo OP4, OP5)	n			0,0	0,0	
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)	n			0,0	0,0	

SPANDILIQUAME SEMOVENTE						X
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	ns
	n	n	n	s	s	B[+]
Caratteristiche serbatoio	dm ³	16000	[+]	m _{DG}	t	16,3
Larghezza utile distribuzione	m	5,0				
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D	OP2: TR			
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro	
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	9,0	0,0	0,0	0,0	
Velocità Andata (pieno)	km/h	7,0	0,0	0,0	0,0	
Incidenza tempi accessori	%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRIBU		OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	
Portate pompe	dm ³ /mi	0	0	10000	309	
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	10,0%	5,0%	
Incidenza tempi di svolta	%				10,0%	
TARIFFA CONTOTERZISTI		€/h	€/ha	€/m ³	😊	
APP+DST (OP1 --> OP5)	n			0,0	0,0	
APP (solo OP1, OP2, OP3)	n			0,0	0,0	
DST (solo OP4, OP5)	s			0,0	3,0	
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)	n	75	0,9		0,9	

CBT22+BAL70+SMV16



69%

OSSERVAZIONI

- macchina distribuzione **specializzata, alta tecnologia e elevata qualità lavoro**
- costo distribuzione **medio-alto (3,9 €/m³, con minima lav.)** e trasporto **mediamente crescente**
- 3 ≤ d ≤ 5 km**: costi operativi **medi (5,9-6,7 €/m³)**
- d > 5 km**: incid. trasporto **mediamente crescente** (a 20 km = **69%** → 8,7/12,6)

PRESTAZIONI MECCANICHE

- N° CARRIBOTTE (trasporto): 1 km: **1** - 3 km: **2** - 5 km: **3** - 10 km: **5** - 20 km: **9**
- PRODUTTIVITA': **127 t/h**. CAPACITA' LAVORO: **1,4 ha/h**
- TEMPESTIVITA' INTERVENTO (dose: 88,4 t/ha, 200 ha, a 3 km): **14 giorni**

C2

CARATTERISTICHE TECNICHE E TARIFFE (APIMA LO – CR)

D = 88,4 t/ha

31 m³



70 m³



16 m³



127 t/h

AUTOSCISTERNA						X
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	sn
	s	s	s	n	n	A[+]
Caratteristiche serbatoio	dm ³	31000	[+]	m _{DG}	t	31,6
Larghezza utile distribuzione	m	0,0				
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D	OP2: TR			
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro	
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	0,0	20,0	40,0	0,0	
Velocità Andata (pieno)	km/h	0,0	18,0	45,0	0,0	
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	10,0%	5,0%	0,0%	
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRI		OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	
Portate pompe	dm ³ /mi	5000	5000	0	0	
Incidenza tempi accessori	%	40,0%	40,0%	0,0%	0,0%	
Incidenza tempi di svolta	%				0,0%	
TARIFFA CONTOTERZISTI		€/h	€/ha	€/m ³		
APP+DST (OP1 --> OP5)		n		0,0		0,0
APP (solo OP1, OP2, OP3)		s	135	0,0		135,0
DST (solo OP4, OP5)		n		0,0		0,0
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)		n		0,0		0,0

VASCA BALIA (+ IRR. TAMBURO)						X
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	nn
	n	n	n	n	n	D[+]
Caratteristiche serbatoio	dm ³	70000	[+]	m _{DG}	t	71,4
Larghezza utile distribuzione	m	0,0				
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D	OP2: TR			
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro	
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	0,0	0,0	0,0	0,0	
Velocità Andata (pieno)	km/h	0,0	0,0	0,0	0,0	
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRI		OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	
Portate pompe	dm ³ /min	0	0	0	0	
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Incidenza tempi di svolta	%				0,0%	
TARIFFA CONTOTERZISTI		€/h	€/ha	€/m ³		
APP+DST (OP1 --> OP5)		n		0,0		0,0
APP (solo OP1, OP2, OP3)		n		0,0		0,0
DST (solo OP4, OP5)		n		0,0		0,0
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)		n		0,0		0,0

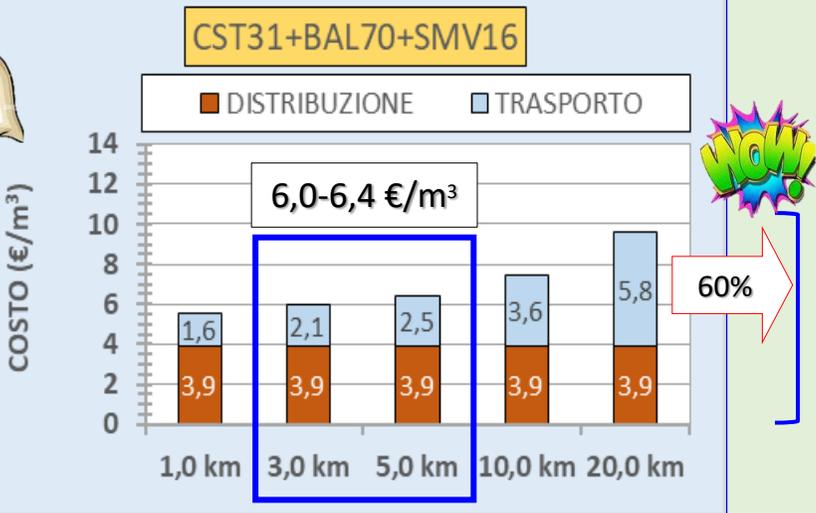
SPANDILIQUAME SEMOVENTE						X
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	ns
	n	n	n	s	s	B[+]
Caratteristiche serbatoio	dm ³	16000	[+]	m _{DG}	t	16,3
Larghezza utile distribuzione	m	5,0				
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D	OP2: TR			
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro	
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	9,0	0,0	0,0	0,0	
Velocità Andata (pieno)	km/h	7,0	0,0	0,0	0,0	
Incidenza tempi accessori	%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRI		OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	
Portate pompe	dm ³ /m	0	0	10000	309	
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	10,0%	5,0%	
Incidenza tempi di svolta	%				10,0%	
TARIFFA CONTOTERZISTI		€/h	€/ha	€/m ³		
APP+DST (OP1 --> OP5)		n		0,0		0,0
APP (solo OP1, OP2, OP3)		n		0,0		0,0
DST (solo OP4, OP5)		s		0,0		3,0
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)		n	75	0,9		0,9

OSSERVAZIONI

- macchina distribuzione **specializzata, alta tecnologia e elevata qualità lavoro**
- costo distribuzione medio-alto (3,9 €/m³, con minima lav.) e trasporto debolmente crescente
- 3 ≤ d ≤ 5 km**: costi operativi medi (6,0-6,4 €/m³), ma 5 km inizio benefici autocisterna
- d > 5 km**: incid. trasporto debolmente crescente (a 20 km = 60% → 5,8/9,6)

PRESTAZIONI MECCANICHE

- N° AUTOCISTERNE (trasporto): 1 km: 1 - 3 km: 2 - 5 km: 2 - 10 km: 3 - 20 km: 5
- PRODUTTIVITA': 127 t/h . CAPACITA' LAVORO: 1,4 ha/h
- TEMPESTIVITA' INTERVENTO (dose: 88,4 t/ha, 200 ha, a 3 km): 14 giorni



D = 88,4 t/ha

D1

CARATTERISTICHE TECNICHE E TARIFFE (APIMA LO – CR)

22 m³



70 m³



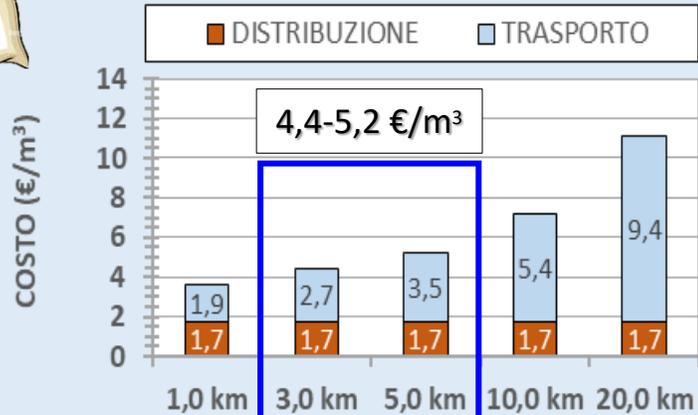
147 t/h

CARROBOTTE						X
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	sn
	s	s	s	n	n	A[+]
Caratteristiche serbatoio	dm ³	22000	[+]	m _{DG}	t	22,4
Larghezza utile distribuzione	m	0,0				
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D	OP2: TR			
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro	
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	0,0	15,0	30,0	0,0	
Velocità Andata (pieno)	km/h	0,0	12,0	28,0	0,0	
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	10,0%	5,0%	0,0%	
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRIBU		OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	
Portate pompe	dm ³ /mi	10000	10000	0	0	
Incidenza tempi accessori	%	25,0%	25,0%	0,0%	0,0%	
Incidenza tempi di svolta	%					
TARIFFA CONTOTERZISTI		€/h	€/ha	€/m ³		
APP+DST (OP1 --> OP5)	n			0,0		0,0
APP (solo OP1, OP2, OP3)	s	120		0,0		120,0
DST (solo OP4, OP5)	n			0,0		0,0
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)	n			0,0		0,0

VASCA BALIA + IRRIG. A ROLOLO						X
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	nn
	n	n	n	n	n	D[+]
Caratteristiche serbatoio	dm ³	70000	[+]	m _{DG}	t	71,4
Larghezza utile distribuzione	m	0,0				
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D	OP2: TR			
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro	
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	0,0	0,0	0,0	0,0	
Velocità Andata (pieno)	km/h	0,0	0,0	0,0	0,0	
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRIBU		OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	
Portate pompe	dm ³ /mir	0	0	0	0	
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Incidenza tempi di svolta	%					
TARIFFA CONTOTERZISTI		€/h	€/ha	€/m ³		
APP+DST (OP1 --> OP5)	n			0,0		0,0
APP (solo OP1, OP2, OP3)	n			0,0	0,69	0,7
DST (solo OP4, OP5)	n			0,0		0,0
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)	n			0,0		0,0

COLTIVATORE OMBELICALE						X
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	ns
	n	n	n	n	s	B[-]
Caratteristiche serbatoio	dm ³		[-]	m _{DG}	t	0,0
Larghezza utile distribuzione	m	4,0				
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D	OP2: TR			
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro	
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	4,0	0,0	0,0	0,0	
Velocità Andata (pieno)	km/h	4,0	0,0	0,0	0,0	
Incidenza tempi accessori	%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRIBU		OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	
Portate pompe	dm ³ /mi	0	0	0	141	
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	0,0%	10,0%	
Incidenza tempi di svolta	%				15,0%	
TARIFFA CONTOTERZISTI		€/h	€/ha	€/m ³		
APP+DST (OP1 --> OP5)	n			0,0		0,0
APP (solo OP1, OP2, OP3)	n			0,0		0,0
DST (solo OP4, OP5)	s			0,0	1,7	1,7
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)	n			0,0		0,0

CBT22+BAL70+OMB4



OSSERVAZIONI

- macchina distribuzione **ottimale per minimizzare compattamento**
- costo distribuzione **basso (1,7 €/m³, con minima lav.)** e trasporto **fortemente crescente**
- 3 ≤ d ≤ 5 km**: costi operativi **medi (4,4-5,2 €/m³)**
- d > 5 km**: incid. trasporto **fortemente crescente** (a 20 km = **84%** → 9,4/11,1)

PRESTAZIONI MECCANICHE

- N° CARRIBOTTE (trasporto): 1 km: **1** - 3 km: **2** - 5 km: **3** - 10 km: **6** - 20 km: **11**
- PRODUTTIVITA': **147 t/h**. CAPACITA' LAVORO: **1,7 ha/h**
- TEMPESTIVITA' INTERVENTO (dose: 88,4 t/ha, 200 ha, a 3 km): **12 giorni**

D2

CARATTERISTICHE TECNICHE E TARIFFE (APIMA LO – CR)

D = 88,4 t/ha

31 m³



70 m³



147 t/h

AUTOSCISTERNA							X
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	sn	
	s	s	s	n	n	A[+]	
Caratteristiche serbatoio	dm ³	31000	[+]	m _{DG}	t	31,6	
Larghezza utile distribuzione	m	0,0					
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D		OP2: TR			
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro		
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	0,0	20,0	40,0	0,0		
Velocità Andata (pieno)	km/h	0,0	18,0	45,0	0,0		
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	10,0%	5,0%	0,0%		
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRIB		OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D		
Portate pompe	dm ³ /mir	5000	5000	0	0		
Incidenza tempi accessori	%	40,0%	40,0%	0,0%	0,0%		
Incidenza tempi di svolta	%				0,0%		
TARIFFA CONTOTERZISTI		€/h	€/ha	€/m ³	😊		
APP+DST (OP1 --> OP5)	n		0,0	0,0	0,0		
APP (solo OP1, OP2, OP3)	s	135	0,0	0,0	135,0		
DST (solo OP4, OP5)	n		0,0	0,0	0,0		
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)	n			0,0	0,0		

VASCA BALIA + IRRIG. A ROLOLO							X
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	nn	
	n	n	n	n	n	D[+]	
Caratteristiche serbatoio	dm ³	70000	[+]	m _{DG}	t	71,4	
Larghezza utile distribuzione	m	0,0					
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D		OP2: TR			
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro		
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	0,0	0,0	0,0	0,0		
Velocità Andata (pieno)	km/h	0,0	0,0	0,0	0,0		
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRIB		OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D		
Portate pompe	dm ³ /mir	0	0	0	0		
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
Incidenza tempi di svolta	%				0,0%		
TARIFFA CONTOTERZISTI		€/h	€/ha	€/m ³	😊		
APP+DST (OP1 --> OP5)	n			0,0	0,0		
APP (solo OP1, OP2, OP3)	n			0,0	0,69	0,7	
DST (solo OP4, OP5)	n			0,0	0,0	0,0	
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)	n			0,0	0,0	0,0	

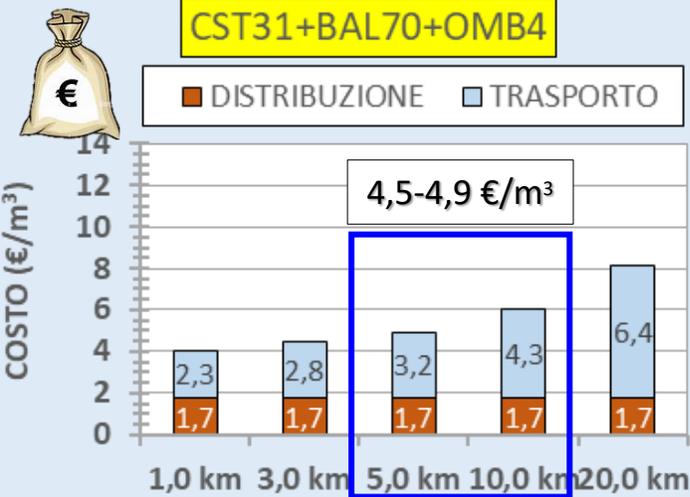
SPANDILIQUAME SEMOVENTE							X
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	ns	
	n	n	n	s	s	B[+]	
Caratteristiche serbatoio	dm ³	16000	[+]	m _{DG}	t	16,3	
Larghezza utile distribuzione	m	5,0					
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D		OP2: TR			
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro		
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	9,0	0,0	0,0	0,0		
Velocità Andata (pieno)	km/h	7,0	0,0	0,0	0,0		
Incidenza tempi accessori	%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRIB		OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D		
Portate pompe	dm ³ /mi	0	0	10000	309		
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	10,0%	5,0%		
Incidenza tempi di svolta	%				10,0%		
TARIFFA CONTOTERZISTI		€/h	€/ha	€/m ³	😊		
APP+DST (OP1 --> OP5)	n			0,0	0,0		
APP (solo OP1, OP2, OP3)	n			0,0	0,0	0,0	
DST (solo OP4, OP5)	s			0,0	3,0	3,0	
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)	n		75	0,9	0,9	0,9	

OSSERVAZIONI

- macchina distribuzione **ottimale per minimizzare compattamento**
- costo distribuzione **basso (1,7 €/m³, con minima lav.)** e trasporto **fortemente crescente**
- 3 ≤ d ≤ 5 km**: costi operativi **medi (4,5-4,9 €/m³)**, ma 5 km inizio benefici **autocisterna**
- d > 5 km**: incid. trasporto **fortemente crescente** (a 20 km = **84%** → 9,4/11,1)

PRESTAZIONI MECCANICHE

- N° AUTOCISTERNE (trasporto): 1 km: **2** - 3 km: **2** - 5 km: **3** - 10 km: **4** - 20 km: **6**
- PRODUTTIVITA': **147 t/h**. CAPACITA' LAVORO: **1,7 ha/h**
- TEMPESTIVITA' INTERVENTO (dose: 88,4 t/ha, 200 ha, a 3 km): **12 giorni**



D = 88,4 t/ha

D3

CARATTERISTICHE TECNICHE E TARIFFE (APIMA LO – CR)



147 t/h

COSTO ESERCIZIO RETE INTERRATA (€/m³) ?
1900-2000 €/anno (90 gg) → 21-22 €/gg →
0,14-0,15 €/m³

(VASCA BALIA) IRRIG. A ROLOLO						X			
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	nn			
	n	n	n	n	n	D[+]			
Caratteristiche serbatoio	dm ³	0	[+]	m _{DG}	t	0,0			
Larghezza utile distribuzione	m	0,0							
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D		OP2: TR					
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro				
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Velocità Andata (pieno)	km/h	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRIBUZIONE						OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D
Portate pompe	dm ³ /min	0	0	0	0	0			
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			
Incidenza tempi di svolta	%								
TARIFFA CONTOTERZISTI						€/h	€/ha	€/m ³	⊗
APP+DST (OP1 --> OP5)		n			0,0	0,0		0,0	
APP (solo OP1, OP2, OP3)		n			0,0	0,69		0,7	
DST (solo OP4, OP5)		n			0,0	0,0		0,0	
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)		n			0,0	0,0		0,0	

COLTIVATORE OMBELICALE						X			
	OP1: R1	OP2: TR	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D	ns			
	n	n	n	n	s	B[-]			
Caratteristiche serbatoio	dm ³		[-]	m _{DG}	t	0,0			
Larghezza utile distribuzione	m	4,0							
VELOCITA' E TEMPI ACCESSORI		OP5: D		OP2: TR					
		Stoppie	Sterrato	Asfalto	Altro				
Velocità Ritorno (vuoto)	km/h	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Velocità Andata (pieno)	km/h	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Incidenza tempi accessori	%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			
RIEMP_1, SCARICO, RIEMP_2, DISTRIBUZIONE						OP1: R1	OP3: SC	OP4: R2	OP5: D
Portate pompe	dm ³ /min	0	0	0	141				
Incidenza tempi accessori	%	0,0%	0,0%	0,0%	10,0%				
Incidenza tempi di svolta	%				15,0%				
TARIFFA CONTOTERZISTI						€/h	€/ha	€/m ³	⊙
APP+DST (OP1 --> OP5)		n			0,0	0,0		0,0	
APP (solo OP1, OP2, OP3)		n			0,0	0,0		0,0	
DST (solo OP4, OP5)		s			0,0	1,7		1,7	
DST AGGIUNTIVI (solo OP5)		n			0,0	0,0		0,0	

OSSERVAZIONI

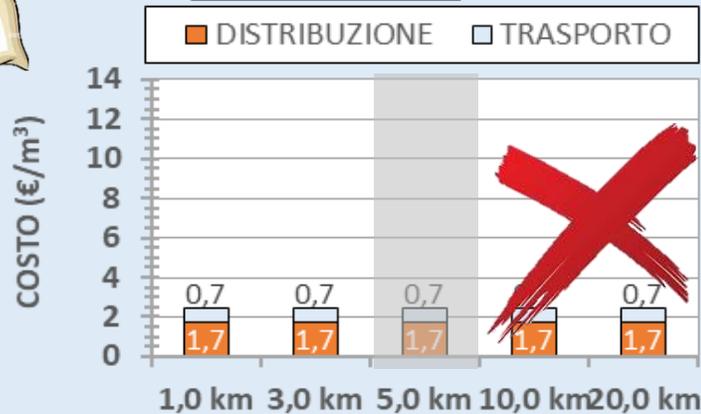
- macchina distribuzione **ottimale per minimizzare compattamento**
- costo distribuzione **basso (1,7 €/m³, con minima lav.)** e trasporto legato solo al gruppo pompa
- 3 ≤ d ≤ 5 km**: costi operativi **medi (2,4 €/m³)**, a cui aggiungere il costo esercizio delle rete
- d > 5 km**: intervento infrastrutturale non realistico

PRESTAZIONI MECCANICHE

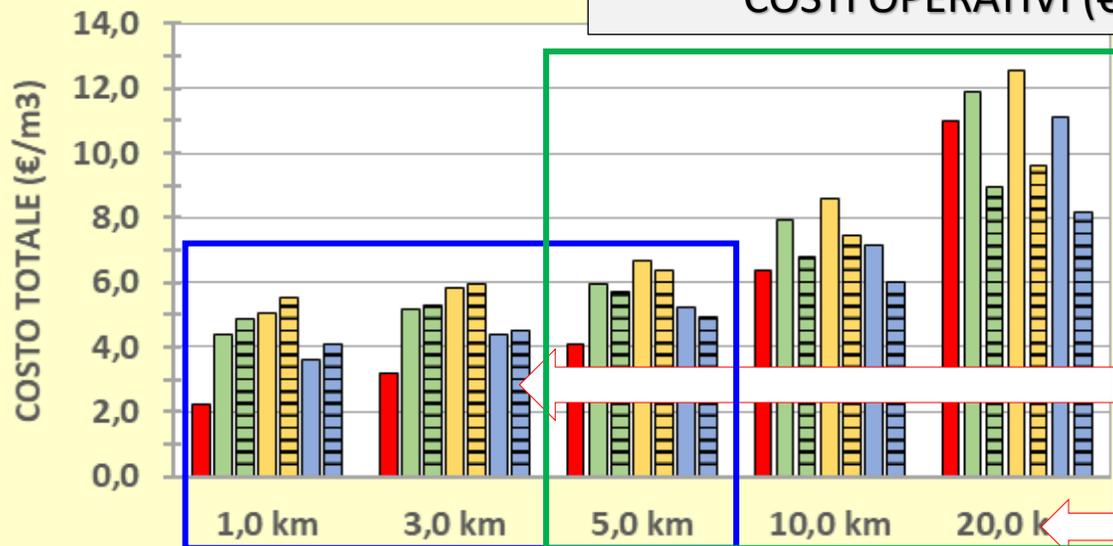
- N° MEZZI (trasporto): **nessuno**
- PRODUTTIVITA': **147 t/h**. CAPACITA' LAVORO: **1,7 ha/h**
- TEMPESTIVITA' INTERVENTO (dose: 88,4 t/ha, 200 ha, a 3 km): **12 giorni**



TBZ+IRR+OMB



COSTI OPERATIVI (€/m³) – GRAFICO DI SINTESI

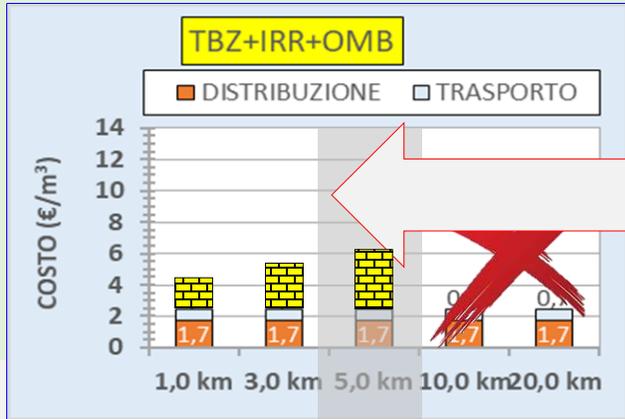


Fra le soluzioni innovative: (i) **d = 5,0 km** è la distanza di «limite» alla quale i costi operativi sono simili (range 1,0-1,5 €/m³), (ii) a parità di sistema di trasporto, l'impiego del coltivatore ombelicale legato - a tutte le distanze - a costi minori, (ii) vantaggi dello spandiliquame semovente (16 m³) sono di carattere extraeconomico (qualità lavoro)

Per **d ≤ 5 km**: (i) spandiliquame trainato (22 m³) è la soluzione più competitiva, (ii) spandiliquame trainato (15 m³) e spandiliquame semovente (16 m³), sono simili, con leggera prevalenza della soluzione accoppiata al TR

Per **d > 5 km**: (i) l'uso della autocisterna (31 m³) per il trasporto è - per qualunque MO di distribuzione - sempre associato a costi minori

- SLQ22
- CBT22+BAL70+SLQ15
- CST31+BAL70+SLQ15
- CBT22+BAL70+SMV16
- CST31+BAL70+SMV16
- CBT22+BAL70+OMB4
- CST31+BAL70+OMB4



Coltivatore ombelicale alimentato da rete di tubazioni interrata: (i) è realisticamente praticabile per **d < 3,0 km** e in aziende fortemente accorpate (ii) la comparazione economica deve considerare il costo di esercizio della frete (fissi e variabili), verosimilmente marginale rispetto ai costi di meccanizzazione, ma crescente all'aumentare della sua complessità e ampiezza

COSTI OPERATIVI (€/m³) – TABELLA DI SINTESI

		TRASPORTO		DISTRIBUZIONE					
		MACCHINA	MACCHINA	MACCHINA	TOTALI				
					€/m ³				
					1,0 km	3,0 km	5,0 km	10,0 km	20,0 km
A1	SLQ22	Carro SPLQ 22 m ³	Carro SPLQ 22 m ³	Carro SPLQ 22 m ³	2,2	3,2	4,1	6,4	11,0
B1	CBT22+BAL70+SLQ15	Carrobotte 22 m ³	Carro balia 70 m ³	Carro SPLQ 15 m ³	4,4	5,2	6,0	7,9	11,9
B2	CST31+BAL70+SLQ15	Autocisterna 31 m ³	Carro balia 70 m ³	Carro SPLQ 15 m ³	4,8	5,3	5,7	6,8	8,9
C1	CBT22+BAL70+SMV16	Carrobotte 22 m ³	Carro balia 70 m ³	SPLQ SMV 16 m ³	5,1	5,9	6,6	8,6	12,6
C2	CST31+BAL70+SMV16	Autocisterna 31 m ³	Carro balia 70 m ³	SPLQ SMV 16 m ³	5,5	5,9	6,4	7,5	9,6
D3	TBZ+IRR+OMB	Tubazioni interrato	Irrigatore a rotolo	Coltivatore Ombelicale					
D1	CBT22+BAL70+OMB4	Carrobotte 22 m ³	Carro balia 70 m ³		3,6	4,4	5,2	7,2	11,1
D2	CST31+BAL70+OMB4	Autocisterna 31 m ³	Carro balia 70 m ³		4,1	4,5	4,9	6,0	8,2

Min: 2,0 €/m³
Max: 3,5 €/m³
Media: 2,6 €/m³

Min: 1,1 €/m³
Max: 3,9 €/m³
Media: 2,7 €/m³

Min: 3,2 €/m³
Max: 6,6 €/m³
Media: 5,2 €/m³

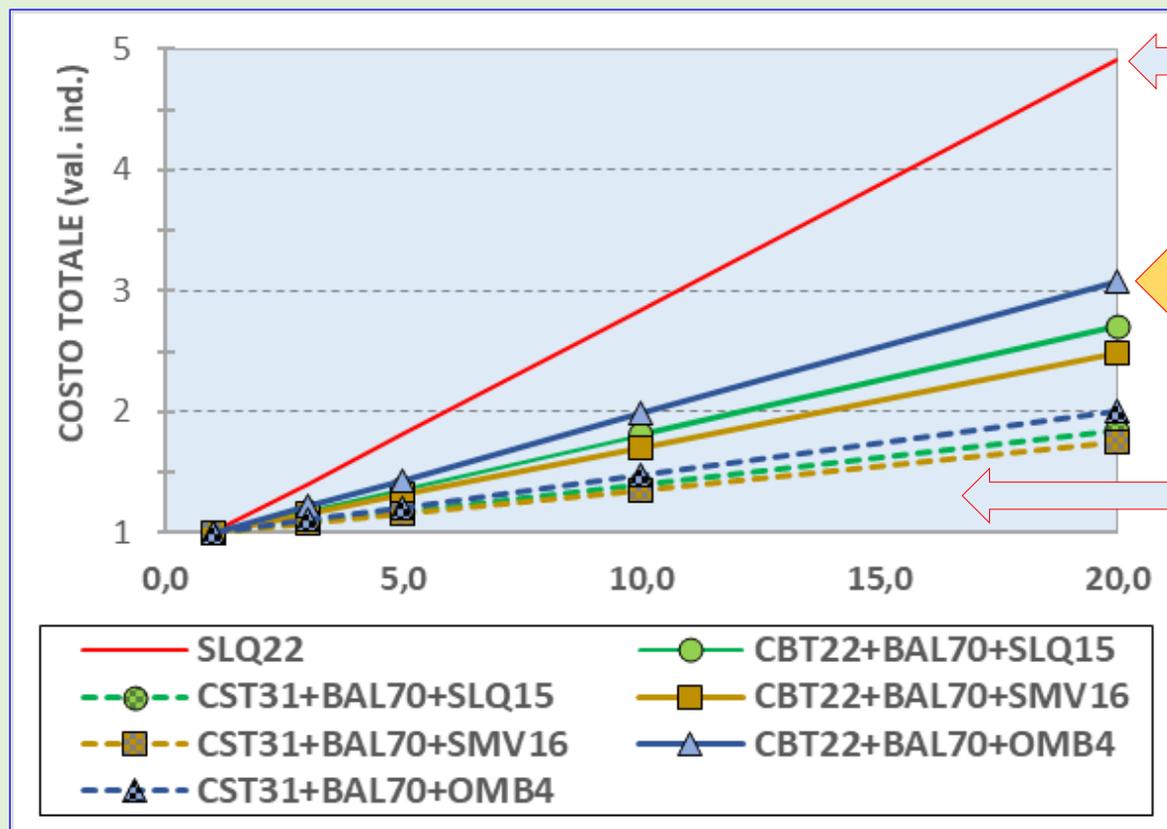
SGUARDO PIU' GENERALE (NON LIMITATO A 3 ≤ d ≤ 5 km)

Due fattori condizionano i costi: (i) grado di specializzazione → correlato all'aumento dei costi di distribuzione (tariffe maggiori), (ii) distanza → correlata all'aumento del trasporto → peraltro ottimizzabile con aumento di: (i) volumi e (ii) velocità di percorrenza.

Ne deriva che i cantieri a fasi riunite (A1) sono convenienti (≤ 4,1 €/m³) a distanze d < 5 km, oltre le quali la produttività si riduce (con possibile eccessivo prolungamento del periodo di intervento); i cantieri a fasi separate con macchine specializzate (B1, B2, C1, C2, D1 e D2) - pur registrando costi operativi sempre ≥ 4,4 €/m³ - hanno elevata efficienza, produttività e quindi permettono grande tempestività.

COSTI OPERATIVI (valori indice)

Per ciascun cantiere, i costi operativi (€/m³) calcolati alle diverse distanze (d = 1 → 20 km) sono divisi per il costo operativo relativo a d = 1 km (indicizzazione su costo minore). In questo modo - al netto delle specificità tecnico-operative proprie di ciascun cantiere - si mette in evidenza la «sensibilità dei diversi cantieri all'aumentare della distanza» di approvvigionamento del digestato.



costi del spandiliquame trainato (22 m³) risentono moltissimo (**rapporto 1:5 da 1 a 20 km**) dell'aumento della distanza accumulato 1^{ario} – campo

A parità di sistema di trasporto (carrobotte 22 m³ o autocisterna 31 m³), distribuire con ombelicale è più influenzata dell'aumento della distanza. All'opposto, l'impiego di spandiliquame semoventi (16 m³)

costi di tutti i cantieri basati su impiego della autocisterna (31 m³), risentono molto poco (**rapporto 1:1,7÷2,0**) dell'aumento della distanza

CAPACITÀ (ha/h) E PRODUTTIVITÀ (t/h) – TABELLA DI SINTESI

CANTIERE		CAPACITA' LAVORO (ha/h)					PRODUTTIVITA' LAVORO (t/h)				
		1 km	3 km	5 km	10 km	20 km	1 km	3 km	5 km	10 km	20 km
A1	SLQ22	0,7	0,5	0,4	0,3	0,1	63,7	45,1	34,9	22,3	13,0
B1	CBT22+BAL70+SLQ15			1,0						88,8	
B2	CST31+BAL70+SLQ15										
C1	CBT22+BAL70+SMV16			1,4						127,4	
C2	CST31+BAL70+SMV16										
D1	CBT22+BAL70+IRR.ROT+OMB4			1,7						147,3	
D2	CST31+BAL70+IRR.ROT+OMB4										

MAGGIORE CAPACITA' = MAGGIORE TEMPESTIVITA'
(esempio: Mais, 200 ha, a 3 km; dose: 88,4 t/ha)

40 giorni

20 giorni

14 giorni

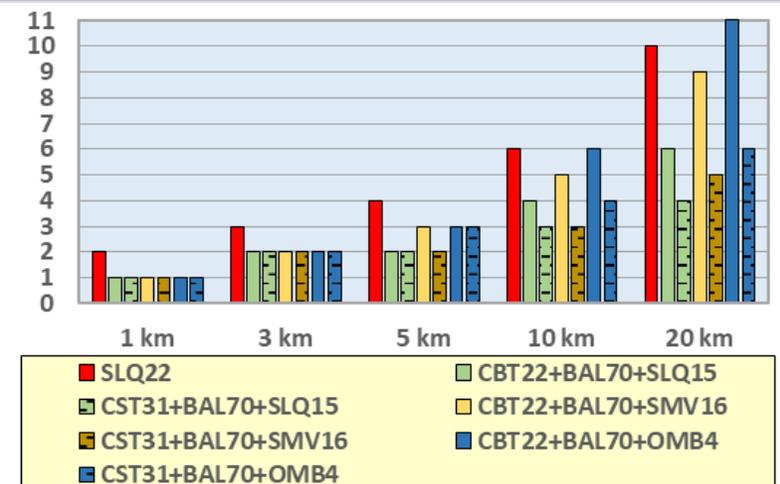
12 giorni

PERIODI UTILI TRA
1° e 2° COLTURA !!

MEZZI IMPIEGATI NEL TRASPORTO - TABELLA DI SINTESI

CANTIERE	NUMERO MACCHINE				
	1 km	3 km	5 km	10 km	20 km
A1 - CBT22+BAL70+SLQ15 (* anche distribuzione)	2*	3*	4*	6*	10*
B1 - CBT22+BAL70+SLQ15	1	2	2	4	6
B2 - CST31+BAL70+SLQ15	1	2	2	3	4
C1 - CBT22+BAL70+SMV16	1	2	3	5	9
C2 - CST31+BAL70+SMV16	1	2	2	3	5
D1 - CBT22+BAL70+IRR.ROT+OMB4	1	2	3	6	11
D2 - CST31+BAL70+IRR.ROT+OMB4	1	2	3	4	6

MAGGIOR NUMERO = MAGGIOR COMPLESSITA'
ORGANIZZATIVA = MAGGIORI INCONVENIENTI



COMPARAZIONE TRA IL COSTO (S_{MIN} ; €/kg N) DA SOSTENERE PER LA COPERURA DEI FABBISOGNI AZOTATI (kg N/ha) DELLA COLTURA MEDIANTE FERTILIZZANTI MINERALE (Urea 46%) E IL COSTO (S_{DGS} ; €/kg N) DI ANALOGO APPORTO MEDIANTE FERTILIZZAZIONE ORGANICA CON DGESTATO. → SE' $S_{DGS} < S_{MIN}$ → PIU' ECONOMICA LA FERTILIZZAZIONE ORGANICA

ESEMPIO: MAIS
FABBISOGNO
280 kg N/ha

MINIMA LAVORAZIONE
215 €/ha

UREA 46%
608 kg/ha → 293 €/ha

DISTRIBUZIONE
70 €/ha

578 €/ha

$$S_{MIN} (\text{€/kg N}) = 578/280 = 2,06 \text{ €/kg N}$$

$S_{DGS} < S_{MIN}$

DA TITOLO N (3,96 g/t) E DENSITA' (1020 kg/m³) DEL DGESTATO → SI TRASFORMANO I COSTI OPERATIVI DEI CANTIERI DA €/m³ A €/kg N

DELOCALIZZAZIONE
ACCUMULI

CANTIERI	€/kg di N				
	1 km	3 km	5 km	10 km	20 km
A - Spandiliquame trainato	0,69	0,98	1,26	1,98	3,41
B1 - Carrobotte+Balìa+SLQ	1,36	1,60	1,85	2,46	3,68
B2 - Autocisterna+Balìa+SLQ	1,50	1,63	1,77	2,10	2,77
C1 - Carrobotte+Balìa+SMV	1,57	1,81	2,06	2,67	3,89
C2 - Autocisterna+Balìa+SMV	1,71	1,84	1,97	2,31	2,98

CONCLUSIONI

Cantieri a fasi riunite: MO convenzionali, larga gamma di volumi ($10 \div 30 \text{ m}^3$), robuste e operativamente adattabili. Diffusione: elevata. Tecnologia: medio-alta

- Spandiliquame trainato (22 m^3): Specializzazione: medio-alta. Influenza fase trasporto: molto elevata (con $d > 5 \text{ km}$ → produttività ridotta → prolungamento durata intervento). Tempi accessori: elevati. Compattamento: molto elevato. **Costi operativi:** $\leq 4,1 \text{ €/m}^3 (d \leq 5 \text{ km}) \quad \geq 6,4 \text{ €/m}^3 (d \geq 10 \text{ km})$

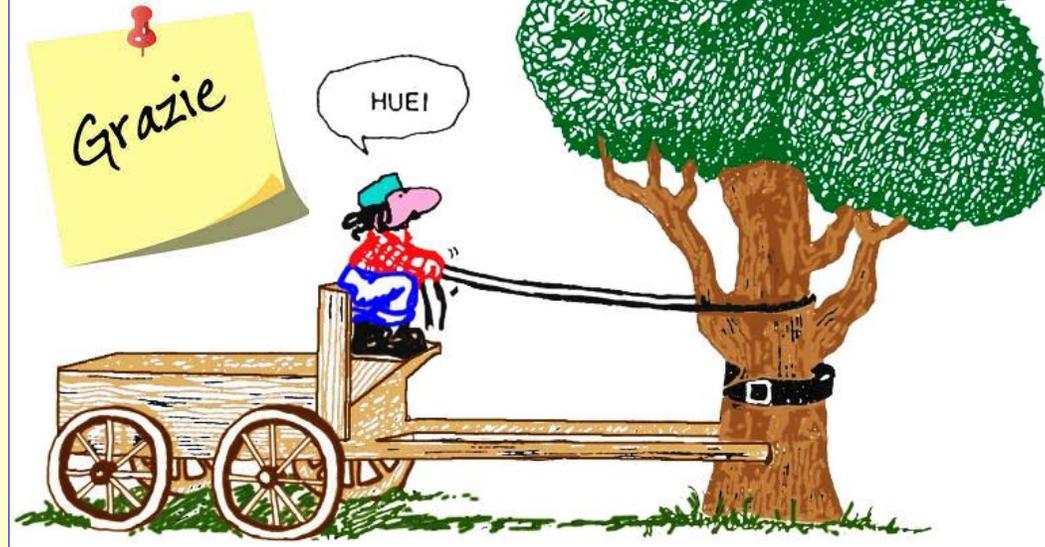
Cantieri a fasi separate: MO specializzate. Diffusione: limitata. Tecnologia: molto alta.

- Spandiliquame trainato (15 m^3): Specializzazione: alta. Influenza fase trasporto: elevata (con $d > 5 \text{ km}$ → auspicabile impiego autocisterna). Tempi accessori: contenuti. Compattamento: contenuto. **Costi operativi:** $\leq 6,0 \text{ €/m}^3 (d \leq 5 \text{ km}) \quad \geq 6,8 \text{ €/m}^3 (d \geq 10 \text{ km})$
- Spandiliquame semovente (15 m^3): Specializzazione: molto alta. Influenza fase trasporto: elevata (con $d > 5 \text{ km}$ → auspicabile impiego autocisterna). Tempi accessori: molto contenuti. Compattamento: molto contenuto. **Costi operativi:** $\leq 6,6 \text{ €/m}^3 (d \leq 5 \text{ km}) \quad \geq 7,5 \text{ €/m}^3 (d \geq 10 \text{ km})$
- Coltivatore ombelicale: Specializzazione: media. Specializzazione: molto alta. Influenza fase trasporto: elevata (con $d > 5 \text{ km}$ → auspicabile impiego autocisterna). Tempi accessori: ridotti al minimo. Compattamento: ridotti al minimo. **Costi operativi:** $\leq 5,2 \text{ €/m}^3 (d \leq 5 \text{ km}) \quad \geq 6,0 \text{ €/m}^3 (d \geq 10 \text{ km})$. Con rete interrata di adduzione (assenza mezzi meccanici di trasporto), si ha la minimizzazione di costi di distribuzione ($\leq 2,4 \text{ €/m}^3$) ma occorre aggiungere i costi di esercizio della rete, da valutare necessariamente caso per caso.

Biomasse...

SI PUO' FARE TUTTO !

Beh... quasi tutto...



Prof. Marco Fiala ☎ ++39 02 503 16868 ✉ marco.fiala@unimi.it
Dipartimento Scienze Agrarie e Ambientali. Produzione, Territorio, Agroenergia
CV: <https://www.unimi.it/it/ugov/person/marco-fiala>



