



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI MILANO

L'AUTOMAZIONE DELL'ALIMENTAZIONE PER LE BOVINE DA LATTE: PERCHÉ SÌ, PERCHÉ NO?

Alcuni aspetti energetici e il possibile ruolo dei dati
generati dai sistemi automatici.

Aldo Calcante¹, Francesco Maria Tangorra²

¹Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia

²Dipartimento di Scienze Veterinarie per la Salute, la Produzione Animale e la Sicurezza Alimentare

Background (1)

- Nelle aziende di bovine da latte il 50-60 % dei costi operativi totali derivano dall'alimentazione e dal lavoro connesso;
- L'adozione di strategie per ottimizzare i costi rappresenta un fattore determinante per restare sul mercato e ottenere margini più ampi;
- A questo scopo, l'automazione delle attività connesse all'alimentazione degli animali può giocare un ruolo molto importante;
- Fino ad ora, l'automazione in questo settore era limitata sostanzialmente alle stazioni di alimentazione, agli alimentatori per sale di mungitura e alle allattatrici per vitelli.



Background (2)

- Più recentemente (2000) sono stati sviluppati i **sistemi automatici di alimentazione** (Automatic Feeding System, AFS) per la preparazione e distribuzione di razioni unifeed;
- Attualmente ci sono circa 20 produttori di AFS e oltre 1500 robot di alimentazione sono utilizzati in tutto il mondo;



Le tipologie di AFS

Sistemi fissi individuali



Sistemi fissi di gruppo



Sistemi mobili a vagone distributore



Sistemi mobili a vagone miscelatore-distributore



Sistemi semoventi



AFS in Val Padana: 0 nel 2010; oltre 50 nel maggio 2020

Potenziati vantaggi derivanti da un AFS

- Gestione di più gruppi alimentari (fino a 16): il reddito al netto dei costi di alimentazione (€/bovina per anno) aumenta di 26-47 € avendo più di un gruppo TMR, di 31 € con due gruppi TMR e di 37 € con tre gruppi TMR (Cabrera and Kalantari, 2016).
- Ottimizzazione ingestione di S.S. da parte degli animali e maggiore stabilità del pH ruminale;
- Riduzione della quantità residuale di alimento in mangiatoia (1 % del totale distribuito, a fronte del 5 % mediamente riscontrabile con un sistema convenzionale);
- Ridotta permanenza dell'unifeed in mangiatoia, minori contaminazioni e fermentazioni anomale;
- Minori costi energetici e riduzione del lavoro giornaliero dedicato alla preparazione e distribuzione della razione;
- Diversa adattabilità al contesto aziendale in funzione della tipologia.



Confronto tra AFS: consumi energetici

SISTEMA	ENERGIA (kWh/d)
Fisso di gruppo	30
Vagone distributore	20 - 25
Vagone miscelatore-distributore	30 - 45
Semovente elettrico	31,5
Semovente diesel	570

Il sistema diesel ha consumi energetici molto superiori in virtù del minore rendimento del motore endotermico rispetto a quello elettrico.

I consumi energetici di un AFS: due casi di studio

Azienda 1 (MN)

- 420 capi in lattazione
- 8 AMS
- 2 AFS
- Razione TMR lattazione: silomais, fieno di loiessa e medica, concentrati, semi di cotone

Azienda 2 (BG)

- 120 capi in lattazione
- 2 AMS
- 1 AFS
- Razione TMR lattazione: silomais, insilato di frumento, paglia, fieno di loiessa e medica, concentrati, farina di mais



Azienda 1 - Monitoraggio energetico e analisi costi

- Misura del consumo elettrico totale del sistema AFS mediante un sistema di monitoraggio energetico su piattaforma Web che consente la supervisione e il controllo degli impianti (Synergy, Lovato Electric, Bergamo, Italia);
- 2 mesi di misurazione;
- Confronto tra i costi per preparare e distribuire la razione unifeed con l'AFS e con il CFS precedentemente usato in azienda:

CFS



- Carro trincia-miscelatore verticale da 30 m³ doppia coclea accoppiato ad un trattore 4WD da 110 kW;
- 19.000 kg TMR/giorno;
- 7h/giorno;
- 117 kg gasolio/giorno



Azienda 1 - Monitoraggio energetico e analisi costi

- I costi per l'AFS e il CFS sono stati calcolati applicando la metodologia definita nella norma ASABE EP496.3 (2015), valutando i costi fissi (ammortamento delle attrezzature, interessi sull'investimento, spese varie) e variabili (manodopera, carburante e lubrificanti, riparazioni e manutenzioni):

Table 1. Economic parameters used when applying the ASABE Standard EP496.3 for conventional and automatic feeding systems cost analysis.

	CFS		AFS
	Tractor	TMR wagon	Vector System ^o
Purchase price (000, €)	95	71	270
Depreciation rate (%)	12.5*	15**	30***
Economic life (years)	12*	7**	8***
Service life (h)	12,000*	6000**	70,000***
Investment interest rate (%)	3.5	3.5	3.5
Repair and maintenance factor (%)	80*	60**	50***
Labour cost (€ h ⁻¹)	15	-	15

Conventional feeding system; automatic feeding system; TMR, total mixed ration. ^oFeed grabber + bridge crane + two mixing and feeding robot. *ASABE Standard D497.6 (2015a); **Lubbe and Archer (2013); ***Estimated by personal communications between the manufacturer and the authors.

I costi di elettricità, gasolio e lubrificanti sono stati quantificati in:

0,23 €/kWh;

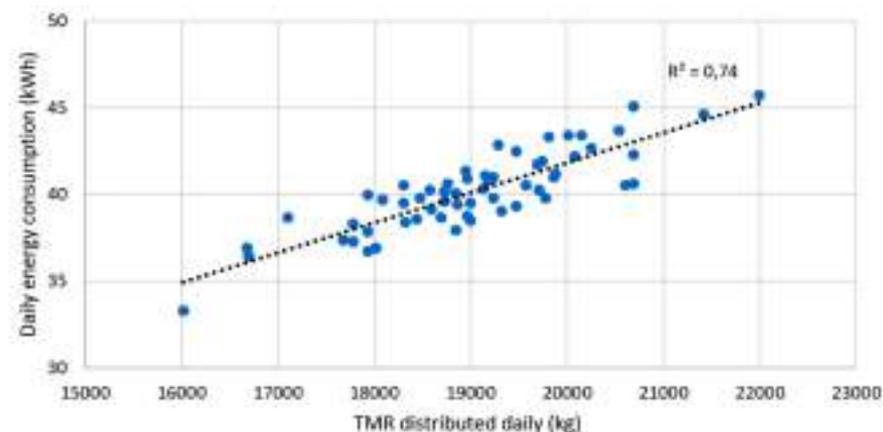
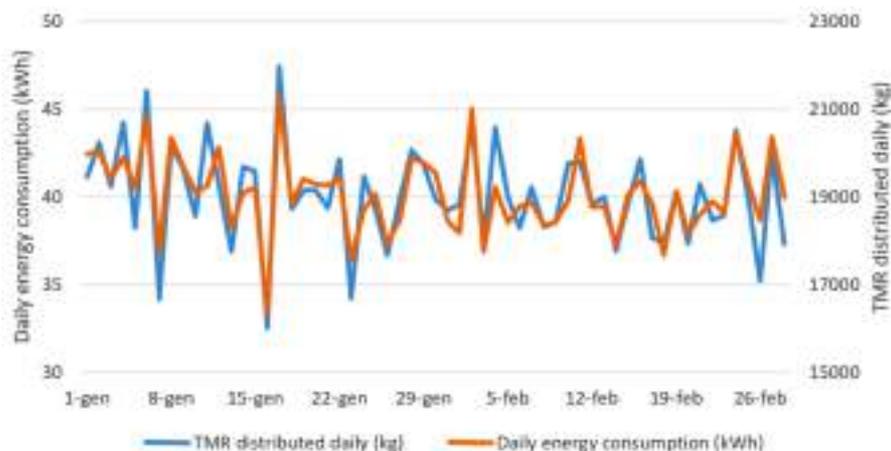
0,80 €/kg;

3,50 €/kg.



Azienda 1 - Consumo medio di energia

Consumo di energia	AFS	CFS
kWh/giorno	40,2	1.357,6
kWh/tonnellata	2,11	71,5
kWh/vacca per anno	29,6	1.005,1



Azienda 1 - Costi preparazione e distribuzione unifeed

Costi	AFS ¹	CFS ²
€/h	9,22	52,79
€/giorno	202,79	300,90

¹funzionamento: 22,5 h/giorno; ²funzionamento 7 h/giorno



- A parità di unifeed preparato e distribuito, l'AFS ha evidenziato un costo giornaliero inferiore del 33% rispetto al CFS, nonostante l'investimento richiesto per l'acquisto dell'AFS fosse superiore di oltre il 40% a quello necessario per il CFS;
- Ciò può essere riconducibile al forte risparmio energetico (-97%) e alla riduzione del costo del lavoro (-79%) ottenibile con l'adozione di un sistema di alimentazione automatizzato rispetto ad uno convenzionale.



Azienda 2 - Monitoraggio energetico e analisi costi

Analizzatore di energia elettrica trifase Qualistar C. A. 8334

Morsetti a coccodrillo e pinze amperometriche

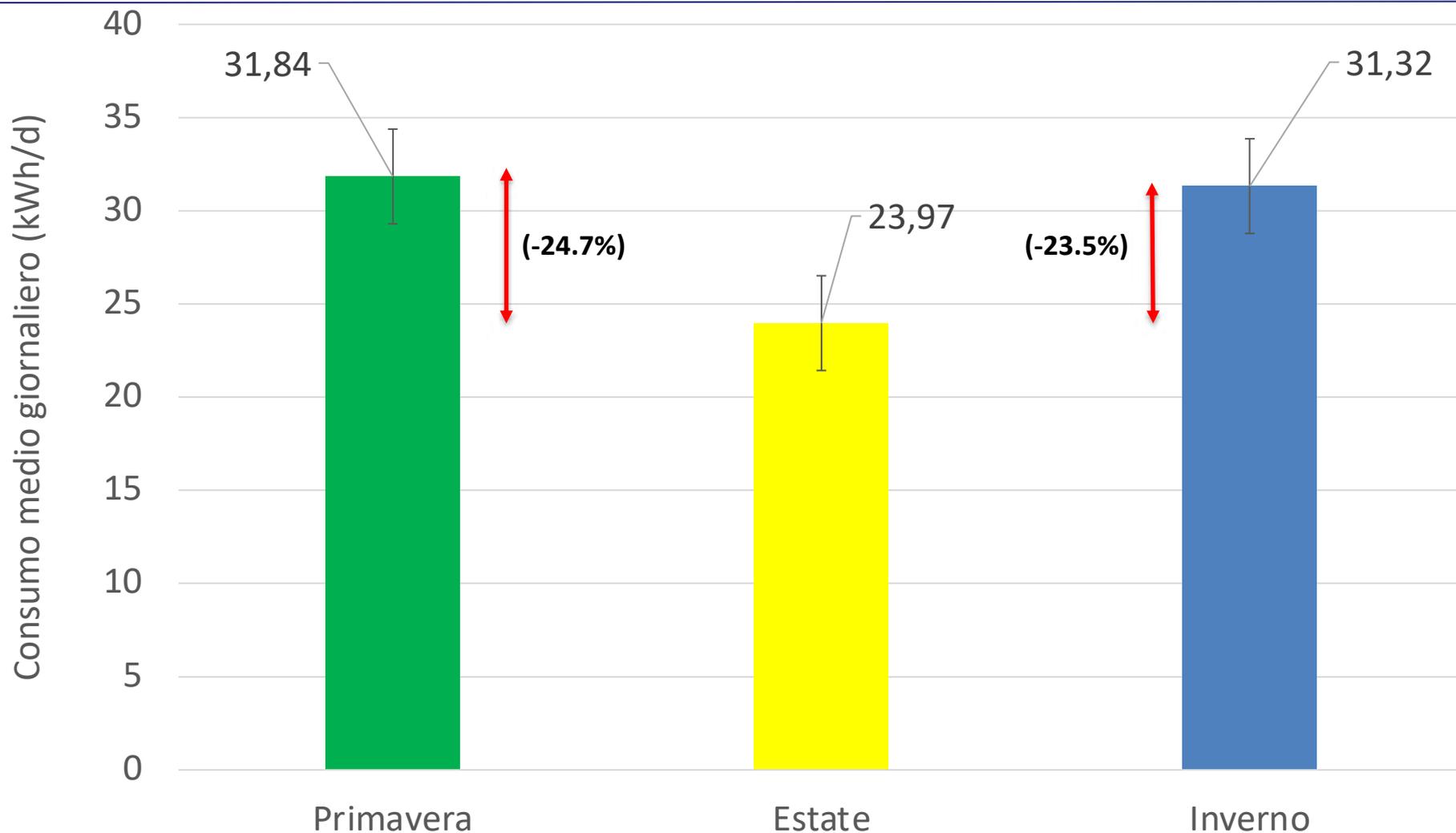
Per ciascuna fase, misurati: tensione (V), corrente (A), potenza (W) e fattore di potenza $\cos \phi$

Rilevamenti in tre stagioni differenti, durata 3 giorni, frequenza di campionamento di 0.2 Hz (1 campione ogni 5 s)

AFS: consumo giornaliero (kWh/d), consumo per 100 kg di TMR (Total Mixed Ration) prodotta (kWh/100 kg)



Azienda 2 - Consumo medio di energia



Azienda 2 - Consumo medio di energia

Rilievo	TMR prodotta (kg/d)	Consumo giornaliero AFS (kWh)	Consumo totale per 100 kg di TMR (kWh/100 kg)	Costo energetico giornaliero (€/d)
primaverile	7702	31.84	0.41	7.32
estivo	6817	23.97	0.35	5.51
invernale	7579	31.32	0.41	7.20

- Calo di TMR prodotta
- Variazione delle razioni, < trinciatura dei foraggi affienati operata dall'AFS



Azienda 2 - Costi preparazione e distribuzione unifeed



CFS

AFS

Utilizzo (h/d)	2.5	22.5
Consumo energetico (kWh/d)	347.67*	29.05
Costo per l'energia (€/d)	28.6**	6.7***
Costo orario (C.F.+C.V.) (€/h)	86.5	7.2
Costo giornaliero (€/d)	216.2	162.0

-91.6%
Energia

-25%
Costi

* Consumo C.m. semovente = 14.3 L/h PCI gasolio = 11.86 kWh/kg, densità gasolio = 0.82 kg/L

** Costo gasolio = 0.80 €/kg

*** Costo energia = 0.23 €/kWh



Il software gestionale per gli AFS

1 Alimentazione
 2 Nome : XXXX
 3 Indirizzo :
 4 Città :
 5 Conto:101 Alimentazione - Pascazio 09/04/2008 11:49:22

Media Settimane	Data	Collocazione	N. animali ad	mantenimen to	Totale	Totale distribuito (Kg di prodotto)			Concentrato Aromatizzato	Somministrazione per vacca (kg sostanza secca) - Totale	Somministrato per vacca (kg) - Totale	Manti di ruminazione	Costo alimentare - Totale	Costo alimentare per 100 kg di latte - Totale	Produzione giornaliera seca (kg)	Efficienza alimentare 1.64
						Fieno	Miscele	Concentrato Vettore								
					268422	189591	12356	51855.4	26002	21.8	41	213	14.91			
1	08/04/2008	Lattina 101	81	4	2028	1818	12.3	585.3	261	22.1	42.9	450	129.18	14.4	27.2	1.7
12	07/04/2008	Lattina 101	81	4	2028	1807	12.3	593.4	269	22.2	43.8	458	131.14	14.32	27.8	1.77
13	06/04/2008	Lattina 101	80	4	2028	1828	12.4	526	267	22.1	43.4	478	147.49	14.65	30.1	1.66
14	05/04/2008	Lattina 101	80	4	2081	1875	12.1	547.8	287	24	48.7	460	151.52	15.23	28.5	1.6
15	04/04/2008	Lattina 101	81	4	2081	1814	12.1	587.3	282	21.8	42.7	497	158.23	14.34	27.8	1.72
16	03/04/2008	Lattina 101	82	4	2082	2029	12.7	388	271	22.7	45.1	475	158.96	15.42	27.4	1.59
17	02/04/2008	Lattina 101	82	4	2029	1828	12.3	588.4	288	21.8	42.7	487	151.18	14.34	27.2	1.71
18	01/04/2008	Lattina 101	82	4	2027	2002	12.5	581.8	286	22.4	43.9	492	152.43	15.32	26.8	1.57
19	31/03/2008	Lattina 101	82	4	2028	2085	12.2	585.2	284	22.1	47.2	488	160.2	15.48	27.4	1.58
20	30/03/2008	Lattina 101	82	4	2028	1841	12.1	585.7	285	21.8	42.3	478	158.84	14.34	27.2	1.75
21	29/03/2008	Lattina 101	81	4	2026	1827	12.7	525.8	286	22.7	44.8	479	168.57	15.1	28.2	1.41
22	28/03/2008	Lattina 101	81	4	2028	2025	12.1	545.5	284	22.7	45.8	478	148.42	15.09	28	1.6
23	27/03/2008	Lattina 101	80	4	2026	1774	11.3	478.8	288	21.8	42.3	486	151.54	15.75	28	1.38
24	26/03/2008	Lattina 101	80	4	2027	1891	12.8	522.7	291	22.6	44.8	488	154.8	15.42	28.2	1.58
25	25/03/2008	Lattina 101	80	4	2042	1828	12.2	592.2	297	22.2	44	488	158.18	15.38	28.2	1.41
26	24/03/2008	Lattina 101	80	4	2040	2111	12	578.2	297	22.2	44.9	499	164.34	15.28	28	1.35
27	23/03/2008	Lattina 101	80	4	2040	1842	12.5	534.7	291	22.3	45.7	495	169.23	15.49	28.2	1.37
28	22/03/2008	Lattina 101	80	4	2042	1891	12	485.7	293	21.8	42.8	484	152.12	14.45	27.2	1.37
29	21/03/2008	Lattina 101	80	4	2041	1891	12.2	548.2	299	22.1	45.8	475	149.78	15.82	28.8	1.32
30	20/03/2008	Lattina 101	81	4	2039	1828	12.1	524	282	22	42.8	478	158.29	14.75	28.8	1.47
31	19/03/2008	Lattina 101	81	4	2051	2024	12.2	589.8	282	22.8	45.2	487	168.68	15.68	28.2	1.51
32	18/03/2008	Lattina 101	81	4	2052	1862	12.2	529.8	288	21.8	42.3	488	152.97	15.07	28	1.42
33	17/03/2008	Lattina 101	81	4	2081	1871	12.1	544.8	294	22.2	45.9	488	164.12	15.38	28.2	1.36
34	16/03/2008	Lattina 101	81	4	2024	1866	12.7	525.4	271	22.2	44.8	488	163.02	15.34	28.2	1.4
35	15/03/2008	Lattina 101	82	4	2081	1877	12.3	522.8	298	22.8	45.2	482	163.28	15.41	28.2	1.38
36	14/03/2008	Lattina 101	82	4	2080	2128	12.9	578.1	286	22.5	48.1	484	161.77	16.54	28.2	1.45
37	13/03/2008	Lattina 101	82	4	2027	2078	12.7	588.8	292	22.9	47.2	485	167.82	16.2	28.4	1.48
38	12/03/2008	Lattina 101	82	4	2029	2087	12.7	589.2	282	24	47.2	489	168.22	15.85	28.2	1.32
39	11/03/2008	Lattina 101	82	4	2074	1766	11.8	487.2	288	21.2	44.2	486	158.12	15.81	28.2	1.38
40	10/03/2008	Lattina 101	82	4	2027	1825	12	538.2	292	22.4	45.8	488	158.14	15.82	28	1.39
41	09/03/2008	Lattina 101	84	4	2087	2027	12.3	557.8	286	22	45.2	472	158.48	15.34	28.8	1.6
42	08/03/2008	Lattina 101	84	4	2084	1871	12	487.2	282	22.2	47.2	472	163.98	12.82	28.8	1.82
43	07/03/2008	Lattina 101	88	4	2029	1898	12.4	523.1	284	21.8	42.8	478	158.28	14.78	28	1.42
44	06/03/2008	Lattina 101	84	4	2081	2068	12.4	528.8	288	22.2	44.8	475	162.1	15.78	28.8	1.32
45	05/03/2008	Lattina 101	84	4	2082	2069	12.3	582.7	282	22.1	47.8	484	154.92	15.82	28.8	1.31



Il software gestionale per gli AFS

1 Alimentamento
 2 Nome : XXXX
 3 Indirizzo :
 4 Città :
 5 Conto:734

6
 7 03/03/2021 16:38

8 **Alimentazione - Giorni di distribuzione vector**

Data	Collocazione	Nome Rastrelliera	Intervallo	Nome razione	HFR	Somministrato totale (kg)	Silomais kg %	Pastore kg %	Far mais terra kg %	Paglia kg %	Ucar di sodio kg %	Mangime kg %	Far Mais Sio kg %
28/02/2021 23:49	Box18 Interno Sx	Box18	04:17	ARRIVO	1	98,3	51,9 52,8	23,5 23,8		13,4 13,6	0,2	0,2	5,3 9,3
28/02/2021 23:49	Box23 Interno Dx	Box23	04:17	ARRIVO	1	92,3	48,7 52,8	22,8 23,8		13,6 13,6	0,2	0,2	5,7 9,3
28/02/2021 23:19	Box 1 Esterno	Box 1	02:36	Femmine fess.	2	77,0	46,9 60,9	18,4 23,8	0,0	8,0 8,5	8,4	0,1	0,2 5,1 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 23:19	Box 8 Esterno	Box 8	02:36	Femmine fess.	2	79,3	48,3 60,9	19,8 23,8	0,0	8,0 8,7	8,4	0,2	0,2 5,3 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 23:19	Box 9 Interno Sx	Box 9	02:36	Femmine fess.	2	70,8	43,0 60,9	16,8 23,8	0,0	8,0 8,9	8,4	0,1	0,2 4,7 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 23:19	Box10 Interno Sx	Box10	02:36	Femmine fess.	2	75,7	46,1 60,9	18,1 23,8	0,0	8,0 8,3	8,4	0,1	0,2 5,0 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 23:19	Box11 Interno Sx	Box11	04:41	Femmine fess.	2	77,1	47,0 60,9	18,4 23,8	0,0	8,0 8,5	8,4	0,1	0,2 5,1 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 23:19	Box12 Interno Sx	Box12	06:31	Femmine fess.	2	71,3	43,4 60,9	17,1 23,8	0,0	8,0 8,0	8,4	0,1	0,2 4,7 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 23:19	Box13 Interno Sx	Box13	02:36	Femmine fess.	2	77,7	47,3 60,9	18,8 23,8	0,0	8,0 8,5	8,4	0,1	0,2 5,1 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 23:19	Box26 Interno Dx	Box26	02:36	Femmine fess.	2	63,9	40,1 60,9	13,7 23,8	0,0	8,0 8,5	8,4	0,1	0,2 4,4 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 22:27	Box 37 Tettoio	Box 37	10:52	ARRIVO	1	101,5	55,9 53,1	21,7 21,3		14,5 14,1	0,2	0,2	5,5 9,3
28/02/2021 22:27	Box22 Interno Dx	Box22	02:33	ARRIVO	1	99,7	54,9 53,1	21,3 21,3		14,1 14,1	0,2	0,2	5,3 9,3
28/02/2021 22:27	Box24 Interno Dx	Box24	02:33	ARRIVO	1	97,6	53,7 53,1	20,8 21,3		13,8 14,1	0,2	0,2	5,1 9,3
28/02/2021 22:27	Box25 Interno Dx	Box25	02:33	ARRIVO	1	94,4	52,6 53,1	20,1 21,3		13,5 14,1	0,2	0,2	5,0 9,3
28/02/2021 21:23	Box 4 Esterno	Box 4	06:15	Femmine fess.	2	77,1	46,9 60,9	18,1 23,8	0,0	8,0 8,0	8,0	0,1	0,2 5,1 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 21:23	Box 6 Esterno	Box 6	08:00	Femmine fess.	2	76,0	46,3 60,9	17,9 23,8	0,0	8,0 8,7	8,0	0,1	0,2 5,0 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 21:23	Box 7 Esterno	Box 7	02:43	Femmine fess.	2	78,8	48,0 60,9	18,5 23,8	0,0	8,0 8,9	8,0	0,1	0,2 5,2 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 21:23	Box14 Interno Sx	Box14	02:43	Femmine fess.	2	76,9	46,8 60,9	18,1 23,8	0,0	8,0 8,0	8,0	0,1	0,2 5,1 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 21:23	Box16 Interno Sx	Box16	04:33	Femmine fess.	2	77,2	47,0 60,9	18,1 23,8	0,0	8,0 8,0	8,0	0,1	0,2 5,1 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 21:23	Box27 Interno Dx	Box27	02:43	Femmine fess.	2	66,4	40,4 60,9	13,8 23,8	0,0	8,0 8,0	8,0	0,1	0,2 4,4 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 21:23	Box 2 Esterno	Box 2	02:43	Femmine fess.	2	72,6	44,2 60,9	17,8 23,8	0,0	8,0 8,4	8,0	0,1	0,2 4,0 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 21:23	Box 3 Esterno	Box 3	04:33	Femmine fess.	2	74,2	43,1 60,9	17,4 23,8	0,0	8,0 8,5	8,0	0,1	0,2 4,9 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 20:22	Box 1 Esterno	Box 1	05:14	Femmine fess.	1	72,8	44,8 61,6	16,5 22,8	0,0	8,0 8,6	9,0	0,1	0,2 4,8 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 20:22	Box 5 Esterno	Box 5	05:14	Femmine fess.	1	68,4	42,7 61,6	15,7 22,8	0,0	8,0 8,3	9,0	0,1	0,2 4,6 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 20:22	Box 8 Esterno	Box 8	03:34	Femmine fess.	1	70,5	43,4 61,6	16,8 22,8	0,0	8,0 8,4	9,0	0,1	0,2 4,7 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 20:22	Box 9 Interno Sx	Box 9	05:14	Femmine fess.	1	64,5	39,7 61,6	14,8 22,8	0,0	8,0 8,0	9,0	0,1	0,2 4,3 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 20:22	Box10 Interno Sx	Box10	03:34	Femmine fess.	1	71,0	43,7 61,6	16,1 22,8	0,0	8,0 8,4	9,0	0,1	0,2 4,7 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 20:22	Box13 Interno Sx	Box13	05:14	Femmine fess.	1	67,4	41,5 61,6	15,2 22,8	0,0	8,0 8,1	9,0	0,1	0,2 4,4 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 20:22	Box17 Interno Sx	Box17	05:14	Femmine fess.	1	71,7	44,1 61,6	16,2 22,8	0,0	8,0 8,5	9,0	0,1	0,2 4,7 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 20:22	Box26 Interno Dx	Box26	05:14	Femmine fess.	1	60,0	36,9 61,6	13,8 22,8	0,0	8,0 8,4	9,0	0,1	0,2 4,0 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 20:22	Box28 Interno Dx	Box28	03:34	Femmine fess.	1	57,7	35,5 61,6	13,1 22,8	0,0	8,0 8,2	9,0	0,1	0,2 3,8 6,6 0,0 0,0
28/02/2021 19:32	Box 2 Tettoio	Box 27	07:57	ARRIVO	2	101,2	53,5 52,8	24,2 23,8		14,2 14,1	0,2	0,2	5,1 9,0
28/02/2021 19:32	Box18 Interno Sx	Box18	05:42	ARRIVO	2	101,3	53,5 52,8	24,3 23,8		14,3 14,1	0,2	0,2	5,1 9,0
28/02/2021 19:32	Box22 Interno Dx	Box22	07:57	ARRIVO	2	102,2	54,0 52,8	24,5 23,8		14,4 14,1	0,2	0,2	5,2 9,0
28/02/2021 19:32	Box23 Interno Dx	Box23	07:57	ARRIVO	2	100,5	53,1 52,8	24,8 23,8		14,1 14,1	0,2	0,2	5,0 9,0
28/02/2021 19:32	Box24 Interno Dx	Box24	07:57	ARRIVO	2	104,0	54,9 52,8	24,9 23,8		14,6 14,1	0,2	0,2	5,3 9,0
28/02/2021 19:32	Box28 Interno Dx	Box28	07:57	ARRIVO	2	98,7	50,8 52,8	23,1 23,8		13,6 14,1	0,1	0,2	5,6 9,0



Conclusioni

AFS consumi ridotti rispetto ai sistemi convenzionali, abbassamento costo giornaliero da CFS ad AFS.

I dati raccolti e formattati nei software di stalla sono un prezioso aiuto per la gestione della mandria.

L'adozione di AFS può contribuire ad incrementare la competitività degli allevamenti di bovine da latte, anche per quelli di medio-piccole dimensioni.





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI MILANO

Grazie per l'attenzione

