**Analytica 2019**

*Dedicato alle determinazioni analitiche nella filiera lattiero casearia dalla stalla all'industria di trasformazione*

# Opportunità e limiti dell'utilizzo della sensoristica nella zootecnia

**Fabio Abeni, Andrea Galli**

***CREA - Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria***
***Centro di Ricerca Zootecnia e Acquacoltura, Lodi***

***Roma, 21-22 marzo 2019***

***Venerdì 22 marzo ore 9,30-10,00***

# Argomenti

## Contesto produttivo - scenari

- Zootecnia di precisione
  - Concetti
  - Sensori
  - Sistemi PLF: quali priorità
  - Integrazione dei dati
  - Benefici e prospettive

# Contesto produttivo - scenari

**Progresso tecnologico + regolamentazione produzione ⇒**

**⇓ n. bovine allevate e aziende, ⇑ latte/capo e latte/azienda**

**Casi estremi ('super dairy' farms):**

- **Vietnam (29 000 bovine, 7 sale mungitura 2 × 30 poste)**
- **Arabia Saudita (40 000 bovine, 7 sale mungitura 2 × 50 poste)**

7 FULLY AUTOMATED
MILKING PARLOURS

- **Cina (40 000 bovina, 8 sale rotatorie)**

- **Russia-Cina joint development (100 000 bovine in costruzione)**

**Modelli proponibili in Europa (Italia in particolare)?**

# Contesto produttivo - scenari

**Automazione e organizzazione lavoro: + libertà, + tempo per gestione**

**Animali/unità lavoro annuale (AWU): 35-45 capi/AWU in aziende da latte EU (Spicka & Smutka, 2014) e US (Mugera & Bitsch, 2005)**

**Aumentata capacità di acquisizione e stoccaggio dati**

**Maggiore velocità elaborazione dati**

**Maggiore definizione videocamere**

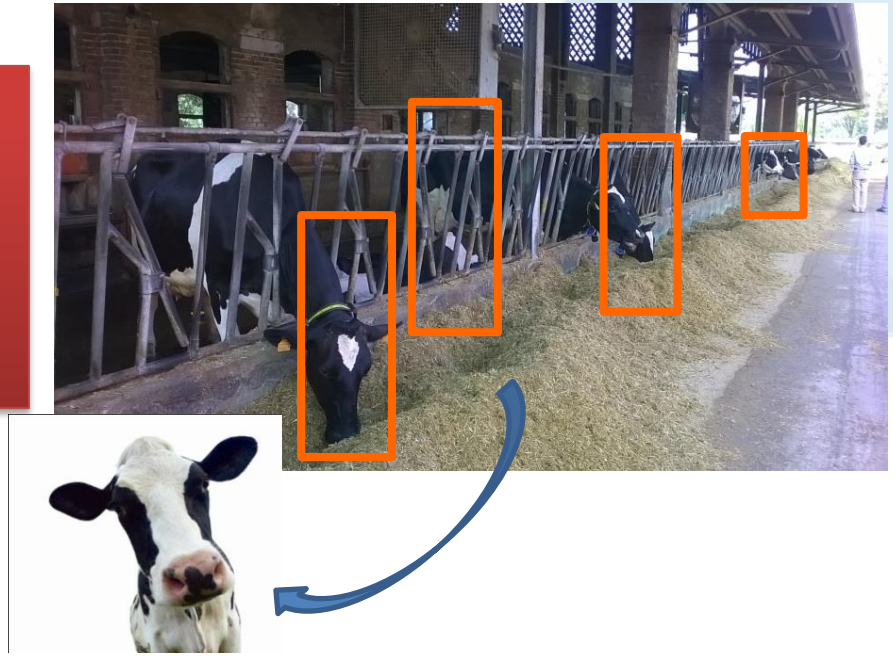
**Sensori più economici e sensibili**

# Zootecnia di precisione - concetti

**L'efficienza produttiva viene associata sempre più al benessere animale con una maggiore consapevolezza dell'esigenza di un allevamento etico**

**L'associazione fra allevamento grande e benessere animale impone un controllo degli animali possibile solo tramite tecniche digitali di misura**

**L'avanzamento del progresso tecnologico e lo sviluppo di nuovi sensori consente di monitorare il singolo animale (e l'ambiente) stante la dimensione dell'allevamento**



**La mandria da un *unicum* diventa un insieme di individualità**

# Zootecnia di precisione - concetti

- **SENSORE** che misura e genera i dati;
- **MODELLO** che dà una interpretazione fisiologica dei dati e genera un «avvertimento» o un segnale;
- **DECISIONE** o **ATTUAZIONE**
- **ESECUZIONE**.

DIAGNOSI precoce

Riduzione farmaci

GESTIONE efficiente

Ottimizzazione alimentazione, riproduzione, …

**SOSTENIBILITA'**

# Zootecnia di precisione - sensori

-crescente offerta di soluzioni, ma **gli allevatori hanno priorità**

-condizioni strutturali azienda + propensione personale imprenditore = **logica adozione dispositivi**

-avvio nuova rivoluzione tecnologica nella zootecnia da latte: ruolo fondamentale dei **robot di mungitura**

- dispositivi “visione artificiale”
- registrazione e controllo della produzione di latte e flusso da ciascun quarto di mammella
- sensoristica determinazione della composizione del latte

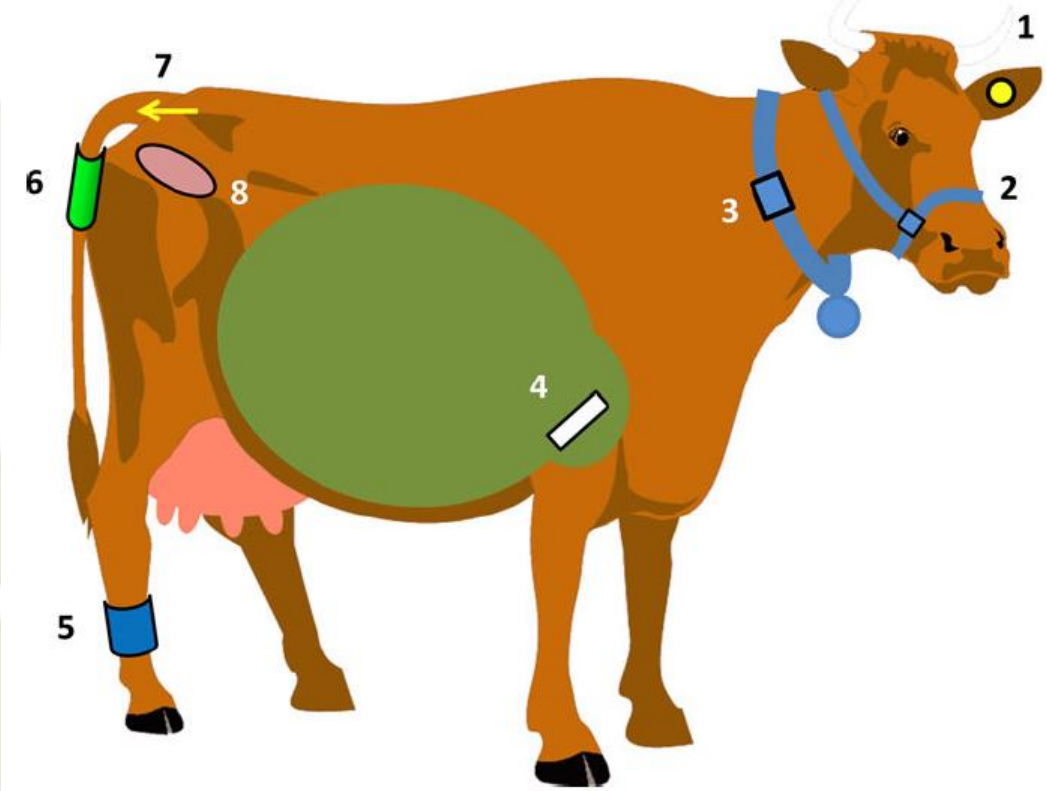
# Sensori – aree di interesse

-**ambiente di stabulazione**: microclima, illuminazione, gas e polveri

-**alimentazione animale**: identificazione momento raccolta foraggi (insilati, fieni, T); fase utilizzo (NIR)

-**benessere-riproduzione-produzione animale**: localizzazione, movimento (diversi tipi di sensori); T corporea, respirazione, ruminazione; latte (componenti, $P_4$, enzimi)

# Zootecnia di precisione - sensori




## Sensori sulla bovina

1. Marca auricolare
2. Cavezza
3. Collare
4. Bolo reticolo-rumine
5. Pedometro
6. Anello coda
7. Sensore sottocute coda
8. Bolo vaginale

# Zootecnia di precisione – sensori (alcuni)

| Sensore | Contesto | Task |
|---|---|---|
| Telecamera nel visibile | Computer Vision | Rilievo BCS<br>Analisi Mix Carro miscelatore |
| Telecamera ad infrarossi | Termografia | Analisi insilamento<br>Rilievo patologie mammella, arti |
| NIR | Analisi quantitativa | Analisi insilato |
| Attivometro | Analisi movimento | Rilievo calore<br>Rilievo patologie arti/piedi<br>Rilievo comportamentale |
| Microfono | Analisi ruminazione | Rilievo calore<br>Rilievo patologie alimentari<br>Rilievo comportamentale<br>Rilievo patologie polmonari (?) |

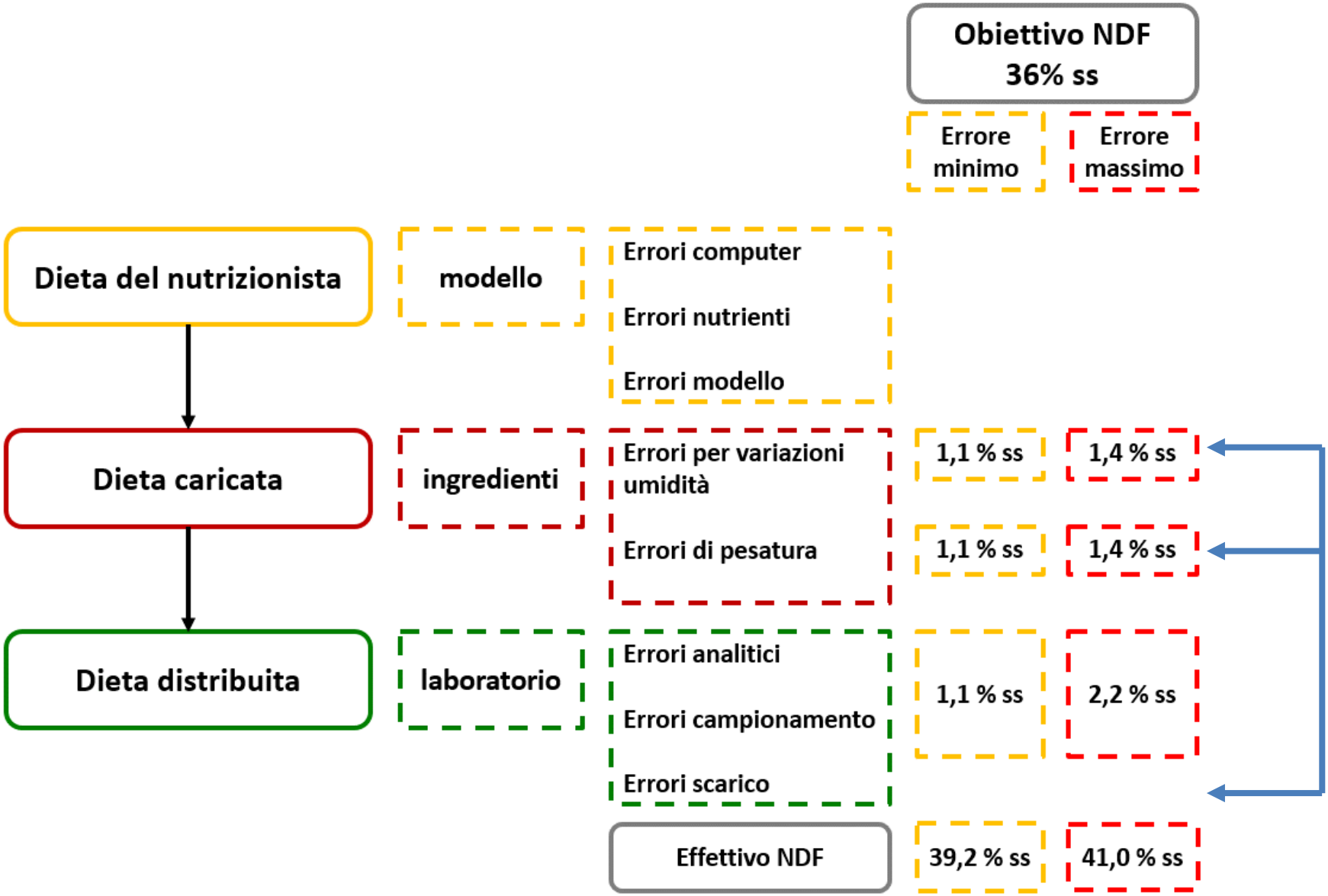
**Un sensore per più task, ma anche la stessa task tramite diversi sensori !**

## Efficiente uso dell'N: effetto gestione gruppi

| Numero di gruppi | Gruppo | Proteina grezza (% ss) | Produzione media latte (kg/d) | Escrezione totale N (g/d) | Escrezione N/kg di latte (g/kg) | MN:NEX (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 17,7 | 35,1 | 432 | 12,31 | 81,23 |
| 2 | 1 | 18,0 | 41,4 | 473 | 11,43 | 87,49 |
| | 2 | 16,9 | 29,3 | 371 | 12,66 | 78,99 |
| | media | 17,5 | 35,3 | 423 | 11,98 | 83,47 |
| 3 | 1 | 18,2 | 44,0 | 495 | 11,25 | 88,89 |
| | 2 | 17,3 | 35,0 | 410 | 11,71 | 85,40 |
| | 3 | 16,3 | 27,5 | 343 | 12,47 | 80,19 |
| | media | 17,3 | 35,5 | 416 | 11,72 | 85,32 |

St-Pierre e Thraen, 1999

# L'alimentazione di precisione: dal computer del nutrizionista alla bocca della singola bovina




Rossow and Aly, 2013

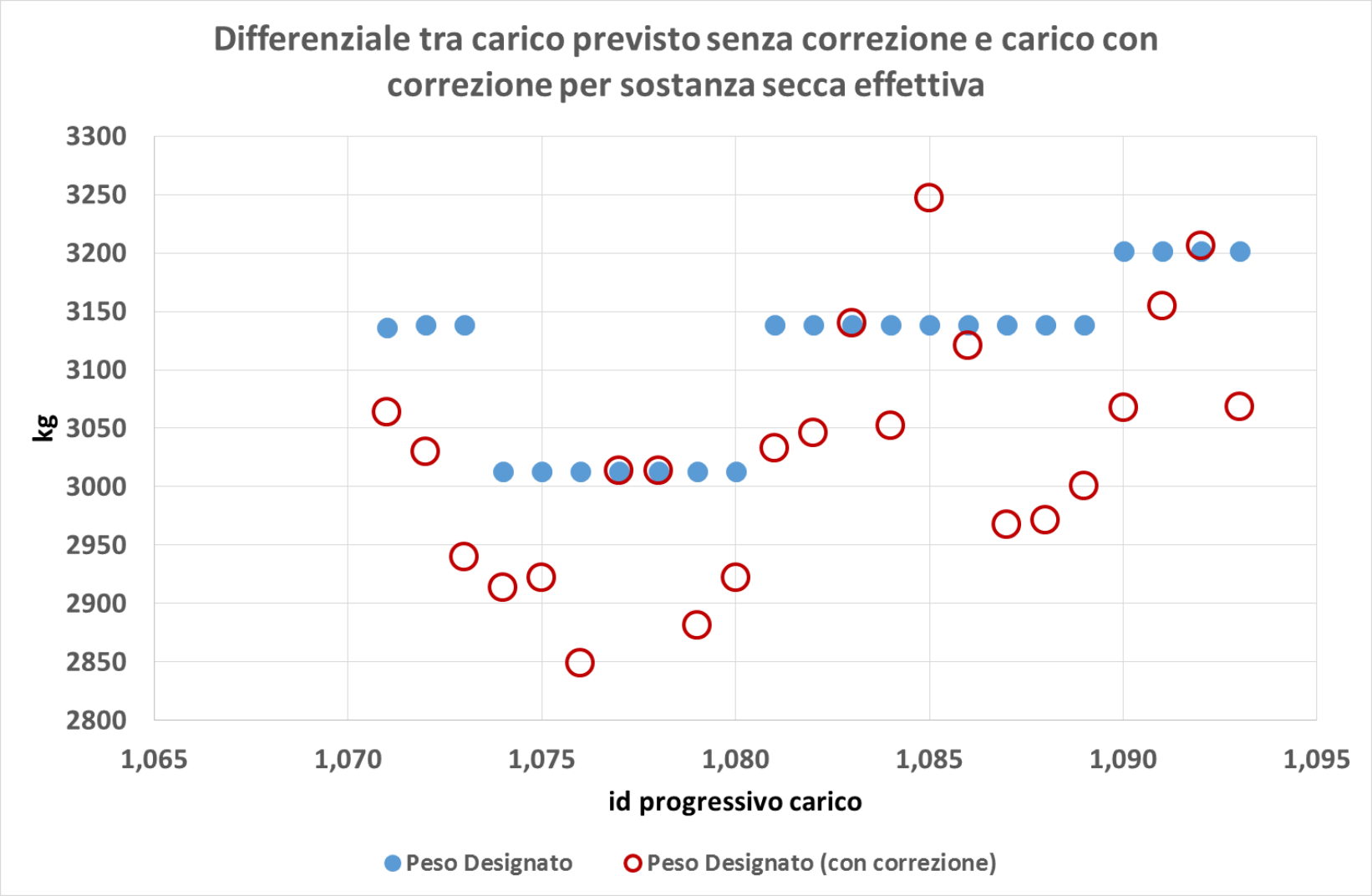
# Alimentazione/insilamento

**Variabilità della % in sostanza secca nello spazio**

**Variabilità della % in sostanza secca nel tempo**

# Alimentazione di precisione in relazione alla variabilità degli alimenti: il grosso ruolo degli insilati

## Corretto inserimento silomais in funzione della sostanza secca



# Storico analisi NIR

oad.wgx - Mozilla Firefox

com/twapp002/(S(xdazimsj1rsjddawgox2mgrz)

Zoom automatico

dinamica generale

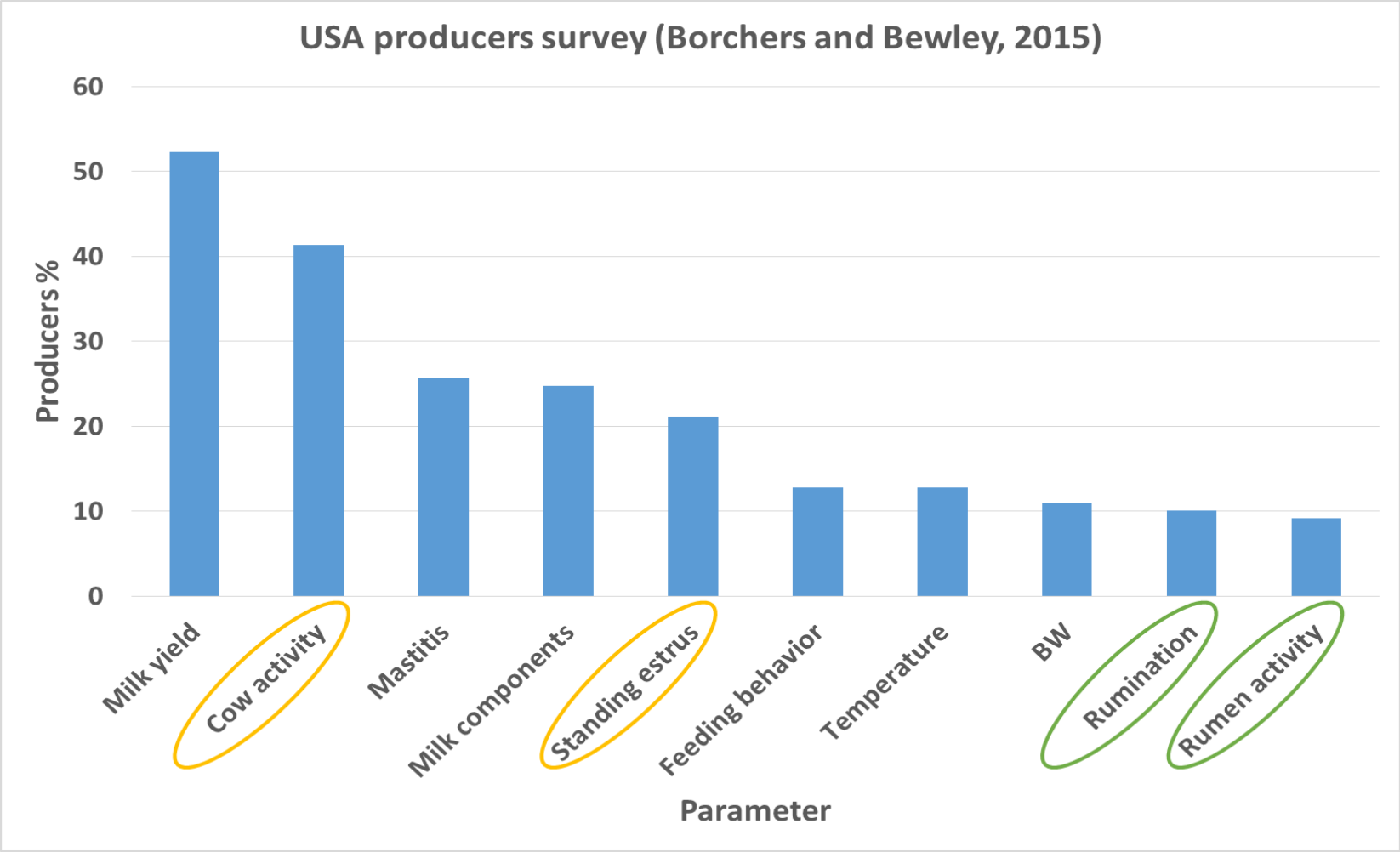
## Dettaglio Analisi NIR

*Dettaglio Analisi NIR*

| Id Componente | Componente | Famiglia NIR | N° di Analisi |
|---|---|---|---|
| 7 | Mais Trinciato | Silomais | 59 |

| Id Carico | Data | Ora di Inizio | Ora di Fine | Sostanza Secca | ADF | Ceneri | Estratto Etereo | Proteina Grezza | NDF | Amido |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 841 | 31/08/2017 | 08:46 | 08:09 | 33,48 | 26,02 | 4,38 | 2,83 | 6,82 | 45,72 | 26,09 |
| 840 | 30/08/2017 | 09:10 | 08:03 | 33,78 | 25,34 | 4,26 | 2,82 | 6,97 | 44,80 | 27,14 |
| 839 | 29/08/2017 | 08:48 | 08:29 | 31,94 | 26,83 | 4,40 | 2,69 | 7,37 | 46,07 | 26,35 |
| 838 | 28/08/2017 | 13:47 | 08:05 | 34,13 | 26,61 | 4,44 | 2,74 | 6,96 | 46,46 | 25,51 |
| 837 | 28/08/2017 | 07:37 | 08:45 | 33,24 | 25,49 | 4,28 | 2,81 | 7,09 | 45,51 | 26,89 |
| 836 | 26/08/2017 | 08:18 | 07:38 | 33,53 | 26,66 | 4,38 | 2,75 | 6,99 | 45,97 | 26,39 |
| 835 | 25/08/2017 | 08:46 | 07:35 | 33,80 | 26,27 | 4,40 | 2,77 | 6,91 | 46,36 | 25,53 |
| 834 | 24/08/2017 | 08:15 | 08:11 | 33,01 | 26,61 | 4,39 | 2,72 | 7,10 | 46,03 | 25,50 |
| 833 | 23/08/2017 | 09:02 | 07:41 | 33,96 | 25,92 | 4,23 | 2,82 | 6,94 | 44,88 | 27,34 |
| 832 | 22/08/2017 | 09:27 | 08:28 | 32,43 | 26,32 | 4,40 | 2,73 | 6,95 | 46,04 | 25,41 |
| 831 | 21/08/2017 | 13:50 | 08:05 | 34,10 | 26,30 | 4,44 | 2,81 | 6,85 | 46,34 | 25,98 |
| 830 | 20/08/2017 | 08:38 | 09:10 | 31,85 | 27,07 | 4,36 | 2,62 | 7,40 | 45,91 | 25,63 |
| 829 | 19/08/2017 | 08:43 | 08:31 | 30,93 | 27,56 | 4,53 | 2,69 | 7,31 | 46,15 | 24,98 |
| 827 | 17/08/2017 | 09:05 | 08:16 | 33,72 | 26,82 | 4,38 | 2,71 | 6,92 | 46,67 | 25,02 |
| 826 | 16/08/2017 | 09:35 | 08:23 | 32,76 | 27,29 | 4,38 | 2,69 | 7,11 | 47,44 | 25,84 |
| 825 | 16/08/2017 | 07:37 | 08:48 | 32,41 | 26,00 | 4,36 | 2,80 | 6,96 | 45,46 | 26,15 |
| 824 | 14/08/2017 | 09:51 | 07:44 | 32,51 | 27,10 | 4,38 | 2,68 | 7,11 | 45,75 | 25,69 |
| 823 | 14/08/2017 | 08:01 | 09:02 | 33,44 | 26,35 | 4,29 | 2,72 | 6,89 | 46,50 | 25,83 |
| 822 | 12/08/2017 | 08:24 | 08:07 | 32,85 | 27,73 | 4,49 | 2,69 | 7,10 | 47,71 | 26,02 |
| 821 | 11/08/2017 | 08:15 | 07:53 | 33,91 | 26,79 | 4,38 | 2,72 | 7,01 | 45,80 | 25,80 |
| 820 | 10/08/2017 | 09:35 | 08:07 | 32,94 | 26,07 | 4,22 | 2,71 | 7,13 | 44,97 | 26,57 |
| 819 | 09/08/2017 | 09:03 | 08:04 | 33,07 | 26,92 | 4,43 | 2,68 | 7,11 | 45,99 | 25,03 |
| 818 | 08/08/2017 | 13:52 | 08:22 | 33,86 | 26,26 | 4,30 | 2,71 | 7,24 | 45,58 | 26,65 |
| 817 | 07/08/2017 | 10:40 | 08:10 | 33,45 | 26,40 | 4,33 | 2,76 | 6,97 | 45,70 | 26,06 |
| 816 | 07/08/2017 | 08:03 | 09:34 | 33,26 | 26,75 | 4,31 | 2,77 | 6,94 | 46,51 | 26,41 |
| 815 | 05/08/2017 | 08:49 | 08:30 | 34,06 | 26,09 | 4,24 | 2,75 | 6,95 | 46,02 | 26,30 |

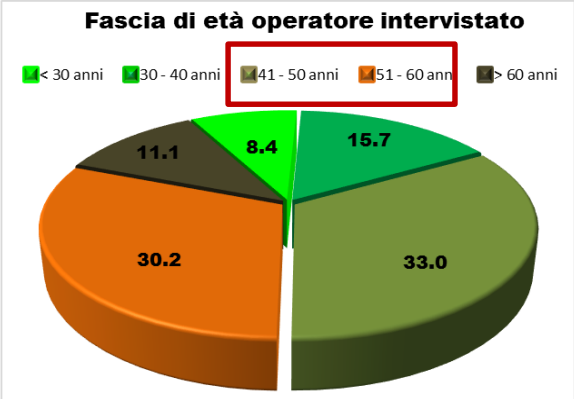
# Sistemi PLF – quali priorità

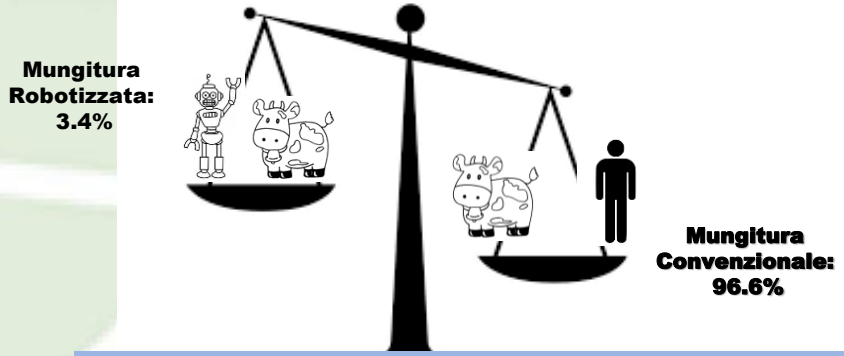


# Sistemi PLF – qua

**Progetto CARIPLO**
**Cremona Food-LAB**

| Località | Cremasco (n=165, 38%) | | Cremonese (n=191, 43%) | | Casalasco (n=85, 19%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | media | mediana | media | mediana | media | mediana |
| | *(range)* | | *(range)* | | *(range)* | |
| Superficie aziendale (ha) | **76.1** | **53** | **109** | 80 | **117** | 75 |
| | *(2-450)* | | *(8-770)* | | *(30-900)* | |
| Dimensione mandria (vacche in lattazione + asciutta, n.) | **168** | 133 | **210** | 176 | **181** | 134 |
| | *(5-1029)* | | *(30-1000)* | | *(36-652)* | |
| Variazione mandria vs 2015 (%) | **0.08** | 0.64 | **1.6** | 3 | **1.5** | 1.5 |
| | *(-63.2-81.5)* | | *(-47.5-25.7)* | | *(-25.8-36 )* | |
| Produzione media di latte pro-capite annua (kg/305 gg) | **9621** | 9729 | **9926** | 9916 | **10032** | 10066 |
| | *(4114-13561 )* | | *(4355-15554)* | | *(6766-12761)* | |
| Manodopera totale (lavoratori a tempo pieno, n.) | **3.8** | 3.5 | **4.7** | 4 | **4.5** | 4 |
| | *(1-24)* | | *(2-12)* | | *(1-14)* | |
| Operai stalla (n.) | **1.6** | 1.5 | **2.4** | 2 | **2.4** | 2 |
| | *(0.5-5)* | | *(1-8)* | | *(0.5-9)* | |
| Operai campi (n.) | **2.2** | 2 | **2.4** | 2 | **2.2** | 2 |
| | *(0-19)* | | *(1-5* | | *(0.5-8)* | |




| Livello produttivo | n° aziende (%) | Dimensione mandria (n.) | n° aziende (%) |
|---|---|---|---|
| < 9500 | 154 (35%) | < 100 vacche | 115 (26%) |
| 9500 - 10500 | 163 (37%) | 100-200 vacche | 180 (41%) |
| > 10500 | 124 (28%) | > 200 vacche | 146 (33%) |
| | | | |
| tot | 441 | tot | 441 |

## Il questionario del CREA e dell'APA-CR: dati generali aziende

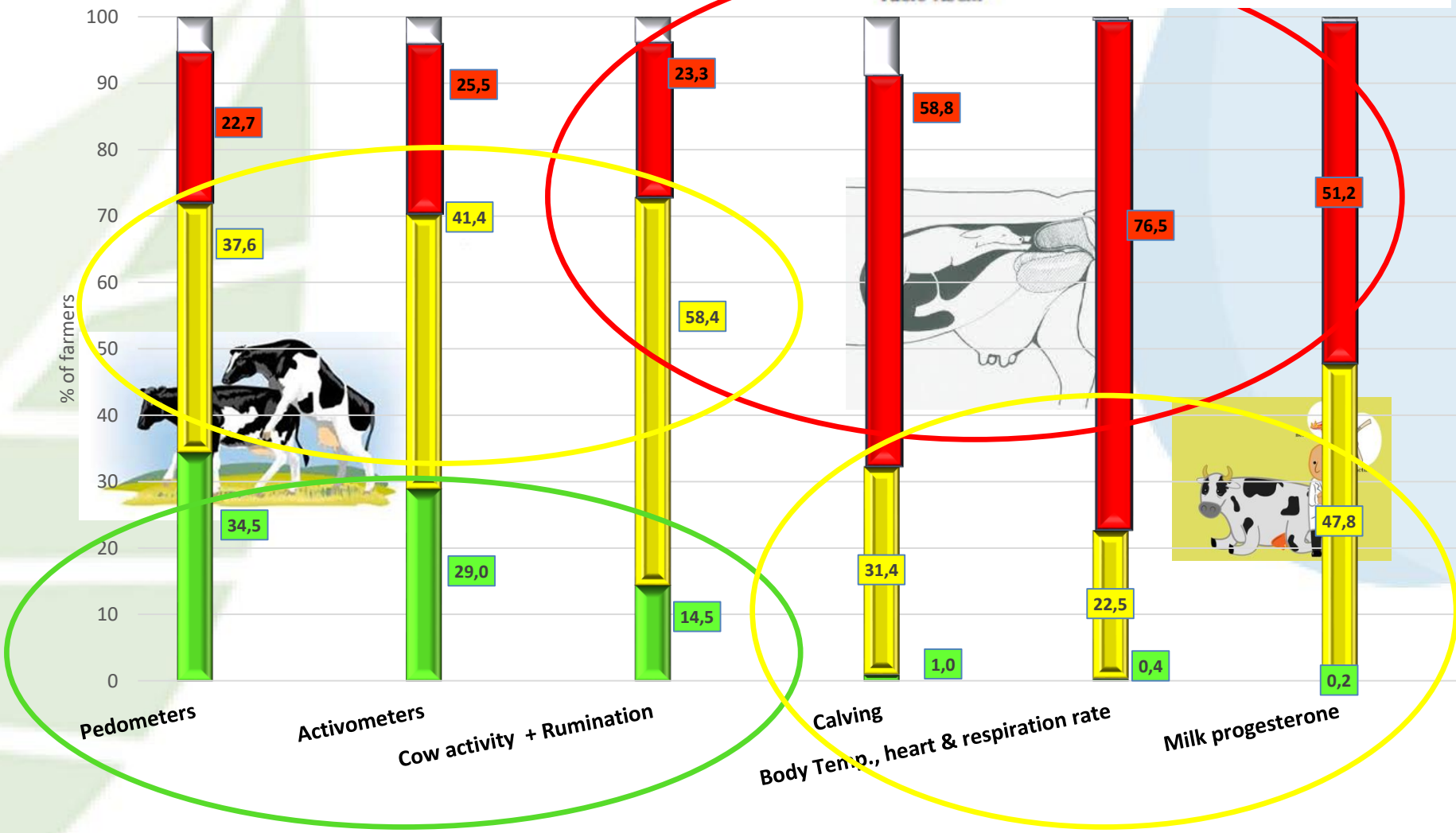
Italian Journal of Animal Science 2017; volume 16: supplemen
ANIMAL HUSBANDRY AND ENVIRONMENTAL IMPACT - HUSBANDRY SYSTEMS AND SOCIO-ECONOMIC ANALYS

Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria

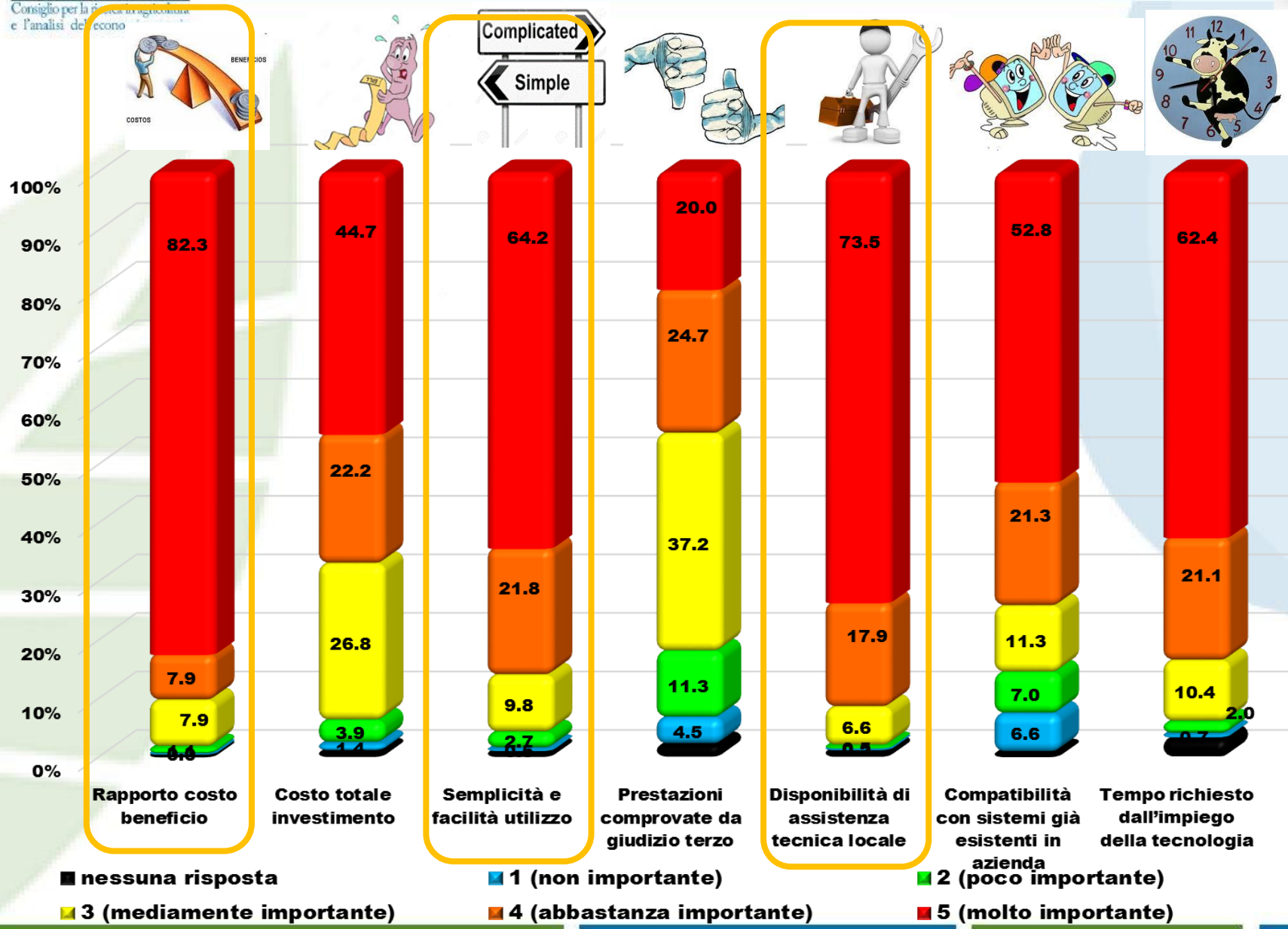
O098

# Survey on dairy farmer use and interest for precision livestock farming tools

Francesca Petrera[1], Giovanni Tagliaferri[2], Andrea Galli[1], Fabio Abeni[1]



# Criteri per acquisto di tecnologie di precisione

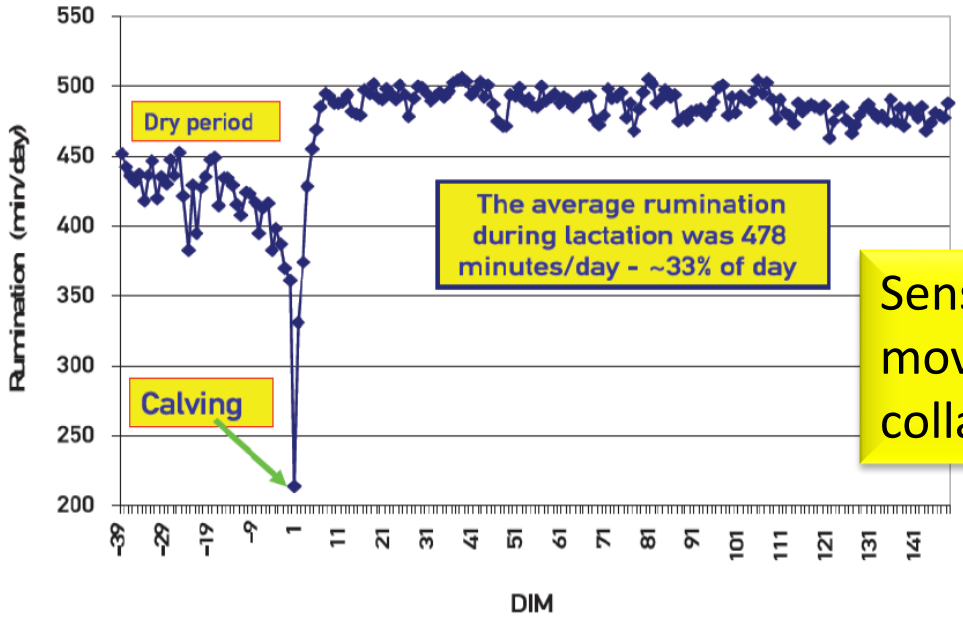


# Sistemi PLF – quali priorità (inchiesta)

- **È in corso un processo di diffusione della PLF**

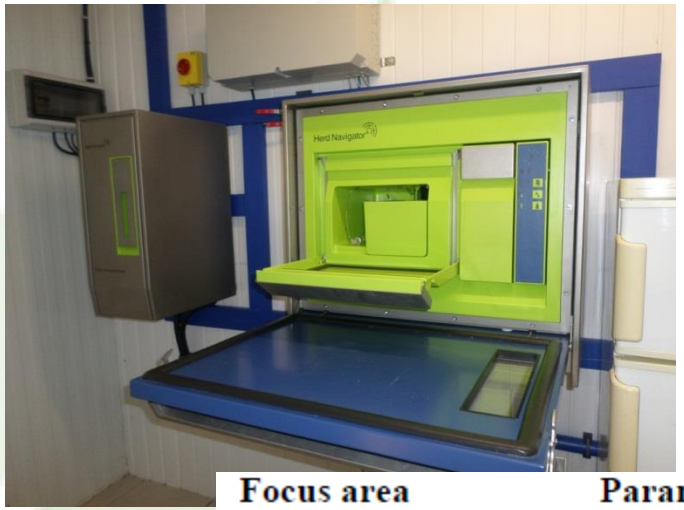
- **Il rapporto costo/beneficio, la semplicità uso e la disponibilità di assistenza tecnica determinano la prospettiva d'acquisto, più che il costo delle attrezzature.**
- **In uso e grande interesse per**
  - **Rilievo automatico produzione**
  - **Rilevazione estro** (pedometri e attivometri)
  - **Ruminazione**
  - **Progesterone**

# Ruminazione




Sensori della ruminazione e del movimento (accelerometro) posti in un collare, applicato agli animali

# Stato Riproduttivo e Metabolico




| Focus area | Parameter analyzed in milk | Early/on time detection |
|---|---|---|
| Reproduction | Progesterone | Heat<br>Silent heat<br>Pregnancy confirmation<br>Abortion<br>Cysts<br>Anestrus |
| Udder health | LDH – Lactate Dehydrogenase | Mastitis<br>Subclinical mastitis |
| Feeding and energy balance | Urea<br>BHB – Beta Hydroxy Butyrate | Feed ration – protein<br>Ketosis<br>Subclinical ketosis<br>Secondary metabolic disorders |

# Integrazione dati

- **È il vero attuale limite alla diffusione e piena valorizzazione della PLF**

- **Altri importanti limiti:**
  - **Preparazione degli operatori**
  - **Rischi di overlapping tra sistemi**
  - **Percezione del grado di «maturità» dei sistemi**

# Definizione nuovi fenotipi

-nuove informazioni su singoli animali → nuovi **fenotipi**

-possibili strategie selettive per **miglioramento genetico**

-particolare attenzione a impatto ambientale e **adattamento animale** allevato a mutate condizioni clima

-esempio «**mungibilità**» («figlia» della mungitura automatizzata)

# Esempio «mungibilità»

2006 →

robotic milking - milkability - genetics

ELSEVIER

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Livestock Science 104 (2006) 135–146

LIVESTOCK SCIENCE

www.elsevier.com/locate/livsci

Estimates of genetic parameters for milkability from automatic milking

S. Gäde *, E. Stamer, W. Junge, E. Kalm

*Institute of Animal Breeding and Husbandry, Christian-Albrechts-University, Hermann-Rodewald-Straße 6, D-24118 Kiel, Germany*

$h^2$=0.55, $h^2$=0.55 e $h^2$=0.39 per flusso medio, flusso max e t_mung

2014 →

J. Dairy Sci. 97:497–506
http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-6948
© American Dairy Science Association®, 2014.

**Genetic evaluation of in-line recorded milkability from milking parlors and automatic milking systems**

**C. Carlström,*[1] E. Strandberg,* K. Johansson,† G. Pettersson,‡ H. Stålhammar,§ and J. Philipsson***
*Department of Animal Breeding and Genetics, Swedish University of Agricultural Sciences, PO Box 7023, SE-750 07 Uppsala, Sweden
†Växa Sweden, Box 7023, S-75007 Uppsala, Sweden
‡Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, SE-753 23 Uppsala, Sweden
§Viking Genetics, Box 64, S-532 21 Skara, Sweden

… pochi controlli funzionali per vacca possono fornire valori genetici accurati sulla mungibilità.

# Esempio «mungibilità»

2019 →

J. Dairy Sci. 102:1386–1396
https://doi.org/10.3168/jds.2018-14838
© American Dairy Science Association®, 2019.

**Genetic analysis of udder conformation traits derived from automatic milking system recording in dairy cows**

M. Poppe,[1]* H. A. Mulder,[1] B. J. Ducro,[1] and G. de Jong[2]
[1]Wageningen University & Research Animal Breeding and Genomics, PO Box 338, 6700 AH Wageningen, the Netherlands
[2]CRV BV, Wassenaarweg 20, 6843 NW Arnhem, the Netherlands

Udder depth

Front teat distance
Rear teat distance

Distance front-rear

Udder balance

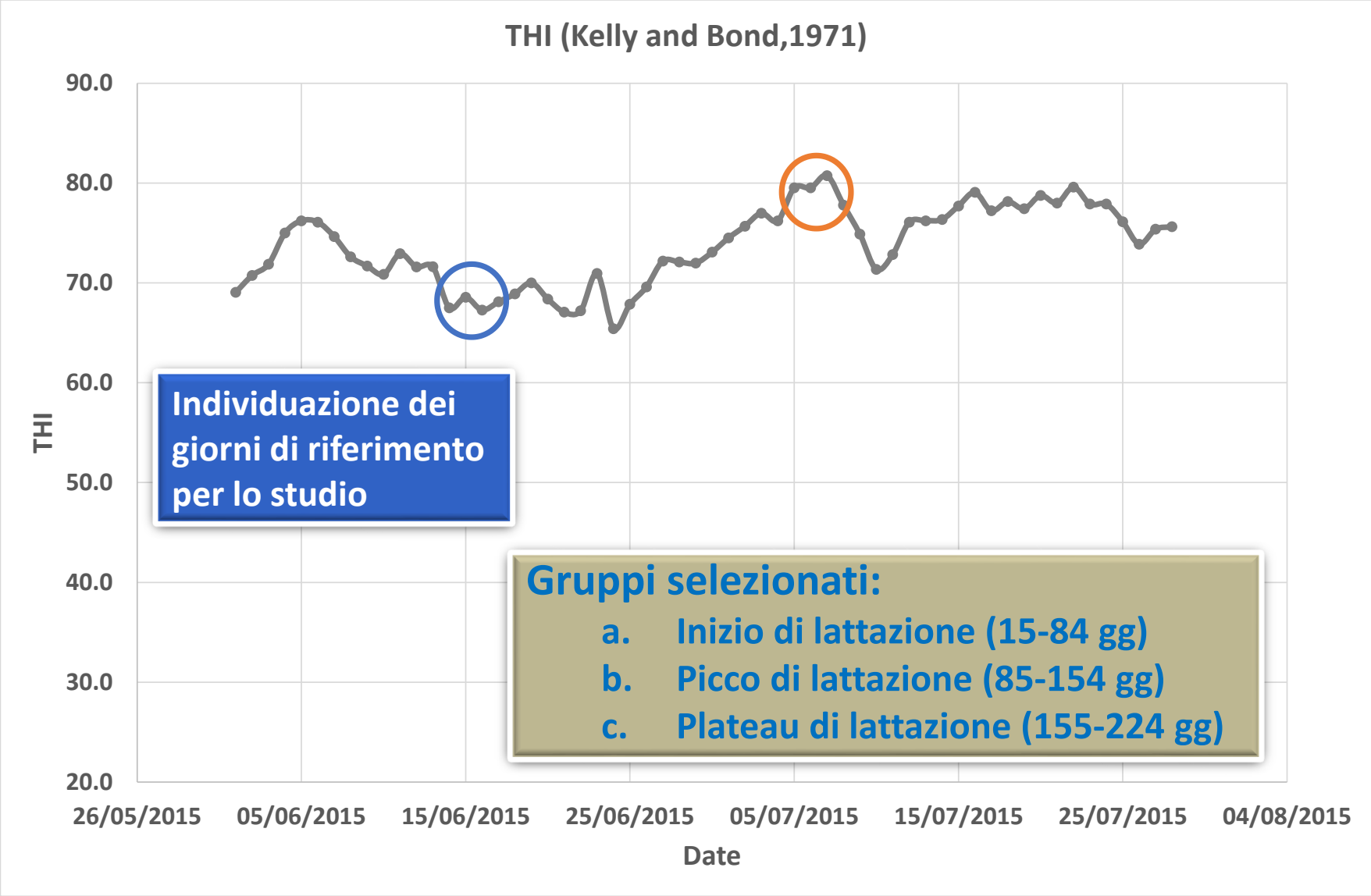
Table 4. Variance components ($\sigma^2_a$ = additive genetic variance; $\sigma^2_{pe}$ = permanent environmental variance; $\sigma^2_e$ = error variance; $\sigma^2_p$ = phenotypic variance), heritabilities ($h^2$), and repeatabilities ($t$) from the univariate analysis of the automatic milking system-based udder conformation traits in parity 1, 2, and 3 (SE in parentheses)

| Conformation trait[1] | Parity | $\sigma^2_a$ | $\sigma^2_{pe}$ | $\sigma^2_e$ | $\sigma^2_p$ | $h^2$ | $t$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RTD (mm) | 1 | 231.75 (12.37) | 202.38 (8.24) | 55.56 (0.12) | 489.69 (6.97) | 0.47 (0.02) | 0.89 (0.00) |
| | 2 | 301.31 (19.63) | 308.48 (13.61) | 50.63 (0.12) | 660.42 (10.69) | 0.46 (0.02) | 0.92 (0.00) |
| | 3 | 299.44 (27.22) | 449.95 (20.42) | 51.47 (0.14) | 800.86 (14.56) | 0.37 (0.03) | 0.94 (0.00) |
| FTD (mm) | 1 | 483.06 (20.99) | 254.18 (12.94) | 61.28 (0.13) | 798.52 (12.07) | 0.60 (0.02) | 0.92 (0.00) |
| | 2 | 650.27 (33.76) | 391.26 (21.68) | 71.49 (0.16) | 1,113.0 (18.74) | 0.58 (0.02) | 0.94 (0.00) |
| | 3 | 717.97 (48.97) | 559.30 (33.49) | 77.12 (0.21) | 1,354.40 (26.01) | 0.53 (0.03) | 0.94 (0.00) |
| UD (mm) | 1 | 1,123.44 (44.53) | 453.17 (26.36) | 60.82 (0.13) | 1,637.40 (25.93) | 0.69 (0.02) | 0.96 (0.00) |
| | 2 | 1,217.51 (58.28) | 601.94 (36.35) | 53.98 (0.12) | 1,873.4 (32.78) | 0.65 (0.02) | 0.97 (0.00) |
| | 3 | 1,401.69 (78.31) | 634.10 (49.85) | 55.72 (0.15) | 2,091.50 (42.35) | 0.67 (0.03) | 0.97 (0.00) |
| DFR (mm) | 1 | 270.78 (11.74) | 144.54 (7.24) | 27.91 (0.06) | 443.24 (6.78) | 0.61 (0.02) | 0.94 (0.00) |
| | 2 | 316.28 (16.99) | 212.26 (11.08) | 32.00 (0.07) | 560.54 (9.43) | 0.56 (0.02) | 0.94 (0.00) |
| | 3 | 375.83 (23.00) | 214.67 (15.10) | 32.39 (0.09) | 622.89 (12.25) | 0.60 (0.03) | 0.95 (0.00) |
| UB (mm) | 1 | 82.72 (5.14) | 102.07 (3.62) | 19.90 (0.04) | 204.69 (2.89) | 0.40 (0.02) | 0.90 (0.00) |
| | 2 | 122.74 (8.58) | 150.64 (6.12) | 23.31 (0.05) | 296.70 (4.71) | 0.41 (0.02) | 0.92 (0.00) |
| | 3 | 131.79 (11.75) | 190.93 (8.77) | 23.16 (0.06) | 345.88 (6.29) | 0.38 (0.03) | 0.93 (0.00) |

[1]RTD = rear teat distance; FTD = front teat distance; UD = udder depth; DFR = distance front-rear; UB = udder balance.

# Ipotesi selezione vs stress da caldo

## Dati Climatici (THI)

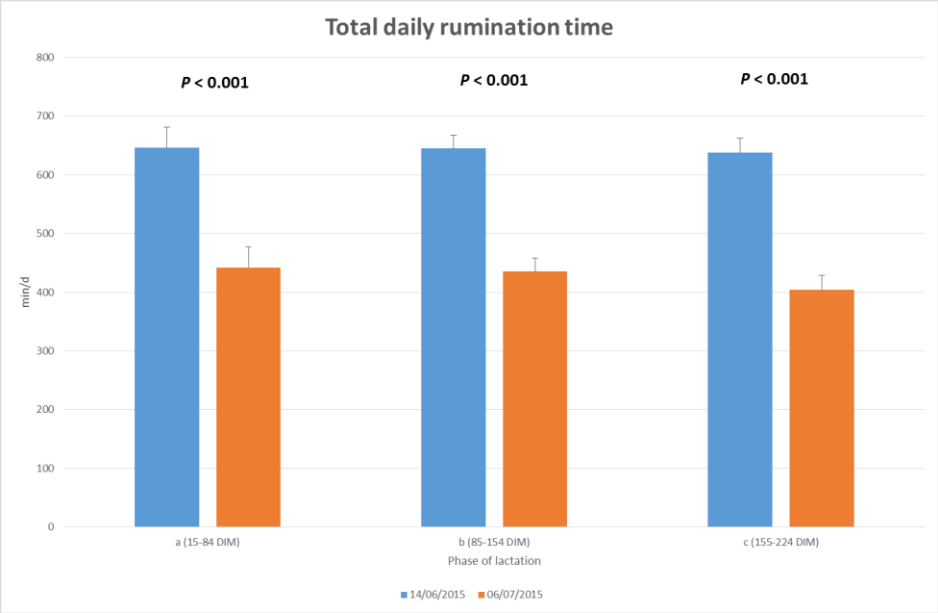


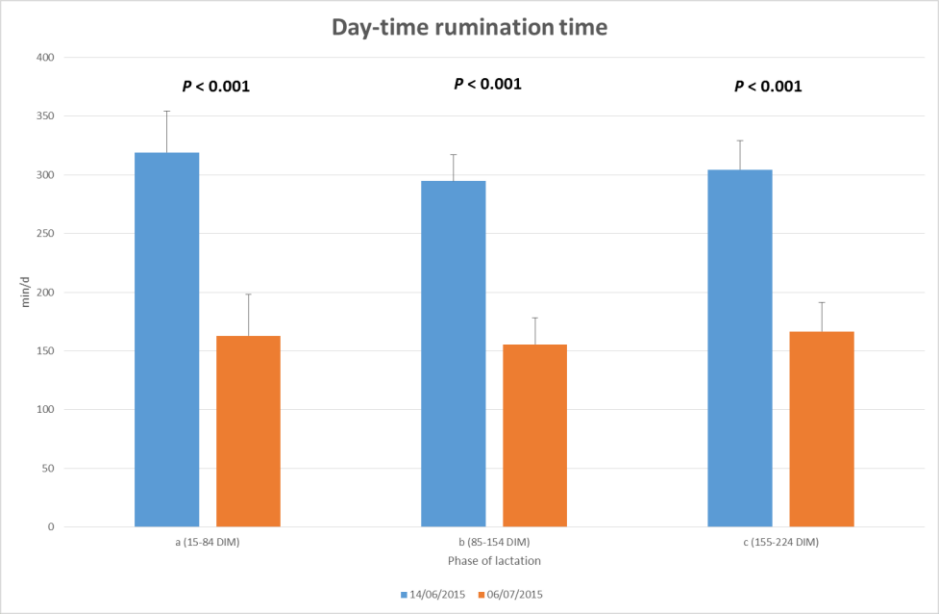

**Individuazione dei giorni di riferimento per lo studio**

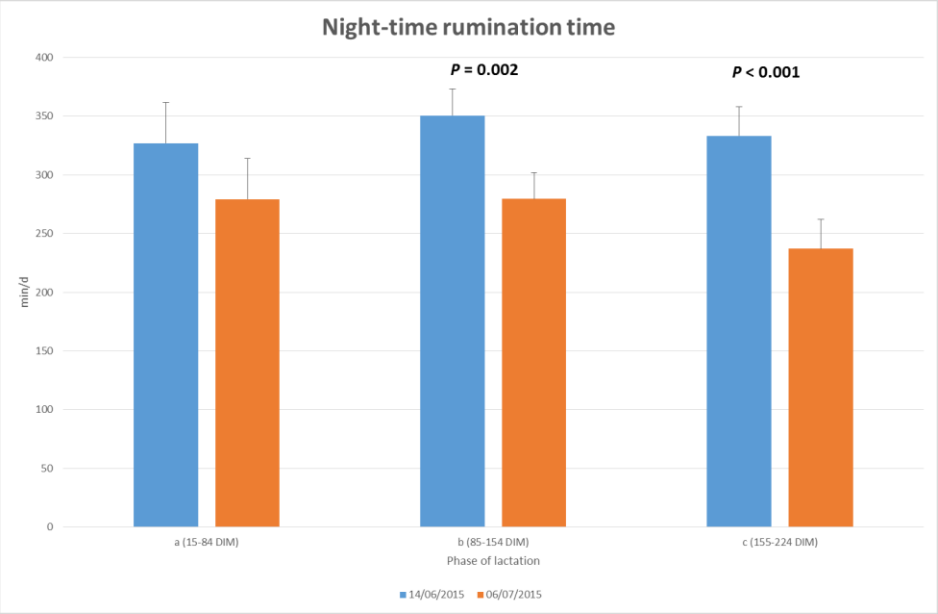
**Gruppi selezionati:**

a. Inizio di lattazione (15-84 gg)
b. Picco di lattazione (85-154 gg)
c. Plateau di lattazione (155-224 gg)

# Ipotesi selezione vs stress da caldo

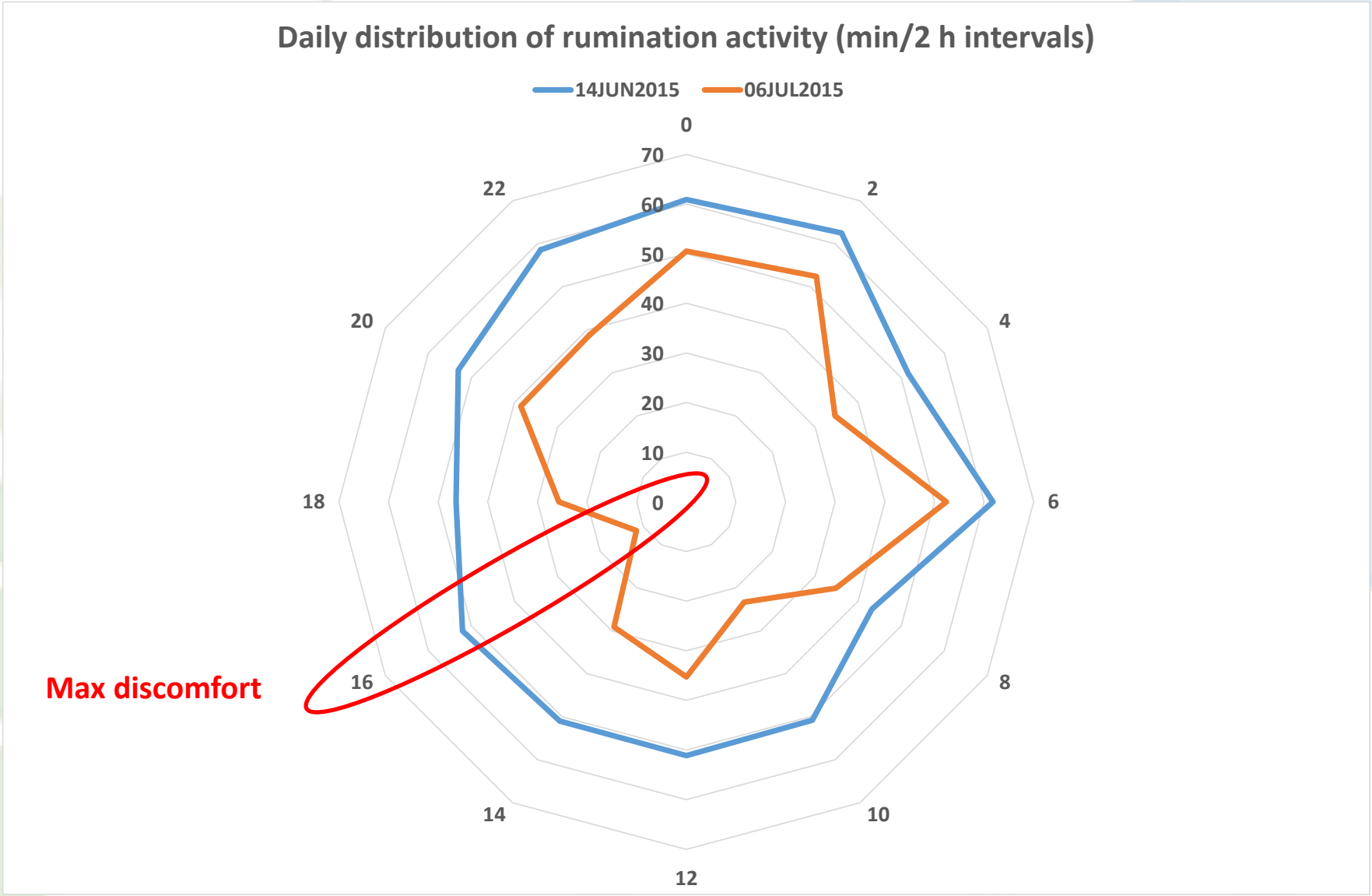


# Ipotesi selezione vs stress da caldo

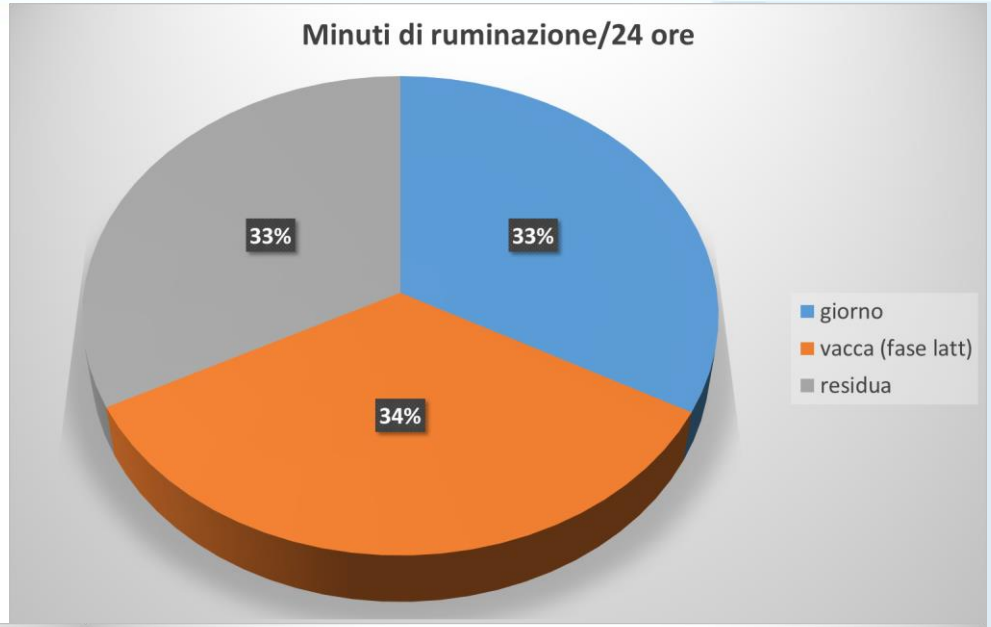
## Dati di Ruminazione

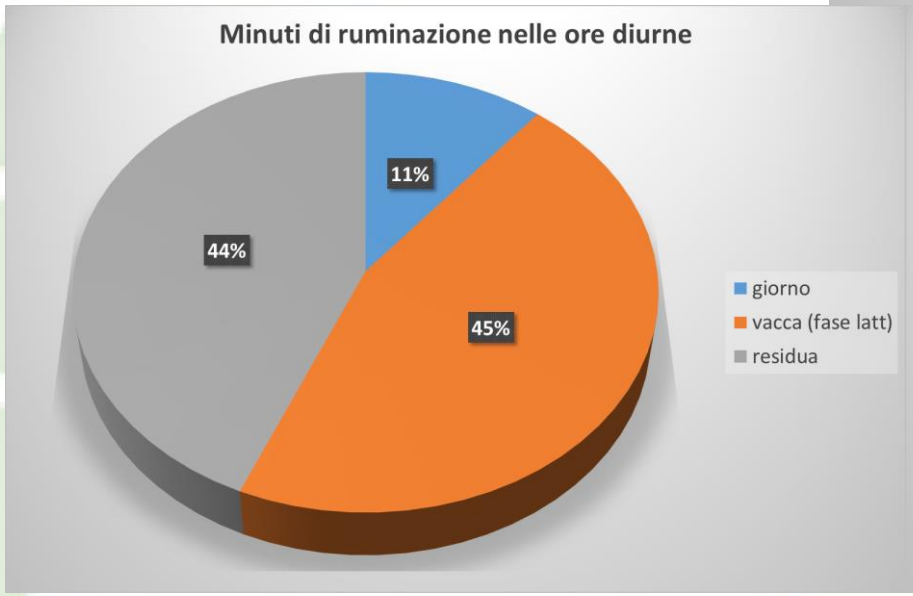


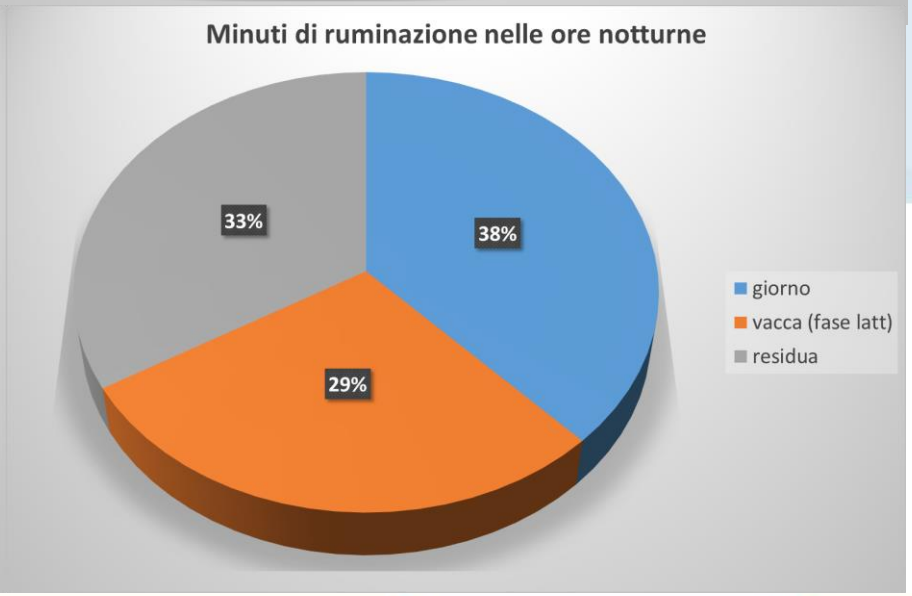
# Ipotesi selezione vs stress da caldo

## Incidenza dell'animale sulla variabilità della ruminazione

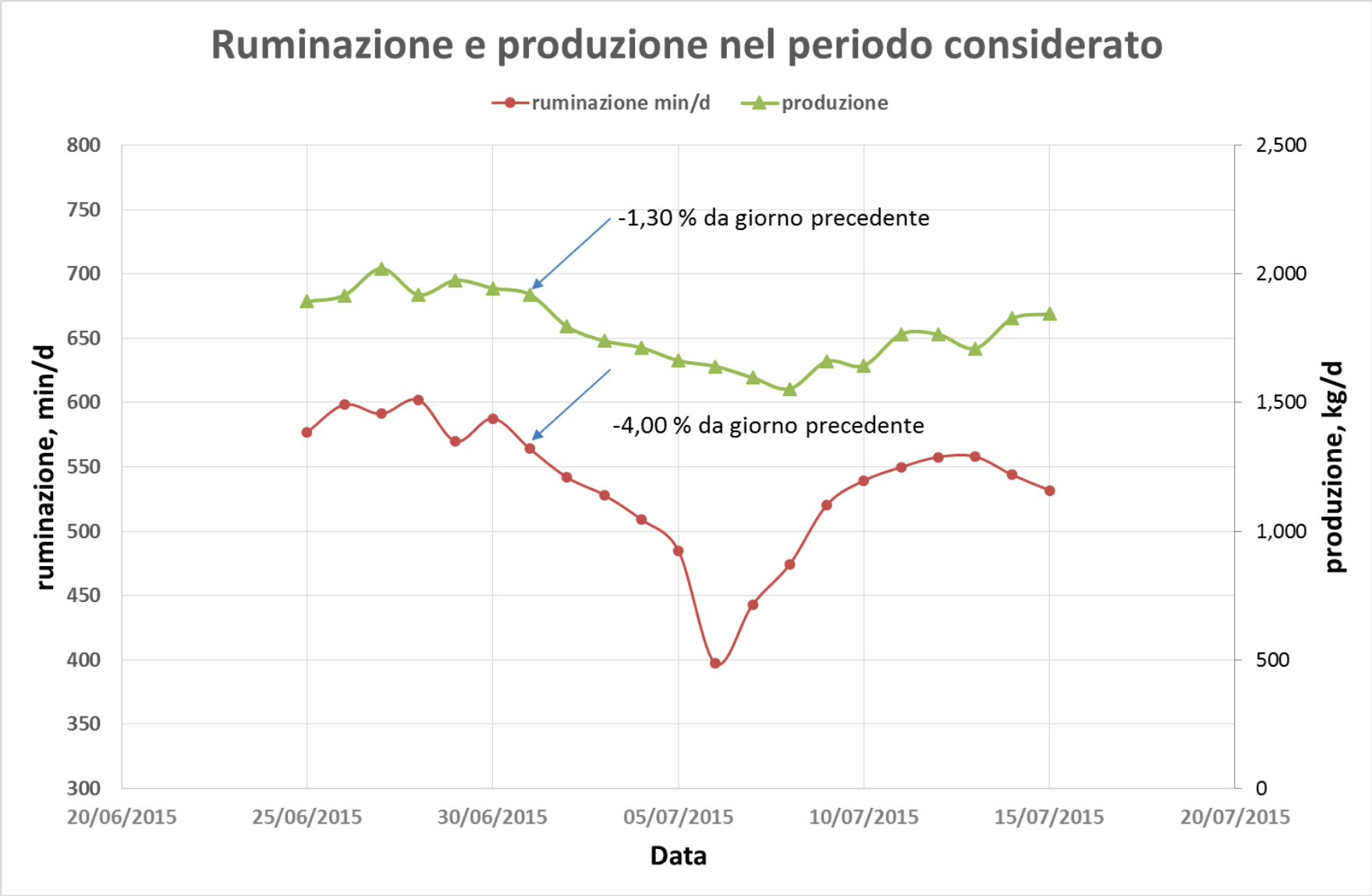
**Incidenza del fattore "vacca" molto rilevante durante le ore diurne**



# Ipotesi selezione vs stress da caldo



# Conclusioni

**Diffusione PLF: dipenda da interazione con «ambiente» produttivo (contingenza economica; profilo sociale e grado istruzione operatori; servizi associati al prodotto)**

**Grande e crescente offerta: problemi di interazione tra sensori e tra sistemi**

**Prospettive positive per potenzialità PLF a supporto sostenibilità ambientale, etica e economica**

**Dati PLF a supporto della selezione genetica?**

# Grazie per l'invito e per la vostra cortese attenzione!

Contatto: fabiopalmiro.abeni@crea.gov.it